

voltimum

CONCEITOS DE SUBESTAÇÕES DE MUITO ALTA, ALTA E MÉDIA TENSÃO – MANUAL



Fascículo 1 – Princípios Gerais

Autor
Manuel Bolotinha

CONCEITOS DE SUBESTAÇÕES DE MUITO ALTA, ALTA E MÉDIA TENSÃO – MANUAL

AUTOR: Manuel Bolotinha¹, MSc – Engenheiro Electrotécnico

Fascículo 1 – Princípios Gerais

*

¹ O Autor **não** segue o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS E FIGURAS	2
SIGLAS E ACRÓNIMOS	3
1. AS SUBESTAÇÕES E A REDE ELÉCTRICA NACIONAL	5
2. NORMAS E REGULAMENTOS E OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	7
3.1. INTRODUÇÃO	7
3.2. REGULAMENTOS	7
3.3. NORMAS	8
3.4. OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	8
3. TENSÕES NORMALIZADAS	9
4. TIPOS CONSTRUTIVOS	10
5. CONFIGURAÇÕES HABITUAIS DAS SE	13
ANEXO – LISTA DE NORMAS	20
1. NORMAS EN, EN ISO, NP, E NP EN	20
2. NORMAS IEC	21
3. NORMAS AMERICANAS	23
4. NORMAS ISO	27
BIBLIOGRAFIA	28

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Lista de tabelas

Descrição
Capítulo 3
Tabela 1 – Tensões normalizadas

Lista de figuras

Descrição
Capítulo 1
Figura 1 – Configuração esquemática da Rede Eléctrica Nacional
Capítulo 4
Figura 2 – Exemplos da disposição de equipamento (esquerda) e de uma planta (direita) de uma SE do tipo AIS
Figura 3 – Esquema de um GIS
Figura 4 – Exemplos de GIS para montagem interior (esquerda) e para montagem exterior (direita)
Figura 5 – Exemplo de uma SE híbrida
Figura 6 – Comparação de espaço entre uma SE AIS e uma SE híbrida
Capítulo 5
Figura 7 – Barramento simples
Figura 8 – Duplo barramento
Figura 9 – Disjuntor e meio
Figura 10 – Triplo barramento
Figura 11 – Paineira Linha/Transformador

SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABNT/NBR – Associação Brasileira de Normas Técnicas/Normas Brasileiras
AIS – *Air Insulated Substation*
ANSI – *American National Standards Institute (USA)*
ASTM – *American Society for Testing and Materials (USA)*
AT – Alta Tensão
BS – *British Standards (UK)*
BT – Baixa Tensão
ca – Corrente Alternada
cc – Corrente Contínua
DGEG – Direcção-Geral de Energia e Geologia
DIN-VDE (DIN: *Deutschen Institut für Normung*; VDE: *Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.*) – Alemanha
EDP – Energias de Portugal
EN – Normas Europeias
E-REDES – Actual designação da EDP Distribuição
ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ET – Especificação Técnica
GIS – *Gas Insulated Substation*
IEC – *International Electrotechnical Commission*
IEEE – *International Electrical and Electronic Engineers (USA)*
IET – *The Institute of Engineering and Technology (UK)*
ISO – *International Organization for Standardization*
MAT – Muito Alta Tensão
MDJ – Memória Descritiva e Justificativa
MT – Média Tensão
NEMA – *National Electrical Manufacturers Association (USA)*
NF C – Normas Francesas
NFPA – *National Fire Protection Association (USA)*
NP – Normas Portuguesas
NP EN – Normas Portuguesas Harmonizadas com as Normas Europeias
NR – Normas Regulamentadoras (Brasil)

PD – Peças Desenhadas

REN – Redes Energéticas Nacionais

RSLEAT – Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão

RSSPTS – Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento

RTE – Rede de Transporte de Energia

RTIEBT – Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

SE – Subestação

1. 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**.

A **RTE** tem uma configuração em **anel emalhado**, com uma complexidade importante. Na Figura 1 representa-se esquematicamente a configuração da *Rede Eléctrica Nacional*, integrando as *centrais eléctricas*.

LEGENDA DA FIGURA 1

- CE** – Central Eléctrica
- ¹ **A** – Gerador (Alternador)
- B** – SE elevadora **MT/MAT** ou **MT/AT**
- C** – Linha aérea/cabo **MAT** ou **AT** (**REN/E-REDES**)
- 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** (**E-REDES**)
- G** – Linha aérea/cabo da rede de distribuição **MT** (**E-REDES**)
- H** – Posto de Transformação de serviço público **MT/BT** (**E-REDES**)
- I** – Posto de Transformação de serviço cliente/privado **MT/BT**
- J** – Rede de distribuição **BT** (aérea e/ou subterrânea) – **E-REDES**

¹ Uma SE diz-se **elevadora** quando a *tensão primária* é **inferior** à *tensão secundária*; caso contrário a SE designa-se por **abaixadora**.

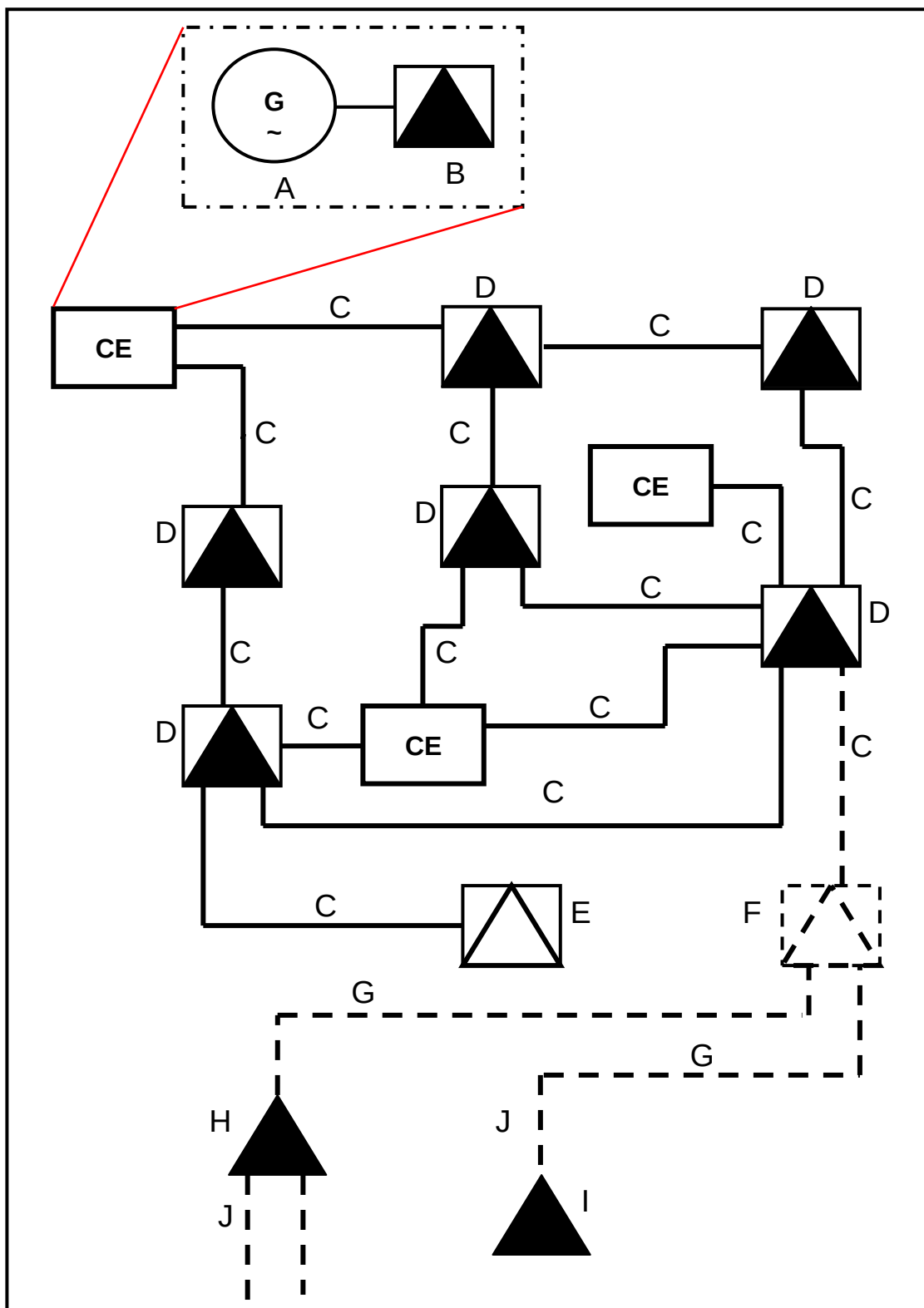


Figura 1 – Configuração esquemática da Rede Eléctrica Nacional

Existem algumas situações em que no mesmo local das **SE MAT/AT** existem painéis **AT** pertencente à **E-REDES**, particularmente quando este *concessionário* alimenta

directamente em **AT** *clientes industriais* que necessitam de um **valor elevado de potência**.

Nas **SE MAT/MAT** e **MAT/AT** existem igualmente instalações **MT**, destinadas à alimentação do(s) *Transformador(es) dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada*.

Alguns *clientes industriais*, cujo **consumo de energia eléctrica é elevado** (*cimenteiras, siderurgias, fundições, refinarias, etc.*) são alimentadas em **MAT** ou **AT**, dispondo portanto de **SE privadas MAT/AT e/ou AT/MT**, cujo **interface** com a *entidade fornecedora de energia* tem que ser considerado.

2. NORMAS E REGULAMENTOS E OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

3.1. INTRODUÇÃO

O **projecto, a montagem electromecânica e os ensaios em obra** 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 **E-REDES**.

3.2. REGULAMENTOS

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

- **RSSPTS**, publicado pelo Decreto nº 42895 de 31 de Março de 1960, alterado pelos Decretos Regulamentares nº 14/77 de 18 de Fevereiro e nº 56/85 de 6 de Setembro.
- **RSLEAT**, publicado pelo Decreto Regulamentar nº 1/92 de 18 de Fevereiro.
- **RTIEBT**, publicado pela Portaria nº 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).
- **Brasil**: ABNT/NBR 5410 – Instalações eléctricas de baixa tensão; NBR 14039 – Instalações eléctricas de média tensão de 1,0 a 36,2 kV; NBR 5460 – Sistemas eléctricos de potência; NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
- **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.*
- **Reino Unido:** Norma BS Standard 7671 (*IET Wiring Regulations*).
- **Europa em geral:** Norma IEC 60634 – *Electrical Installations for Buildings*

3.3. NORMAS

As **características técnicas e os parâmetros dos equipamentos e materiais** a instalar nas SE, os *tipos e métodos de ensaio* a que devem ser submetidos e os *respectivos critérios de aceitação* obedecem a um conjunto de **normas**.

Em Portugal as normas utilizadas são as **NP, EN, NP EN, IEC, e ISO**.

Sendo as *normas IEC e ISO* **normas internacionais** deve ser dada preferência à sua utilização, visto que têm uma aceitação e aplicação geral em todo o mundo (as *normas IEC* apenas não são regularmente aplicadas nos países da *América do Norte e Central*).

Deve contudo salientar-se que para o **cálculo e dimensionamento e ensaios das redes de terras** da SE é recomendável utilizar, respectivamente, as *Normas IEEE Std.80-200 e Std. 81-1983*.

Contudo, para obras realizadas fora de Portugal, poderá haver necessidade de recorrer também a normas nacionais dos países onde se desenrolam os trabalhos, tais como as normas **ANSI, ASTM e NEMA** nos *Estados Unidos* (para além das já atrás referidas *NFPA e IEEE*), as normas **ABNT/NBR** no *Brasil*, as normas **DIN-VDE** na *Alemanha*, as normas **BS** no *Reino Unido* e as normas **NF C** em *França*.

É já habitual que em muitos países as *normas nacionais* estejam **harmonizadas** com as normas *EN* (caso dos países pertencentes à *UE*) e com as normas *IEC* e/ou *ISO*, sendo essas normas representadas como, por exemplo, *BS EN ISO, NBR/IEC e ISO/IEEE*.

No Anexo a este Fascículo encontram-se listadas algumas das normas mais relevantes para o projecto e construção das SE.

3.4. OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para além das *normas e regulamentos* referidos anteriormente e do que for estipulado no *CE*, designadamente nas **Condições Técnicas (MDJ, ET e PD)** os trabalhos de *construção e manutenção* e as *respectivas manobras e consignações* das SE obedecem ainda às já atrás referidas *prescrições técnicas e documentos normativos*, das **entidades concessionárias (REN e E-REDES)**.

Em Portugal aplicam-se também os documentos emitidos pela **DGEG** e pela **ERSE**.

Os documentos normativos instituídos pela *EDP Distribuição* e aplicáveis às SE da *E-REDES* são os seguintes

- **DIT:** Instruções técnicas
- **DRP:** Recomendações de projecto
- **DEF:** Especificação funcional.
- **DMA:** Materiais e aparelhos.
- **DPE:** Protocolo de ensaios.
- **DRE:** Regras de execução e montagem.

3. 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 1.

Tabela 1 – Tensões normalizadas

Nível de Tensão	Tensão Mais Elevada (kV ef)	Tensões Normalmente Utilizadas em Portugal (kV ef)	Tensões Suportáveis Mínimas ²	
			50Hz, 1m (kV ef)	Ao Choque Atmosférico (kV pico)
<i>Baixa Tensão (BT)</i>	≤ 1 (ca) $\leq 1,5$ (cc)	0,23-0,4 (ca)	≤ 2	≤ 12
<i>Média Tensão (MT)</i>	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
<i>Alta Tensão (AT)</i>	72,5	60	140	325
	123		230	550

² Designando a tensão de pico por U_p e o valor eficaz dessa tensão por U_{ef} , verifica-se a seguinte relação:

$$U_{ef} = U_p / \sqrt{2} \approx 0,71U_p$$

<i>Muito Alta Tensão (MAT)</i>	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*.

4. TIPOS CONSTRUTIVOS

As **SE MAT/MAT** e **MAT/AT** são, na generalidade, instaladas no exterior (*parque exterior*), sendo, o equipamento, com excepção dos transformadores, montado sobre *estruturas metálicas*. A ligação das linhas é normalmente *aérea*, terminando no *pórtico de amarração de linha*. Este tipo de SE é vulgarmente designado por **AIS**.

Nestas SE existem, fundamentalmente, os seguintes tipos de painéis, que são compostos principalmente pelos equipamentos de protecção (disjuntores), isolamento (seccionadores), medida (transformadores de tensão e de intensidade) e descarregadores de sobretensões:

- *Painel Linha.*
- *Painel de Transformador (e/ou Autotransformador).*
- *Painel de Inter-Barras e/ou Tensão de Barras e /ou Seccionador de terra de barras e /ou seccionador de by-pass.*
- *Painel bateria de condensadores (mais habitual em MT e AT)*
- *Painel reactâncias*

Na Figura 2 representa-se um exemplo da **disposição do equipamento** de uma SE do tipo AIS e um exemplo de uma *planta de SE*.

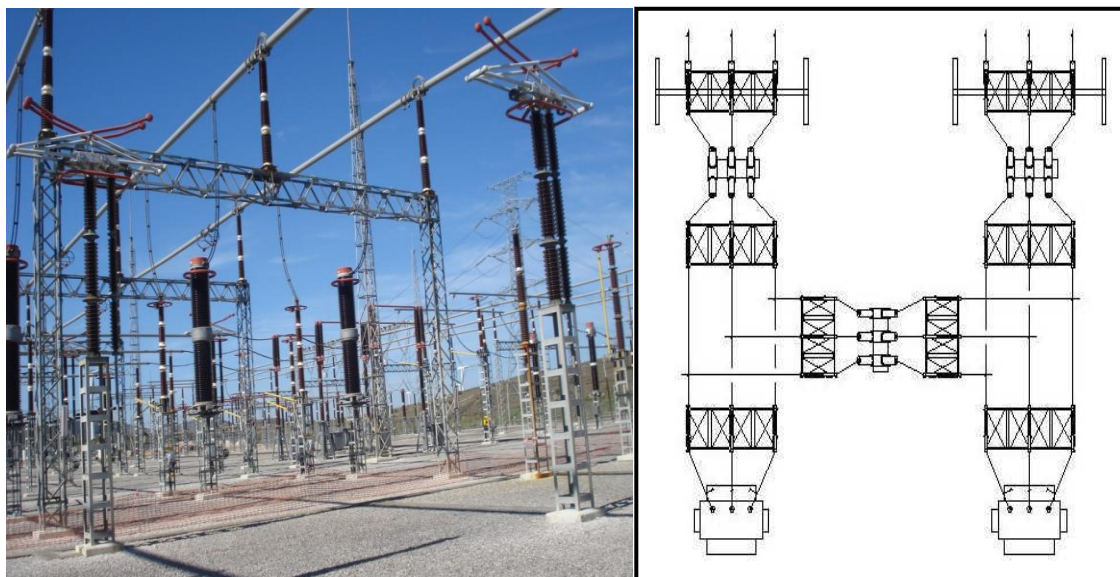
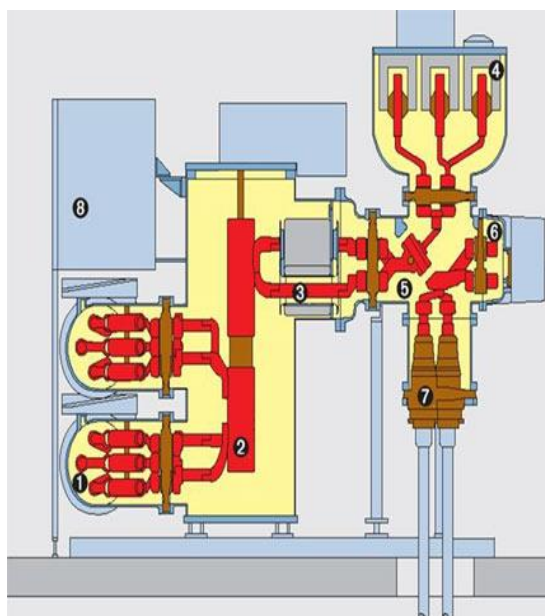


Figura 2 – Exemplos da disposição de equipamento (esquerda) e de uma planta (direita) de uma SE do tipo AIS

Os equipamentos *MT*, quando existem, são instalados normalmente no interior.

Contudo, em situações em que o **espaço disponível é escasso**, ou o *ambiente* no qual as *SE* são construídas é **muito agressivo**, os equipamentos são instalados no interior de um invólucro metálico, tendo como elemento isolante o **gás SF₆** (*hexafluoreto de enxofre*), obedecendo ao estipulado na *Norma IEC 62271-203*. Estas *SE* designam-se por **GIS**, cujo esquema se representa na Figura 3.



- 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 3 – 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 4).



Figura 4 –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

Uma outra solução habitualmente utilizada, quando o espaço exterior disponível para implantação da SE é reduzido, são as designadas **SE “híbridas”**, em que os equipamentos MAT e AT são instalados num invólucro pré-montado em fábrica, isolado a gás (usualmente o **SF6**), como se exemplifica na Figura 5.

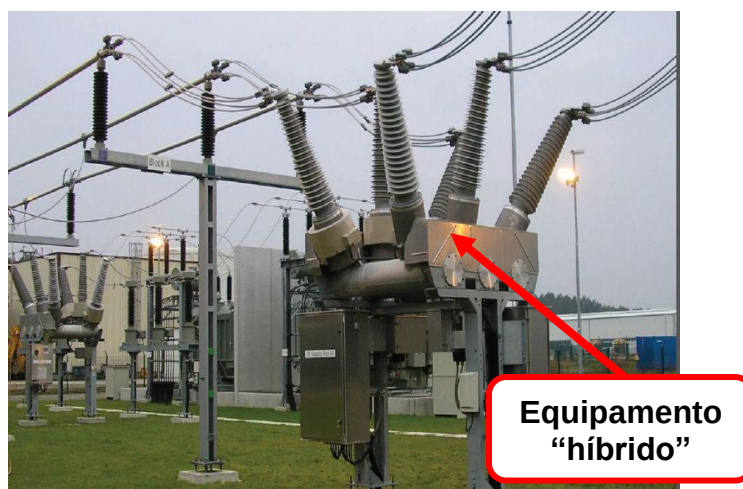


Figura 5 – Exemplo de uma SE híbrida

A ligação entre os equipamentos enclausurados e os outros equipamentos realiza-se por meio de barramentos isolados no ar à semelhança do que acontece nas AIS.

As principais vantagens desta solução são:

- Redução do espaço necessário (ver Figura 6).
- Redução dos trabalhos de construção civil.
- Redução do tempo de montagem.



Figura 6 – Comparação de espaço entre uma SE AIS e uma SE híbrida

5. CONFIGURAÇÕES HABITUAIS DAS SE

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 7 a 10 mostram as diversas configurações.

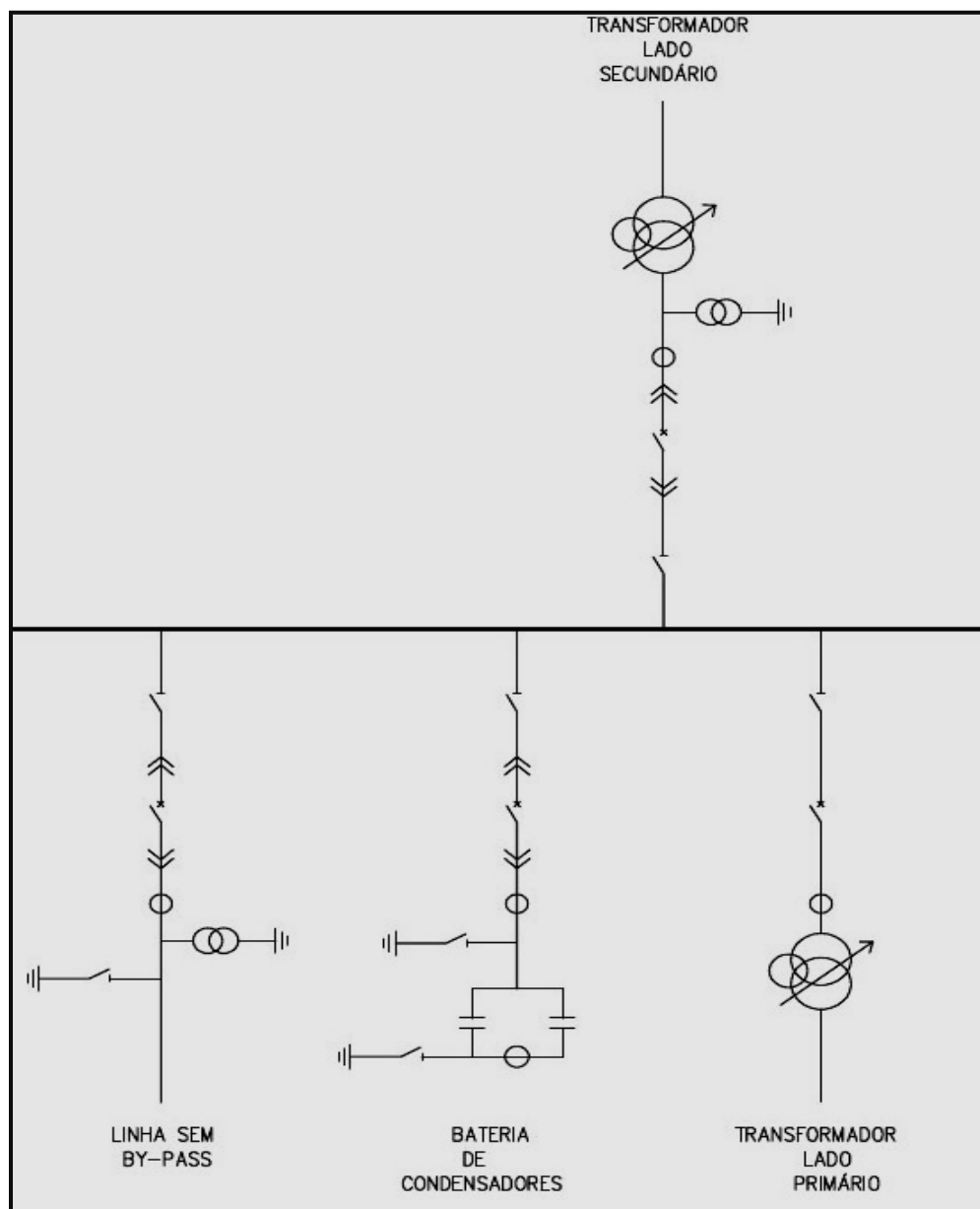


Figura 7 – Barramento simples

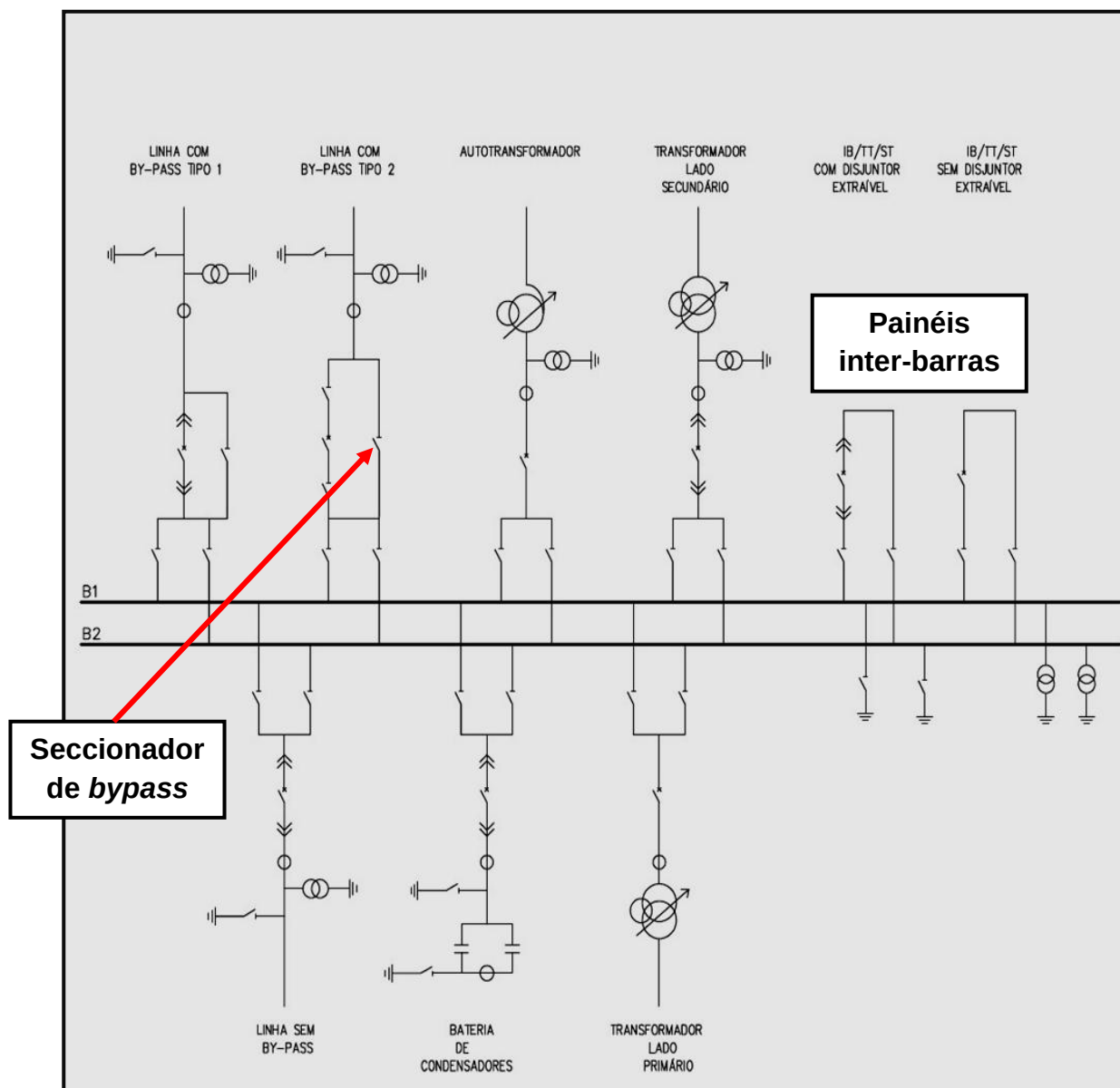


Figura 8 – Duplo barramento

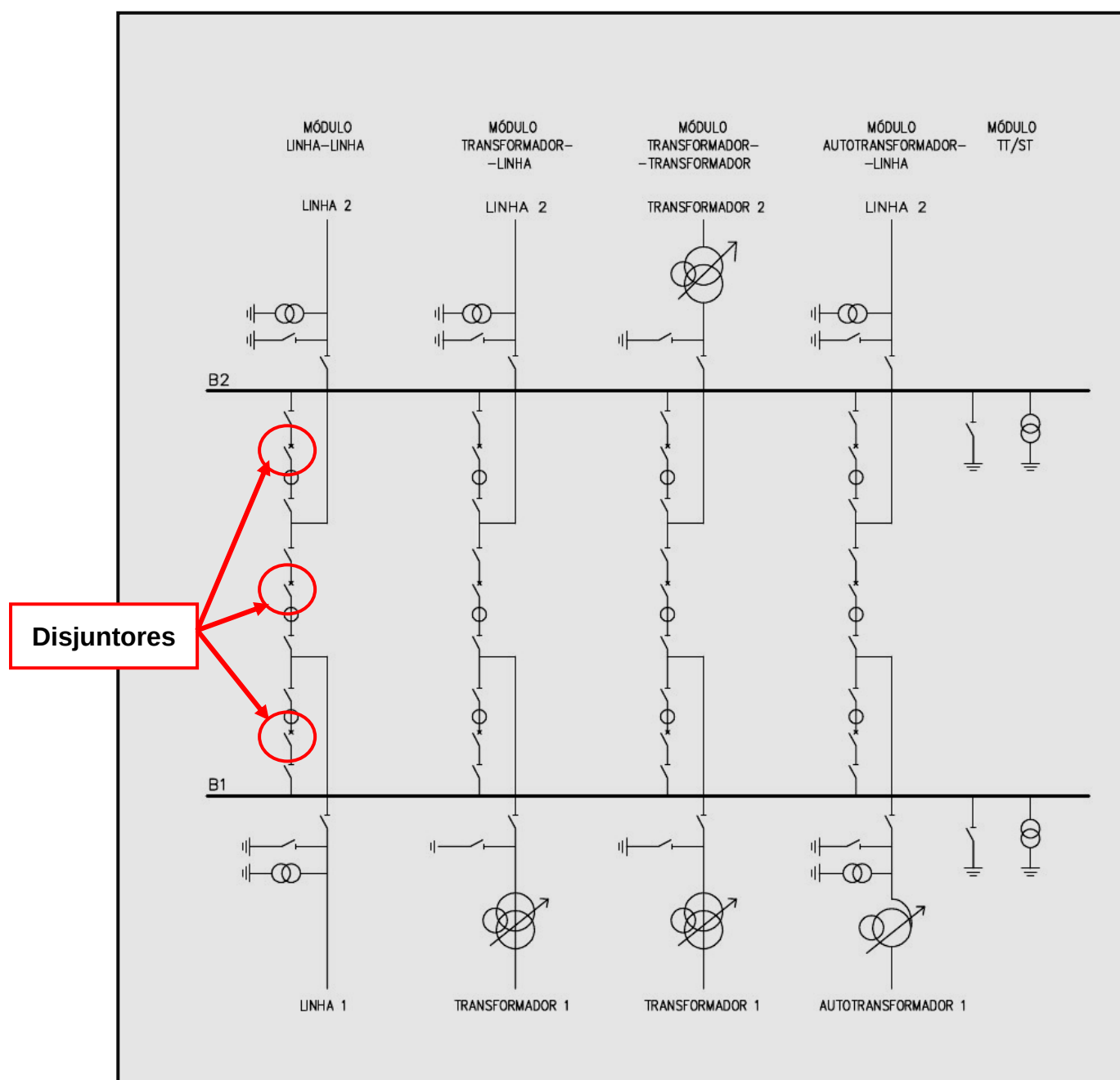


Figura 9 – Disjuntor e meio

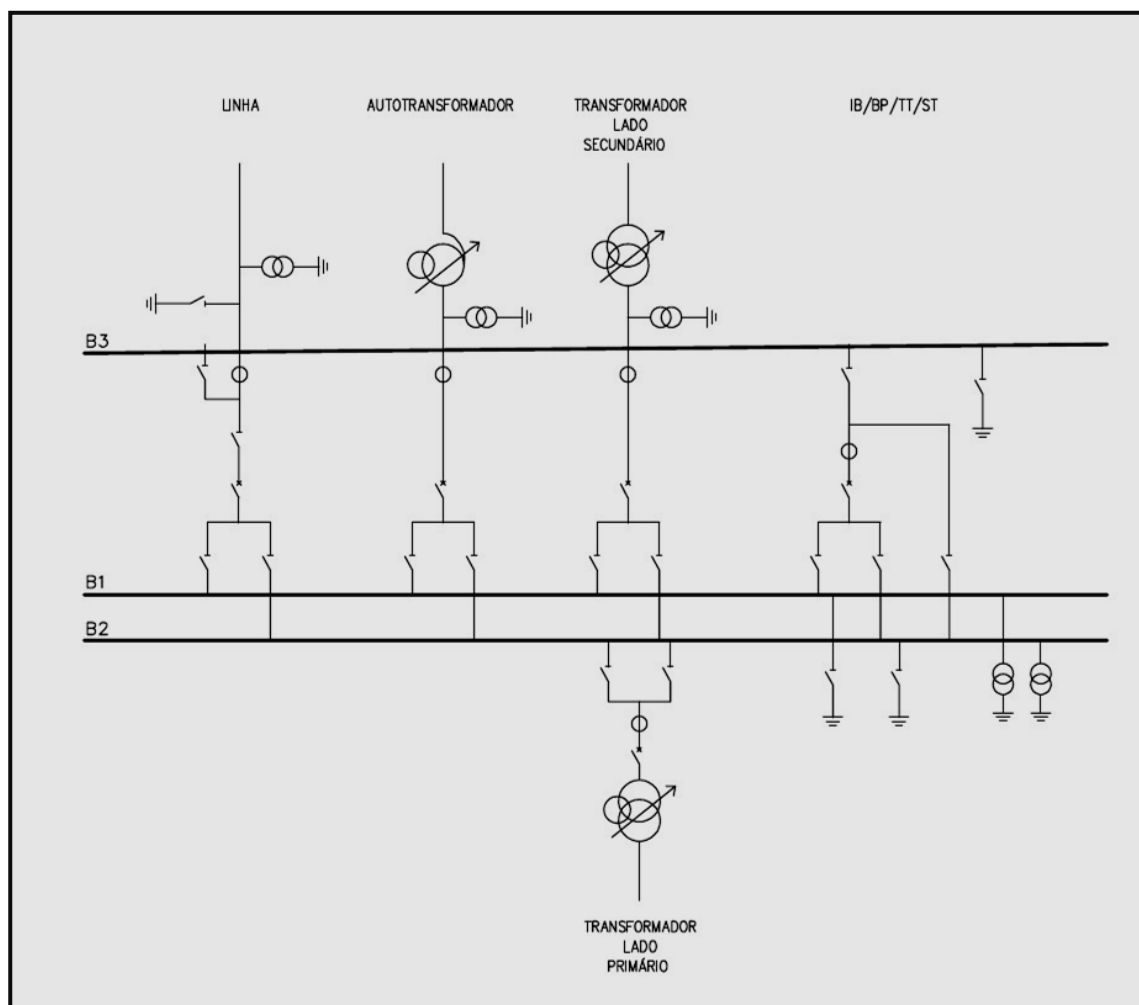


Figura 10 – Triplo barramento

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

A escolha da **configuração** de qualquer SE é normalmente feita pela entidade exploradora da instalação, tendo em atenção o modo de exploração da rede em que a SE está integrada e os critérios adoptados para a **continuidade, fiabilidade e qualidade do serviço**.

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

Normalmente a configuração **barramento simples** é utilizada em SE de “pequena” importância, onde a continuidade de serviço não é predominante.

A configuração **duplo barramento** utiliza-se em SE onde a garantia da continuidade de serviço é importante, e no arranjo com “inter-barras” e seccionador de *bypass* é possível **manter a continuidade de serviço** nas situações em que haja *avaria do disjuntor*, ou *necessidade de se proceder à sua manutenção*.

Com esta configuração a **mudança de barramento** é feita *sem perder a continuidade do serviço*, e é possível **distribuir os painéis por ambos os barramentos**, com o

objectivo de *minimizar o número de painéis que possam ficar fora de serviço* em caso de **actuação da protecção de barras**³.

Quando se pretende obter uma **maior fiabilidade na rede** (*a falha de um disjuntor ou barramento não põe os restantes painéis fora de serviço*) e uma redução de custos, principalmente de manutenção, é normalmente utilizada a configuração de **disjuntor e meio**, embora apresente *esquemas de protecções mais complexos*.

Quando se pretende **realizar a manutenção da totalidade de um painel sem interrupção de serviço**, utiliza-se a configuração de **triplo barramento**, em que o painel é totalmente colocado em *bypass*.

Nesta configuração, que se utiliza nas instalações *MAT*, só é possível colocar um painel de cada vez em *bypass*.

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

Em instalações industriais alimentadas em *AT* (em Portugal pela *E-REDES*, 60 kV) e com uma rede interna e consumidores *MT*, é habitual que a **SE 60 kV/MT** seja privada e tenha apenas um painel, designado por painel “**Linha/Transformador**”, de que se mostra um exemplo na Figura 11.

³ Ver Fascículo 4.

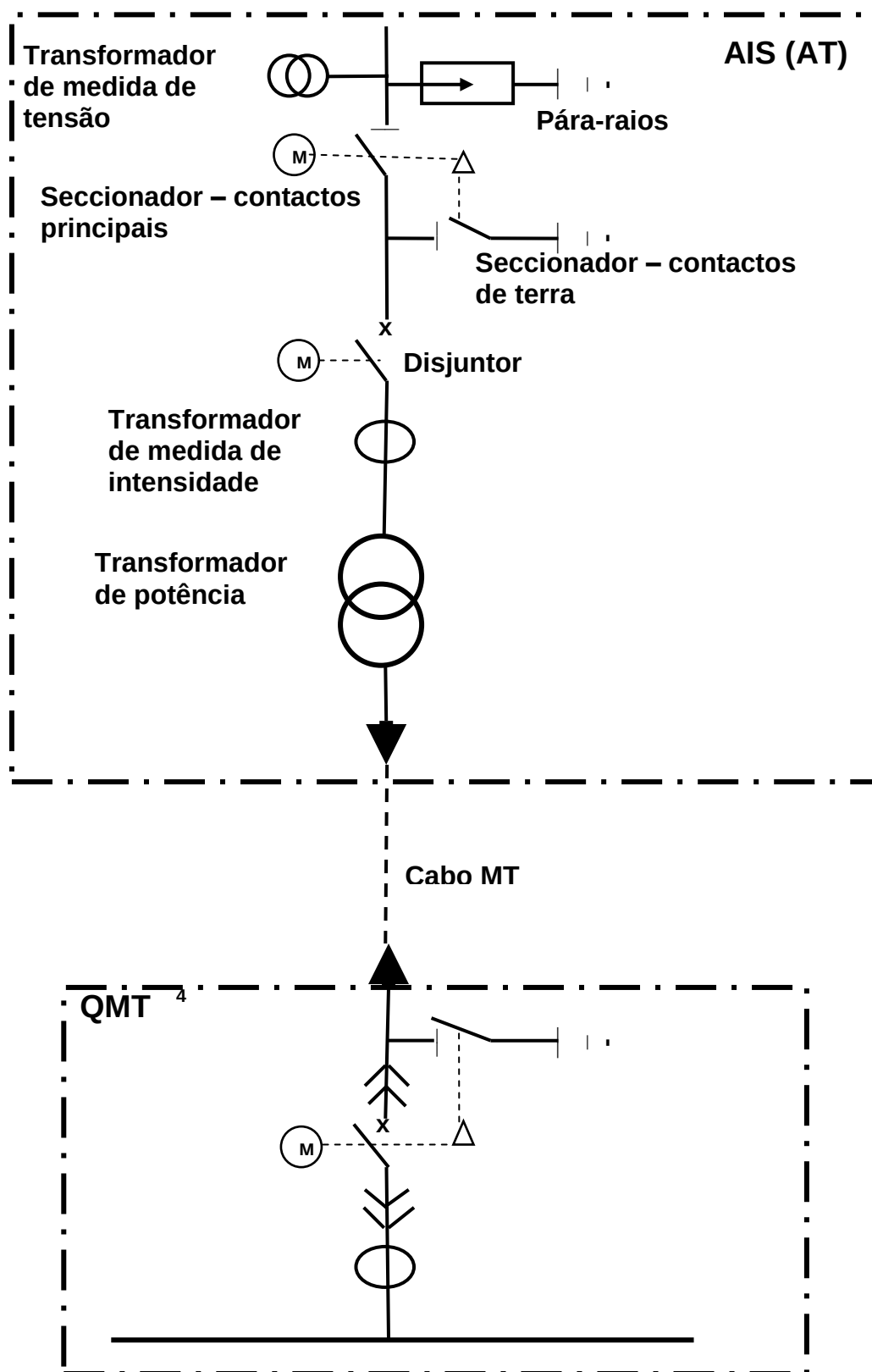


Figura 11 – Painel Linha/Transformador

⁴ Nas instalações industriais os **QMT** são habitualmente do tipo *Metal Clad* (**disjuntores extraíveis**). Ver Fascículo 3.

ANEXO – LISTA DE NORMAS

1. NORMAS EN, EN ISO, NP, E NP EN

- EN ISO 1461:2009 – Hot-dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods
- EN ISO 14713 – Protection against corrosion of iron and steel in structures -- Zinc and aluminium coatings - Guidelines
- EN ISO 2063:2005 – Thermal spraying – Metallic and other inorganic protective coatings - Zinc, aluminium and their alloys
- EN 12464-1 – Light and Lighting - Lighting of indoor working places
- EN 12464-2 – Lighting of work places – Lighting of outdoor working places
- EN 50182 – Conductors for overhead lines — Round wire concentric lay stranded conductors
- EN 50183 – Conductors for overhead lines - Aluminium-magnesium-silicon alloy wires
- EN 60529 – Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- EN 62262 – Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)
- NP EN 60228 – Almas condutoras de cabos isolados
- NP EN 60702 – Cabos de isolação mineral e respectivas terminações, com uma tensão estipulada não superior a 750 V
- NP 1108 – Fios e condutores maciços de alumínio para cabos eléctricos isolados. Características e ensaios
- NP 1748:1985 – Aparelhos de elevação e movimentação. Aparelhos de elevação de série. Terminologia ilustrada. Lista de termos equivalentes.
- NP 1938:1988 – Aparelhos de elevação e movimentação. Aparelhos pesados. Regras de segurança
- NP 2036:1986 – Higiene e Segurança no Trabalho. Ferramentas portáteis. Requisitos gerais de concepção e utilização.
- NP 2198:1986 – Higiene e Segurança no Trabalho. Ferramentas portáteis manuais. Requisitos de segurança.
- NP 2626 – Vocabulário Electrotécnico Internacional
- NP 665 – Sistema de designação de cabos eléctricos isolados.

2. NORMAS IEC

- 60034 – Rotating electrical machines
- 60038 – IEC standard voltages
- 60060 – High-voltage test techniques
- 60071 - Insulation co-ordination
- 60076 – Power transformers
- 60079 – Electrical installations in hazardous areas
- 60085 – Electrical insulation
- 60099 – Surge arrestors
- 60137 - Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V
- 60146 – Semiconductor converters - General requirements and line commutated converters
- 60183 - Guide to the selection of high voltage cables
- 60227 – Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V
- 60228 – Conductors of insulated cables
- 60230 – Impulse tests on cables and their accessories
- 60255 - Electrical Relays
- 60270 - High-Voltage Test Techniques - Partial Discharge Measurements
- 60270 - High-Voltage Test Techniques - Partial Discharge Measurements
- 60282 – High voltage fuses
- 60287 – Electric cables – Calculation of the current rating
- 60296 - Mineral insulating oils for transformers and switchgear
- 60331 – Tests for electric cables on fire conditions
- 60364 – Electrical Installations for Buildings
- 60417 - Graphical symbols for use on equipment
- 60445 – Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors
- 60479 – Effects of current on human beings and livestock.
- 60502 - Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1KV up to 30KV
- 60529 - Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

- 60617 – Graphical symbols for diagrams
- 60726 - Dry type power transformers
- 60754 – Test on gases evolved during combustion of materials from cables
- 60755 – General safety requirements for residual current operated devices
- 60793 – Optical fibres
- 60794 – Optical fibres cables
- 60840- Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV up to 150 kV
- 60865 – Short-circuit currents – Calculation of effects
- 60870 – Telecontrol equipment and systems
- 60898 – Electrical accessories - Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations
- 60909 – Short-circuit currents in three-phase a. c. systems
- 60934 – Circuit breakers for equipments (CBE)
- 60947 – Low-voltage switchgear and Controlgear
- 60986 - Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages from 6 kV up to 30 kV
- 61000 – Electromagnetic compatibility (EMC)
- 61032- Protection of persons and equipment by enclosures - Probes for verification.
- 61034-1 e 2 – Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions
- 61095 – Electromechanical contactors for household and similar purposes
- 61131 – Programmable controllers
- 61140- Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment.
- 61156 – Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications
- 61281– Fiber optic communication subsystems
- 61355 - Classification and designation of documents for plants, systems and equipment
- 61439 – Low-voltage switchgear and controlgear assemblies
- 61850 – Communication networks and systems in substations
- 61869 – Instrument transformers

- 61912 – Low-voltage switchgear and Controlgear – overcurrent protective devices
- 61936-1 – Power installations exceeding 1 kV a.c. – Common rules
- 61968 – Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management
- 61968 – Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management
- 62051 – Electricity metering - Glossary of terms
- 62052 – Electricity metering equipment (AC) - General requirements, tests and test conditions
- 62053 – Electricity metering equipment (a.c.) - Particular requirements
- 62067 – Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) up to 500 kV ($U_m = 550$ kV)
- 62148 – Fiber optic active components and devices - Package and interface standards
- 62262 – Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)
- 62271 - Standards for high-voltage switchgear and control gear
- 62271-203 High-voltage switchgear and Controlgear - Gas-insulated metal-enclosed switchgear
- 62440 – Electric cables with a rated voltage not exceeding 450/750 V - Guide to use

3. NORMAS AMERICANAS

- IEEE 902-1998 - Guide for Maintenance, Operation, and Safety of Industrial and Commercial Power Systems (Yellow Book)
- IEEE 1050-1989 - Guide for Instrumentation and Control Equipment Grounding in Generating Stations
- IEEE 1050-1989 - Guide for Instrumentation and Control Equipment Grounding in Generating Stations
- IEEE 1246-1997 - Guide for Temporary Protective Grounding Systems Used in Substations
- IEEE 1267-1999 - Guide for Development of Specification for Turnkey Substation Projects
- IEEE 1313.1-1996 - Standard for Insulation Coordination - Definitions, Principles and Rules

- IEEE Std. 400-2001 – Guide for field testing and evaluation of shielded power cables systems
- IEEE Std. 80-2000 – Safety in AC substation grounding
- IEEE Std. 81-1983 – Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System
- IEEE C37.016-2006 - Standard for AC High Voltage Circuit Switchers rated 15.5kV through 245kV
- IEEE C37.04-1999 - Standard Rating Structure for AC High-Voltage Circuit Breakers
- IEEE C37.06-2009 - Standard for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis - Preferred Ratings and Related Required Capabilities for Voltages Above 1000 V
- IEEE C37.122-1993 - Standard for Gas-Insulated Substations.
- IEEE C37.20.3 - Metal-Enclosed Interrupter Switchgear
- IEEE C37.20.4 - Indoor AC Switches (1 kV – 38 kV) for use in Metal-Enclosed Switchgear
- IEEE C37.30 – Requirements for high-voltage air switches
- IEEE C37.30.1-2011 - Standard Requirements for AC High-Voltage Air Switches Rated Above 1000 V
- IEEE C37.30-1992 - Standard Requirements for High Voltage Air Switches
- IEEE C37.30-1997 - Standard Requirements for High Voltage Switches
- IEEE C37.40-2003 - Standard Service Conditions and Definitions for High-Voltage Fuses, Distribution Enclosed Single-Pole Air Switches, Fuse Disconnecting Switches, and Accessories
- IEEE C37.59-2007 - Standard Requirements for Conversion of Power Switchgear Equipment.
- IEEE C57.100-1999, Standard Test Procedure for Thermal Evaluation of Liquid-Immersed Distribution and Power Transformers
- IEEE C57.104-2008, Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers
- IEEE C57.106-2006, Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipment
- IEEE C57.110-2008, Recommended Practice for Establishing Liquid-Filled and Dry-Type Power and Distribution Transformer Capability When Supplying Non Sinusoidal Load Currents
- IEEE C57.113-2010, Recommended Practice for Partial Discharge Measurement in Liquid-Filled Power Transformers and Shunt Reactors

- IEEE C57.12.00-2010, Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers
- IEEE C57.12.01-2005, Standard General Requirements for Dry-Type Distribution and Power Transformers Including Those with Solid-Cast and/or Resin-Encapsulated Windings
- IEEE C57.12.10-2010, Standard Requirements for Liquid-Immersed Power Transformers
- IEEE C57.12.20-2005, Standard for Overhead Type Distribution Transformers, 500 kVA and Smaller: High Voltage, 34,500 Volts and Below; Low Voltage, 7,970/13,800Y V and Below
- IEEE C57.12.23-2009, Standard for Submersible Single-Phase Transformers: 167 kVA and Smaller; High Voltage 25,000 V and Below; Low Voltage 600 V and Below
- IEEE C57.12.24-2009, Submersible, Three-Phase Transformers, 3,750 kVA and Smaller: High Voltage, 34,500 Grd Y/19,920 Volts and Below; Low Voltage, 600 Volts and Below
- IEEE C57.12.30-2010, IEEE Standard for Pole-Mounted Equipment—Enclosure Integrity for Coastal Environments
- IEEE C57.123-2010, Guide for Transformer Loss Measurement
- IEEE C57.127-2007, Guide for the Detection and Location of Acoustic Emissions from Partial Discharges in Oil-Immersed Power Transformers and Reactors
- IEEE C57.131-1995, Standard Requirements for Load Tap Changers
- IEEE C57.13-1993 - Standard Requirements for Instrument Transformers
- IEEE C57.135-2001 (IEC 62032-2005), Guide for the Application, Specification, and Testing of Phase-Shifting Transformers
- IEEE C57.139-2010, Guide for Dissolved Gas Analysis in Transformer Load Tap Changers
- IEEE C57.140-2006, Guide for Evaluation and Reconditioning of Liquid Immersed Power Transformers
- IEEE C57.146-2005, Guide for Interpretation of Gasses Generated in Silicone-Immersed Transformers
- IEEE C57.21-2008, Standard Requirements, Terminology, and Test Code for Shunt Reactors Rated Over 500 kVA
- IEEE C57.93-2007, Guide for Installation of Liquid-Immersed Power Transformers
- IEEE C62.22-1997 - Guide for Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems

- IEEE C62.82.1-2010 - Standard for Insulation Coordination--Definitions, Principles, and Rules
- ANSI/IEEE C37.111 – IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (CONTRADE) for Power Systems
- ANSI C2 – National Electrical Safety Code (NESC)
- ANSI C37. 58 – Indoor AC medium-voltage switches for use in metal-enclosed switchgear – Conformance test procedures.
- ANSI C37.22 – Preferred ratings and related capabilities for indoor AC medium-voltage switches used in metal-enclosed switchgear
- ANSI C37.32 – High-voltage switches, bus supports and accessories – Schedules of preferred ratings, construction guidelines and specifications
- ANSI C37.34 – Test code for high-voltage air switches
- ANSI C37.57 – Metal-enclosed interrupter switchgear assemblies – Conformance testing.
- ANSI/NETA ATS-2009 – Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems
- ANSI/NETA MTS-2019 – Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems
- NFPA 70 – National Electrical Code (NEC)
- NFPA 70B – Electrical equipment maintenance.
- NFPA 70E – Electrical safety in the work place.
- ASTM A123/A123M – Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products
- ASTM B3 – Standard Specification for Soft or Annealed Copper Wire
- ASTM B174 – Standard Specification for Bunch-Stranded Copper Conductors for Electrical Conductors
- ASTM B179 – Standard Specification for Aluminum Alloys in Ingot and Molten Forms for Castings from All Casting Processes
- ASTM B236 – Standard Specification for Aluminum Bars for Electrical Purposes (Bus Bars)
- ASTM B251 – Standard Specification for General Requirements for Wrought Seamless Copper and Copper-Alloy Tube
- ASTM B317/B317M – Standard Specification for Aluminum-Alloy Extruded Bar, Rod, Tube, Pipe, Structural Profiles, and Profiles for Electrical Purposes (Bus Conductor)
- ASTM B33 – Standard Specification for Tin-Coated Soft or Annealed Copper Wire for Electrical Purposes

- ASTM B466/B466M – Standard Specification for Seamless Copper-Nickel Pipe and Tube
- ASTM B549 - Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum Conductors, Aluminum-Clad Steel Reinforced for Use in Overhead Electrical Conductors
- ASTM B75 – Standard Specification for Seamless Copper Tube
- ASTM B85/B85M – Standard Specification for Aluminum-Alloy Die Castings

4. NORMAS ISO

- ISO 1459:1973 – Metallic coatings -- Protection against corrosion by hot dip galvanizing -- Guiding principles
- ISO 2063:2005 - Thermal spraying -- Metallic and other inorganic coatings -- Zinc, aluminium and their alloys
- ISO 7000:2014 – Graphical symbols for use on equipment -- Registered symbols
- ISO 9223:1992 – Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres - Classification

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bolotinha, Manuel. Subestações: Projecto, Construção, Fiscalização – 2ª Edição. Quântica Editora/Engebook. Janeiro 2019.
- [2] Bolotinha, Manuel. Subestações – Montagem Electromecânica, Ensaios e Manutenção. Quântica Editora/Engebook. Janeiro 2019.
- [3] Bolotinha, Manuel. Transporte, Distribuição e Utilização de Redes Eléctricas de Muito Alta, Alta e Média Tensão. Publindústria/Engebook. Outubro 2019.
- [4] Bolotinha, Manuel. Basics of HV, MV and LV Installations. Editora Ómega. Janeiro 2017.
- [5] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. International Electrotechnical Vocabulary. IEC 60050-605. Suíça, 1983.
- [6] ELECTRIC POWER SUBSTATIONS ENGINEERING Edited by John D. McDonald CRC Press 2003
- [7] Normas, Regulamentos e Outros Documentos de Referência citados no texto.