

NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

Num contexto mundial sem precedentes devido a uma pandemia que está a abalar o mundo, com consequências catastróficas nas economias de todos os países, voltamos à vossa presença com mais uma edição da revista “Neutro à Terra”, que já vai na sua vigésima quinta publicação. Compete-nos a todos agir com competência e responsabilidade, de forma a minimizar os efeitos devastadores que a situação atual terá na vida das pessoas. Neste contexto, as questões ambientais e a sustentabilidade energética tomam uma importância acrescida. Neste âmbito, publica-se nesta edição um artigo de opinião do professor Manuel Azevedo, que faz uma reflexão sobre este problema enquadrando-o no contexto de pandemia que estamos a viver.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor

**Especial
Dossier Telecomunicações
Pág. 83**



Máquinas e Veículos Elétricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



Instalações Elétricas



Telecomunicações



Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica

ÍNDICE

- Editorial	3
- Será que ainda queremos um planeta verde? Manuel Maria Pereira de Azevedo	5
- Wind Energy Conversion Systems José António Beleza Carvalho	7
- Instalações Elétricas em Hospitais, Clínicas Privadas, Centros Médicos e Dentários, Centros de Tratamento e Similares Henrique Ribeiro da Silva	17
- Short-Circuit Calculation on a Small Network José Alberto de Sousa Afonso	53
- Rede de distribuição do Porto: interligação entre postos de transformação Miguel Alexandre Ferreira Alves Pereira	59
- Tratamentos sustentáveis e inovadores para a indústria da madeira Kevin Duarte Tomaz	69
- Case study of an energy-intensive consumer Inês Vieira Tavares	77
- Dossier Telecomunicações	83
- Autores	118

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:	José António Beleza Carvalho, Doutor
SUBDIRETORES:	António Augusto Araújo Gomes, Eng. Roque Filipe Mesquita Brandão, Doutor Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Doutor
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Elétricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTATOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

Estimados leitores

Num contexto mundial sem precedentes devido a uma pandemia que está a abalar o mundo, com consequências catastróficas nas economias de todos os países, voltamos à vossa presença com mais uma edição da revista “Neutro à Terra”, que já vai na sua vigésima quinta publicação. Compete-nos a todos agir com competência e responsabilidade, de forma a minimizar os efeitos devastadores que a situação atual terá na vida das pessoas. Neste contexto, as questões ambientais e a sustentabilidade energética tomam uma importância acrescida. Neste âmbito, publica-se nesta edição um artigo de opinião do professor Manuel Azevedo, que faz uma reflexão sobre este problema enquadrando-o no contexto de pandemia que estamos a viver

Nesta edição da revista publicam-se alguns artigos de natureza técnica e científica em língua inglesa, respondendo à crescente procura que se verifica por parte de leitores de várias nacionalidades. Por outro lado, também se pretende contribuir a nível internacional para o conhecimento e para a discussão de assuntos atuais e reconhecidamente importantes, como os que dizem respeito à sustentabilidade energética, às energias renováveis e, de uma forma geral, a todos os assuntos enquadrados cientificamente na engenharia eletrotécnica.

Merecem particular destaque nesta edição, um artigo relacionado com a conversão de energia eólica, analisando-se o funcionamento dos principais aerogeradores utilizados nesta fonte de energia renovável. Outro assunto muito importante relaciona-se com a proteção das pessoas do risco de eletrocussão com contactos diretos e indiretos em locais de risco elevado, como clínicas médicas e centros hospitalares. Neste âmbito, publica-se um artigo muito desenvolvido sobre as instalações elétricas nestes locais de risco, apresentando-se a forma como a segurança das pessoas deve ficar garantida.

Nesta edição da revista, merece ainda particular destaque um dossier sobre telecomunicações. Acompanhando a entrada em vigor do novo Manual ITED 4, que apresenta algumas soluções inovadoras e simplifica alguns dos procedimentos, com o objetivo de melhorar a eficiência e a adaptabilidade das infraestruturas de telecomunicações aos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos, algumas Empresas que atuam nesta área da engenharia eletrotécnica apresentam algumas das soluções que disponibilizam no mercado, de forma a responderem às exigências técnicas definidas no Manual ITED4 que entrou recentemente em vigor.

Nesta edição da revista “Neutro à Terra” pode-se ainda encontrar outros assuntos reconhecidamente importantes e atuais, como um artigo que analisa o cálculo de correntes de curto-circuito em redes de distribuição de pequena dimensão, um artigo sobre tratamentos sustentáveis e inovadores para a indústria das madeiras e, um artigo que apresenta os resultados obtidos num estudo efetuado a um consumidor intensivo de energia.

Fazendo votos que esta edição da revista “Neutro à Terra” satisfaça novamente as habituais expectativas dos nossos estimados leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, 30 de junho de 2020
José António Beza Carvalho

Blog:

www.neutroaterra.blogspot.com

Histórico de visualizações

37 024

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	27352
Estados Unidos	3209
Brasil	2114
Alemanha	686
Rússia	507
França	452
Angola	243
Ucrânia	225
Reino Unido	220
Espanha	141



SERÁ QUE AINDA QUEREMOS UM PLANETA VERDE?

Com a atualidade, a sociedade atravessa um dos momentos mais desafiadores, e a indústria com maiores preocupações ambientais, como a produção elétrica e o automóvel, não são exceção. Ainda é muito cedo para sabermos quais são as consequências da pandemia, mas para já, são vários os países que defendem que a qualidade do ar melhorou. Não deveria ser uma surpresa: do dia para a noite tudo mudou. Os centros urbanos ficaram vazios e com o confinamento e consequentemente a indústria levou a que os níveis de poluição descessem bruscamente.

Desde a crise financeira de 2008 que não existia uma queda nas emissões de dióxido de carbono. A Avenida da Liberdade em Lisboa, estava deserta, aquela que é a mais poluída do país. Posto isto, fica a questão, como será o nosso futuro? Aquele futuro que imaginávamos menos poluído, chegou até nós de uma maneira brusca, mas fica a questão: será que mudamos a forma como, enquanto sociedade, perseguimos os nossos objetivos comuns? Será que voltaremos ao velho normal? Ou a um novo normal que se traduz num lançamento para uma economia e uma produção verdadeiramente do futuro?

Os carros elétricos assumem assim um dos lugares de destaque neste objetivo, assim como a nossa preocupação coletiva com as fontes da nossa energia, enquanto país e enquanto planeta. Os veículos elétricos emitem menos dois terços de dióxido de carbono comparando com os a gasóleo ou gasolina, analisando todo o ciclo de vida do veículo, indica um estudo da Federação Europeia de Transportes e Ambiente. Deste modo, o setor dos transportes representa cerca de um quarto do total de emissões na Europa, pelo que uma transição prevista para um parque automóvel de 80% de veículos elétricos em 2050 irá contribuir de forma real para o objetivo de redução dos gases com efeito de estufa previsto para esse ano, refere um estudo da *European Environment Agency*.

Se a queda que temos verificado nas emissões de carbono

não é sustentável, pelo regresso a uma atividade económica necessária, é fundamental que os governos criem medidas de incentivo à população, de forma a que a adoção da consciência para a utilização de energias de fontes renováveis, como a eletricidade e o automóvel elétrico, sejam uma prioridade, se possível maior ainda, da nova normalidade. De acordo com a associação Zero, um carro elétrico alimentado a eletricidade com emissões médias paga a “dívida de carbono” da produção da bateria após pouco mais de um ano e economiza mais de 30 toneladas de CO2 durante a vida útil, em comparação com um carro convencional. E se falarmos de um elétrico que circule muito, como um táxi, economiza até 85 toneladas.

No futuro, estima a Federação Europeia de Transportes e Ambiente, os carros elétricos vão ficar cada vez mais verdes nos próximos anos, com a descarbonização da economia europeia, e vão ser pelo menos quatro vezes mais limpos do que os carros a gasolina ou a gasóleo, em 2030. Os automóveis, desde sempre, que se destacam como os maiores consumidores de energia, sendo que se espera que a produção mundial de carros cresça 30% até 2030 para um total de 123 milhões de unidades. O que torna assim urgente a otimização energética, no qual se deverá tirar o máximo partido das tecnologias digitais, obter um maior alcance dos combustíveis alternativos e apostar na transição para veículos de baixas, ou, até mesmo, zero emissões.

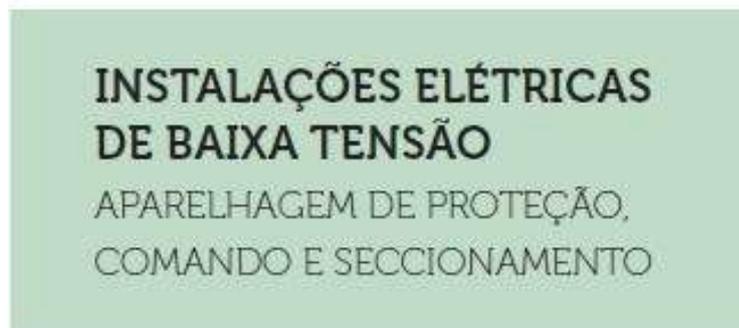
Mais do que um importante contributo para um planeta mais verde, esta orientação ambiental é, cada vez mais, uma necessidade para a sociedade. E, neste sentido, tudo indica que o caminho, nas próximas décadas, será, cada vez mais, baseado na descarbonização. E, como tal, os automóveis com menor impacto ambiental, bem como a nossa preocupação em optar por alternativas e atividades menos dependentes do carbono, passarão a ter um peso preponderante na nossa capacidade de enfrentar novos desafios que a sociedade enfrenta.

Vamos apostar num planeta mais verde?

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Aparelhagem de Proteção, Comando e Seccionamento
Autor: António Augusto Araújo Gomes, Sérgio Filipe Carvalho Ramos, André Fernando Ribeiro de Sá
Editora: Publindústria
Data de Edição: Engebook
ISBN: 9789898927187
Nº Páginas: 226
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

A obra Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Aparelhagem de Proteção, Comando e Seccionamento pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de Engenharia Eletrotécnica, bem como a Técnicos Responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser, ainda, uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, tecnológicos, normativos e regulamentares sobre a aparelhagem de proteção, comando e seccionamento de baixa tensão, aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.



ENGEBOOK **ELETROTECHNIA**

António Gomes
 Sérgio Ramos
 André Sá



WIND ENERGY CONVERSION SYSTEMS

1 Introduction

The production of electricity from wind energy presents an increased growth and sustained since 1985. Currently, there are wind generators located throughout the world whose power already reaches values exceeding 250 GW.

The main technologies used in electromechanical conversion of wind energy into electric energy are based primarily on three types of electric machines:

- The direct current (DC) machine;
- The synchronous machine;
- The induction machine.

These machines work on the principles of the electromagnetic actions and reactions. The resulting electromechanical energy conversion is reversible. The same machine can be used as the motor for converting the electrical power into mechanical power, or as the generator converting the mechanical power into electrical power.

Typically, there is an outer stationary member (stator) and an inner rotating member (rotor). The rotor is mounted on bearings fixed to the stator. Both the stator and the rotor carry cylindrical iron cores, which are separated by an air gap. The cores are made of magnetic iron of high permeability, and have conductors embedded in slots distributed on the core surface. Other way, the conductors are wrapped in the coil form around salient magnetic poles.

In the Figure 1 is possible to see a cross-sectional view of the rotating electrical machine with the stator with salient poles and the rotor with distributed conductors. The magnetic flux, created by the excitation current in one of the two members, passes from one core to the other in the combined circuit always forming a closed loop. The electromechanical energy conversion is accomplished by interaction of the magnetic flux produced by one member with electric current in the other member.

The induced current is proportional to the rate of change in the flux linkage due to rotation.

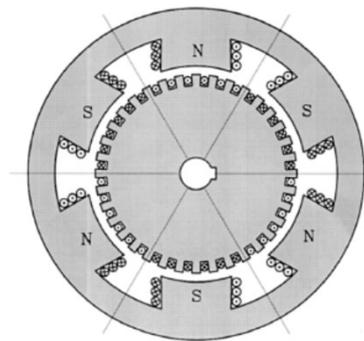


Figure 1: Cross section of the electrical machine stator and rotor

2. DC Machine

The conventional DC machine is either self-excited by shunt or series coils carrying DC current to produce a magnetic field. Actually, the DC machine is often designed with permanent magnets to eliminate the field current requirement, hence, the commutator. It is designed in the “inside-out” configuration. The rotor carries the permanent magnet poles and the stator carries the wound armature which produces AC current. This current is then rectified using the solid state rectifiers. Such machines do not need the commutator and the brushes; hence, the reliability is greatly improved. The permanent magnet DC machine is used with small wind turbines, however, due to limitation of the permanent magnet capacity and strength. The brushless DC machine is expected to be limited to ratings below one hundred kW.

3. Synchronous Machine

Most of the electrical power consumed in the world is generated by the synchronous generator. For this reason, the synchronous machine is an established machine.

The machine works at a constant speed related to the fixed frequency. Therefore, it is not suitable for variable-speed operation in the wind plants. Moreover, the synchronous machine requires DC current to excite the rotor field, which needs sliding carbon brushes on slip rings on the rotor shaft. This poses a limitation on its use. The need of DC field current and the brushes can be eliminated by the reluctance torque. The reliability is greatly improved while reducing the cost. The machine rating, however, is limited to tens of kW. The reluctance synchronous generator is actually used for small wind generators. In the Figure 2 is possible to see the diagram of connections of wind generators equipped with variable speed synchronous machines.

The systems represented in Figure 2, the synchronous machine is connected through a system of converting $ac/dc/ac$, as the frequency of stators voltage and currents is different in the frequency of the electrical network.

Such generators typically do not have the gearbox, and the mechanical speed of rotation of the rotor is identical to the speed of rotation of the turbine.

Typically, the speed of rotation of the turbine (and the rotor of synchronous machine) varies between 17 rpm and 36 rpm, so the machine has a high number of poles.

The stator of the synchronous machine has six phases and is connected to two independent converting systems $ac/dc/ac$. The parallel between the two conversion systems is made at the outlet of converters dc/ac (grid converters) that is connected to the elevator transformer.

Each of the converters ac/dc connected to the generator (the generator converters) consists of one to six pulse bridge converter equipped with thyristors. These thyristors operate with a constant firing angle.

The DC voltage at capacitor terminals, placed in parallel in connection at direct current, must be set to a constant value. However, for low values of the speed of the rotor, the excitation system of synchronous machine is unable to ensure that value, being necessary to use a "chopper" (converter dc/dc) converter installed between the generator and capacitor, which is disconnected when the rotor speed exceeds a certain value.

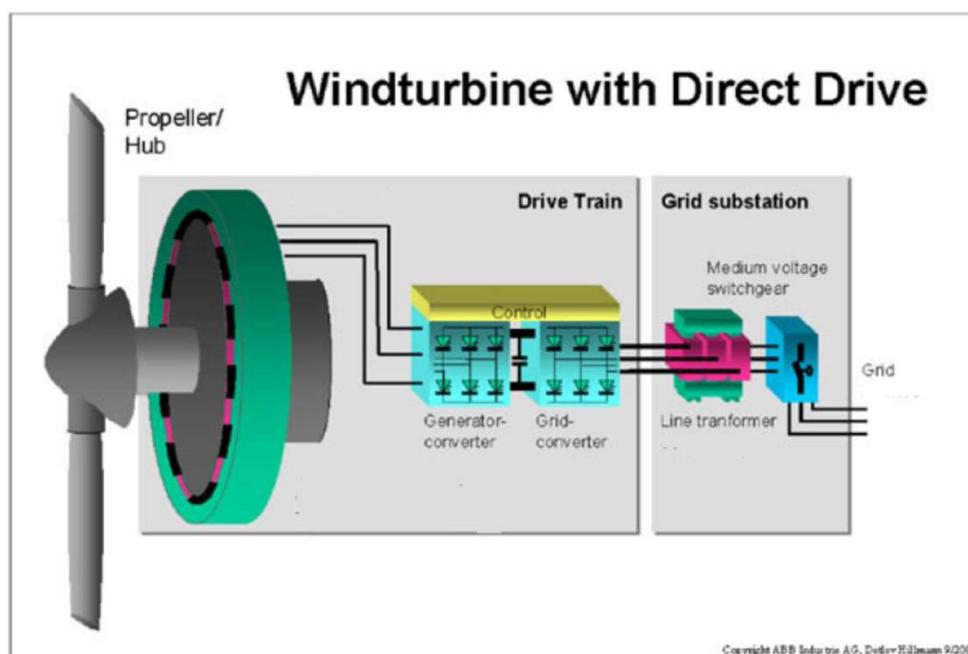


Figure 2: Diagram of connections of a synchronous generator operating the variable speed (Source: ABB Industries)

The grid converter is a six pulse converter bridge equipped with IGBTs, with a control system based in pulse width modulation (PWM). This converter controls the active power injected into the grid and the power factor. The control of active power in the grid converter allows the imposition of electromagnetic torque into generator, thus making it possible to control the rotational speed of the wind turbine-generator group in order to obtain the specific speed of the tip of the blade optimal (2) for each value of wind speed.

Figure 3 illustrates the active and reactive power supplied by the grid converter of such a wind generator according to the rotational speed of the rotor.

Unlike the induction machine, the synchronous machine, when used in the grid-connected system, has some advantages. It does not require the reactive power from the grid. This results in better quality of power at the grid interface. This advantage is more important when the wind farm is connected to a small capacity grid using long low voltage lines. Actually, wind plants generally connect to larger grids using shorter lines, and almost universally use the induction generator.

4. Induction Machine

The primary advantage of the induction machine is the rugged brushless construction and no need for separate DC filed power.

The disadvantages of both the DC machine and the synchronous machine are eliminated in the induction machine, resulting in low capital cost, low maintenance, and better transient performance. For these reasons, the induction generator is extensively used in small and large wind farms and small hydroelectric power plants. The machine is available in numerous power ratings up to several megawatts capacity, and even larger.

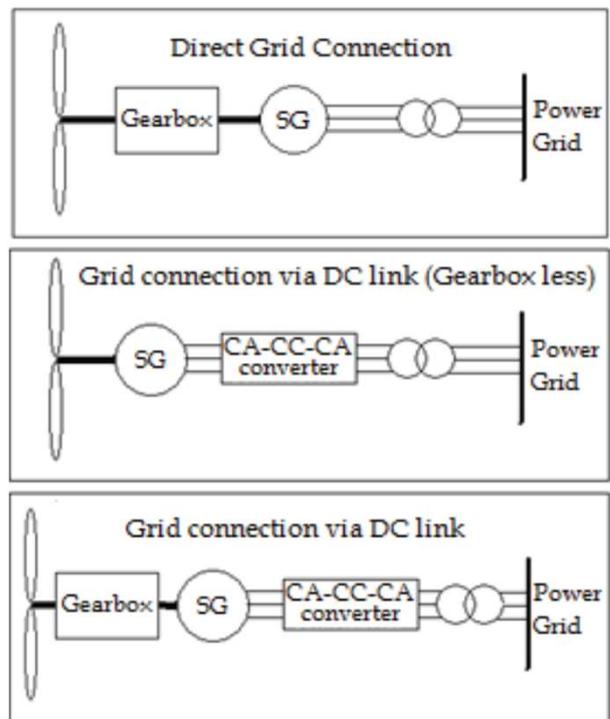


Figure 4: Settings of synchronous machine used as a wind generator (CIGRE TF38.01.10)

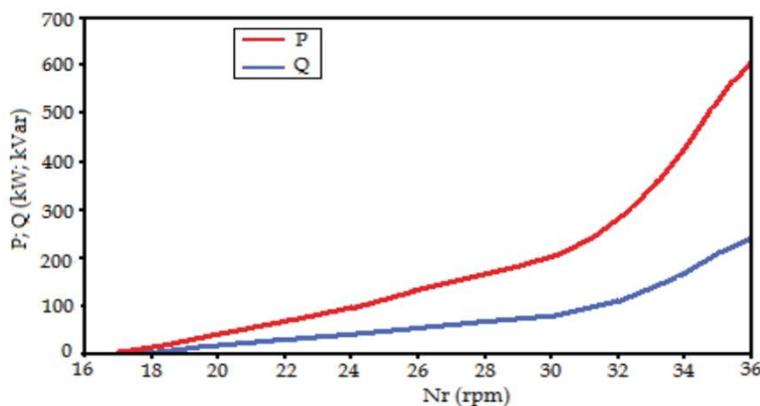


Figure 3: Active and reactive power supplied by a wind generator equipped with synchronous generator operates the variable speed depending on the speed of the rotor.

The induction machine needs AC excitation current. The machine is either self-excited or externally excited. Since the excitation current is mainly reactive, a stand-alone system is self-excited by shunt capacitors. The induction generator connected to the grid draws the excitation power from the network. The synchronous generators connected to the network must be capable of supplying this reactive power. For economy and reliability, many wind power systems use induction machines as the electrical generator.

- Operation of the Induction Generator in Autonomous Mode

The induction machine to function as a generator must be operated at a speed above the synchronous speed and to be provided with a reactive power to produce and keep the machine's magnetic field. This reactive power can be produced by capacitors connected to the machine, as described in Figure 5. Thus it is possible to achieve self-excitation of the machine in order to feed a load alone.

The capacitors are usually connected in delta because they have the advantage of lower capacity to get the same effect as with capacitors connected in star. Thus, the voltage V_1 and the frequency f_1 of the generators of induction in empty and laden depend primarily on parameters of the machine, the capacity of condensers and speed $n > f_1/p$.

The existence of residual magnetism in the machine, with the machine to turn, will result in the emergence of power swing in the machine between the stator coils and condensers.

Indeed, the coils of inductance L and the capacity C of the capacitors are an oscillating circuit and therefore fluctuations of energy may be damped or amplified.

If the rotor rotates with angular velocity ω_r whose frequency is higher than the frequency of own oscillations (given by $1/\sqrt{LC}$) then the power of the rotor copper losses in the oscillating circuit and the machine turns on. If, however there is no residual magnetism or if this is not enough, the oscillations do not occur or cushion quickly and the machine not exciting.

The operating voltage and frequency are determined in terms of the approximate equivalent circuit of Figure 5. On no load, the capacitor current $I_c = V_1/X_c$ must be equal to the magnetizing current $I_m = V_1/X_m$. The voltage V_1 is a function of I_m , linearly rising the saturation point of the magnetic core is reached (Figure 5). The stable operation requires the line $I_m X_c$ to intersect the V_1 versus I_m curve.

The operating point is fixed where V_1/X_c equal V_1/X_m , that is when $1/X_c = 1/X_m$, where $X_c = 1/\omega C$. This settles the operating frequency in hertz. With the capacitor value C , the output frequency of the self-excited generator is therefore:

$$f = \frac{1}{2\pi X_m} = \frac{1}{2\pi \sqrt{C L_m}}$$

Under load conditions, the generated power $V_1 I_2 \cos \phi_2$ provides for the power in the load resistance R and the iron loss in R_m . The reactive currents must sum to zero:

$$\frac{V_1}{X} + \frac{V_1}{X_m} + I_2 \cdot \sin \phi_2 = \frac{V_1}{X_c}$$

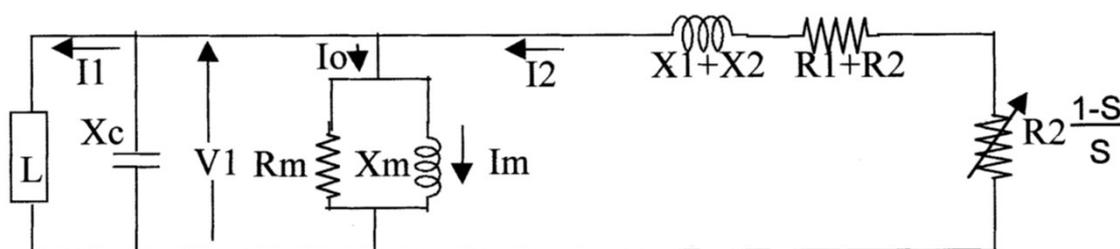


Figure 5: Approximate equivalent scheme of an induction generator for autonomous load

This equation determines the output voltage of the machine under load.

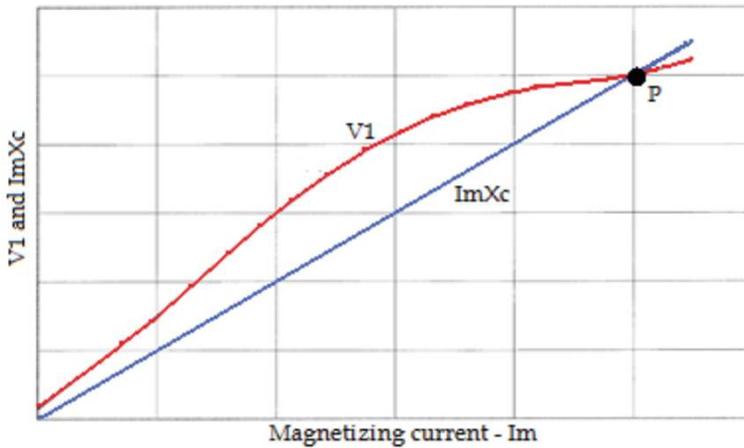


Figure 6: Operating characteristics of the induction generator with capacitive self-excitation.

As it possible to see in Figure 6, the process of self-excitation requires the presence of a residual magnetism and magnetic saturation of the magnetization curve of the machine to be successful, or to have a clear intersection between the two characteristics (of magnetization and strain in capacitors).

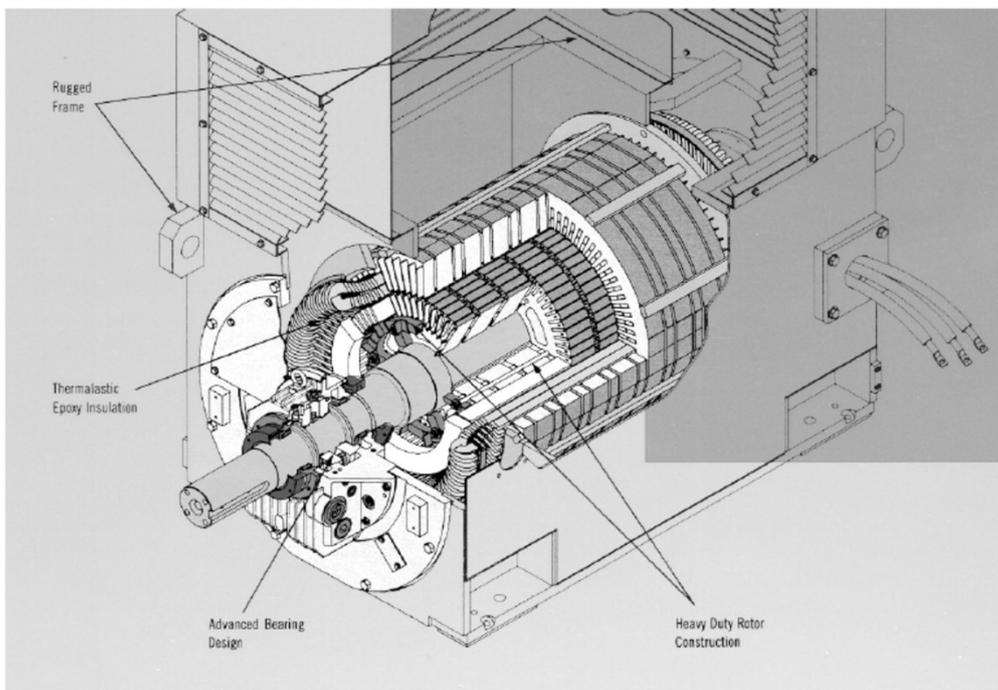


Figure 7: Two MW induction machine. (Source: Teco Westinghouse Motor Company)

- **Operation of the induction generator connected to the network**

The electromagnetic power through the air gap is given by:

$$P_{em} = 3I_2^2 \cdot \frac{R_2}{s}$$

is positive for $s > 0$ and negative for $s < 0$.

That is, for $s < 0$ the electromagnetic power flow at rotor to the stator. Part of this power is dissipated (by Joule effect) in the copper winding of the stator and the remainder is supplied to the network. This corresponds to the operation of the machine as a generator (Figure 8).

In this case, the machine must be operated at a speed $n > f_1/p$ and both the power and the electromagnetic torque are negative.

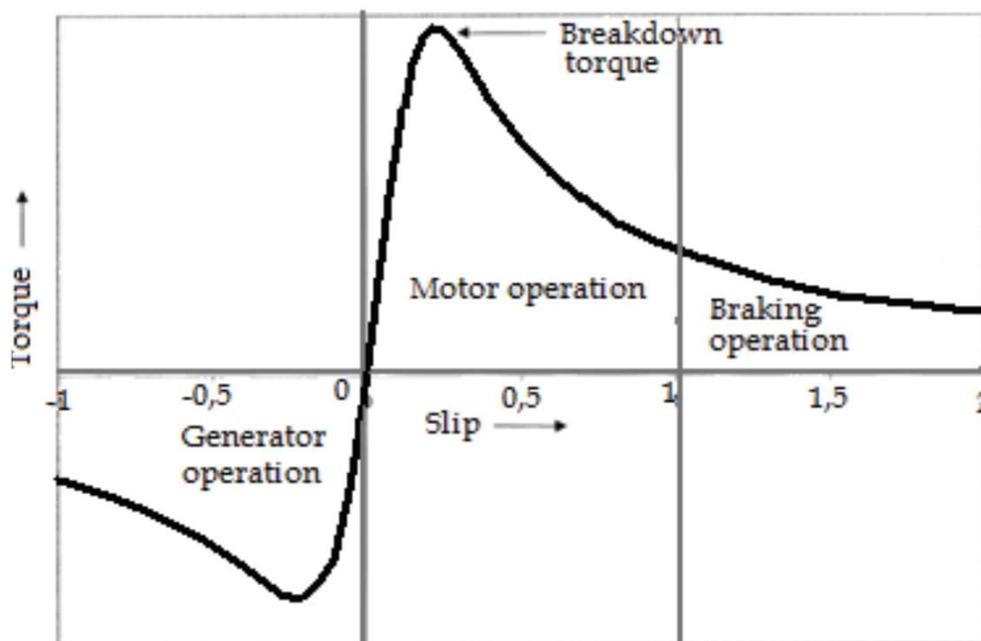


Figure 8: Torque versus speed characteristic of the induction machine in three operating modes.

When assessing the performance of induction generator, we can use the approximate equivalent diagram of Figure 5 with $s < 0$. The resistance that $((1-s) / s) R_2$, which reflects the electromagnetic power, depends on the slip, but the reactance X does not depend on the slip, or are always positive. Consequently, the induction machine always absorbs reactive power in whatever condition of operation. How is possible to see in Figure 9, if the generator is loaded at constant torque T_L , it has two possible points of operation, P1 and P2.

Only one of these two points, P1 is stable. Any perturbation in speed around point P1 will produce stabilizing torque to bring it back to P1.

The figure also shows the limit to which the generator can be loaded. The maximum torque it can support is called the breakdown torque, which is shown as T_{max} . If the generator is loaded under a constant torque above T_{max} , it will become unstable and stall, draw excessive current, and destroy itself thermally if not properly protected.

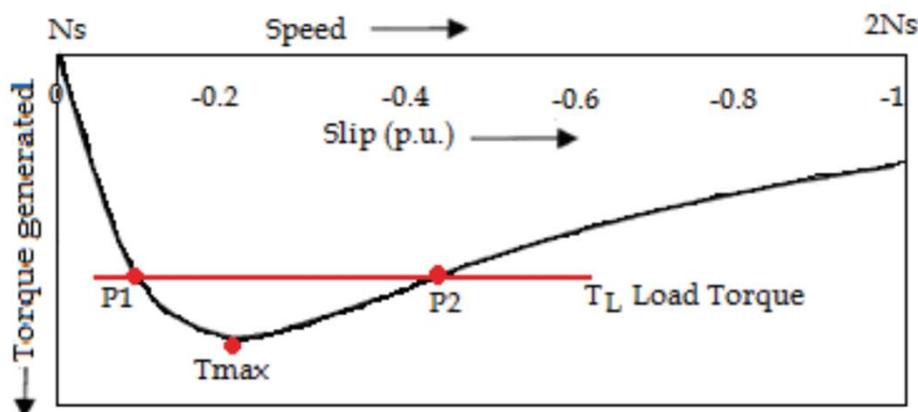


Figure 9: Torque versus speed characteristic of the induction generator under load.

- Usual Configuration of the Induction Generator

The induction generators connected to the network or in autonomous mode are mainly used, for constant or variable speeds and a link voltage/constant or variable frequency, in mini-hydro and wind energy systems. Possibilities for the use of double fed induction generators and the squirrel cage rotor are summarized in Table 1.

The principle of operation of the double fed induction machine is based on the ability to control its speed by variation of the resistance of the rotor.

Figure 10 illustrates the change curves of torque/slip of the induction machine due to the variation of resistance connected in series with the winding rotor.

Table 1: Configuration of the Induction Generators

Induction generator	speed		Network connection	Isolated	Frequency		Voltage	
	Constant	Variable			Constant	Variable	Constant	Variable
Double Fed		X	X		X		X	
Squirrel Cage	X	X	X	X	X	X	X	X

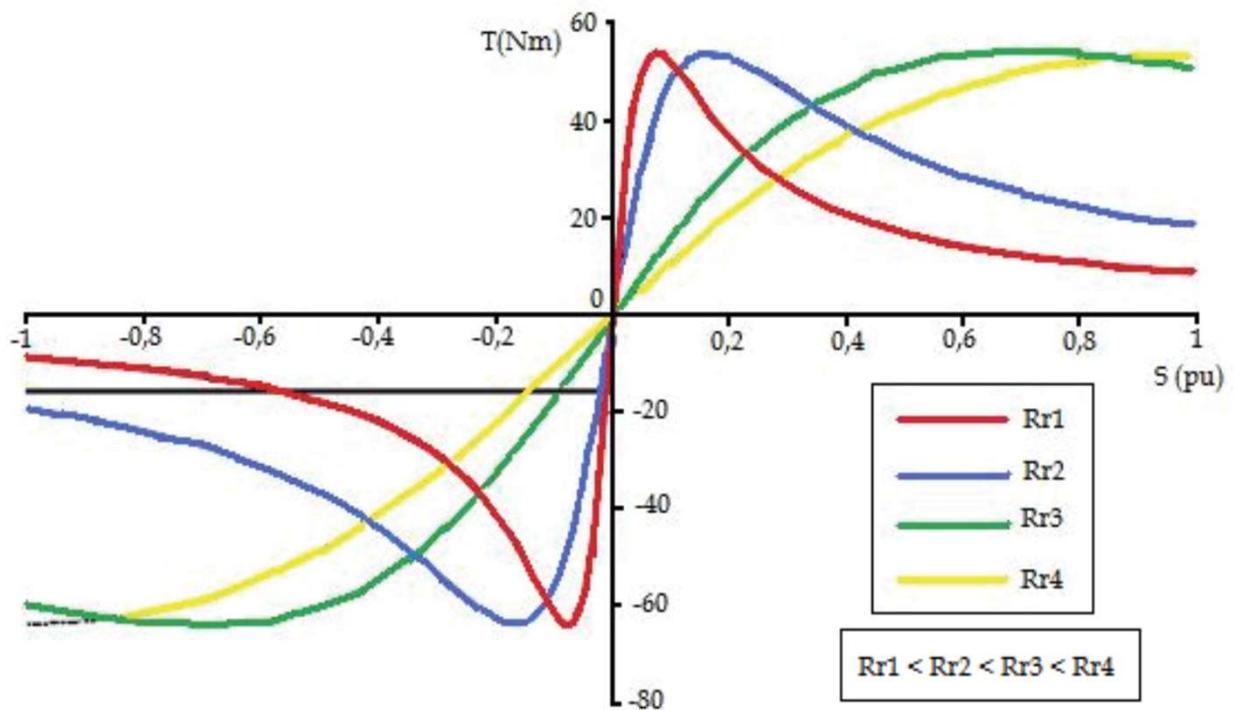


Figure 10: Curves of torque-speed characteristics for different values of the resistance of the rotor.

As shown in the figure 10, for a given mechanical torque T , can vary the speed of induction machine by varying the rotor resistance. If instead of a variable resistance, if we install a system for converting ac/dc/ac connected to the rotor, it is possible to extract the active power by the rotor of the machine and thus control the speed. This is the principle of energy away from the winding rotor induction machine.

The mode of operation of double fed induction generators based on the principle described above: to negative slips, until it reaches the intensity of the stator rated current of the machine, the power extracted by the rotor of the machine is controlled so as to optimize the speed specified the tip of the blade of the rotor and thereby maximize the value of the coefficient of the power turbine.

For negative slips, higher (in modulus) for which the intensity of the stator current reaches the nominal value, the active power in the stator and the rotor remains constant.

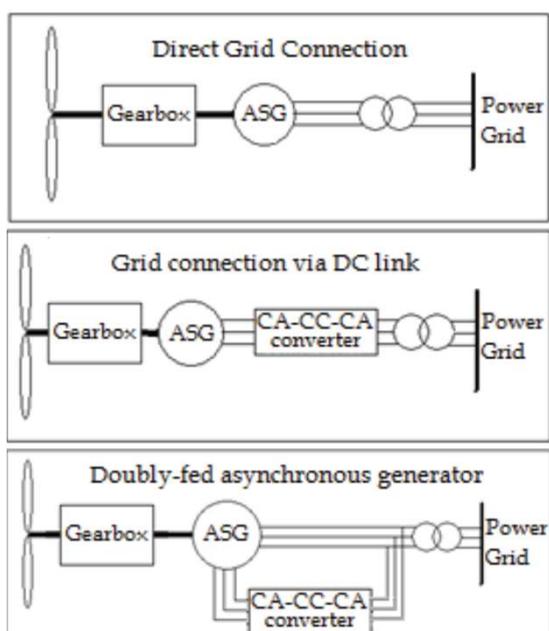


Figure 11: Settings of induction machine used as a wind generator (CIGRE TF38.01.10)

This principle of speed control by use the slip energy means that this machine can function as a generator for positive slip. To ensure this mode of operation, it is necessary to provide active power to the rotor. In Figure 11 we can see different ways to use the induction machine as wind generator.

The connections of double fed induction machine are shown in Figure 12.

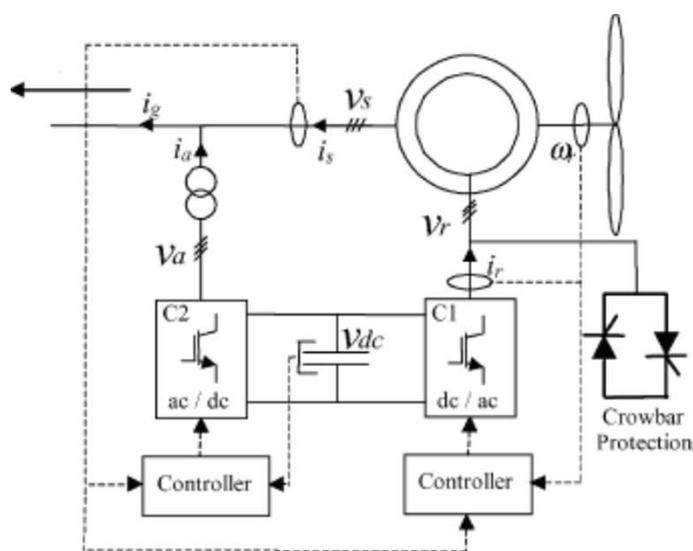


Figure 12: Scheme of connections of double fed induction machine (Almeida et al.,2004).

The stator of the induction machine is directly connected to electric power. The rotor is connected to the network through a system of converting ac/dc/ac and a transformer.

The converters ac/dc/ac that interconnect the rotor of the machine to the network via the transformer, are bridge-type converters PD3 to six pulses equipped with isolated gate bipolar transistors (IGBTs) controlled by the pulse width modulation.

Typically, in double fed induction machine, converter connected to transformer controls the voltage into the terminals of the capacitor in DC current system, and controls the power factor at the point common to the circuits of the rotor and stator. The converter directly connected to the rotor of the induction machine control module and the argument of the intensity of current injected or extracted through the rotor.

The principle of operation of the control system with pulse width modulation can impose a form of wave approximately sinusoidal with frequency, amplitude and phase adjustable to the AC terminals of the converters.

In Figure 12, the converter ac/cc/ac connected to the rotor of the induction machine, allows the control of the frequency of the wave form applied to the rotor, which is equal to the slip frequency of the machine in a given point. Simultaneously, it also controls the module and argument of the intensity of current in the rotor. Converter ac/cc on the transformer, is controlled the magnitude of the voltage into the terminals of the capacitor. The frequency of the alternating current frequency is equal to the network with which the converter is interconnected and the control of the phase allows impose the power factor. This feature of the control system of pulse width modulation to adjust the phase of the wave of voltage and intensity of current wave can dispense the use of batteries of capacitors in most cases.

Typically, manufacturers provide a control of power factor between 0.9 inductive and 0.9 capacitive to terminal of the machine.

The purpose of the control system of converters ac/cc/ac is to ensure the maximization of the coefficient of the turbine power, especially in the region characteristic of the power depending on the wind and where the power is not controlled.

Additionally, the control systems of converters maintain a given value of power factor at the point of interconnection of the doubly fed induction machine with the electric power grid. In region of characteristic where the turbine power is controlled, the control system of converters ac/cc/ac keeps constant the total power, extracted by the stator and rotor of the machine, complemented by the control system of step angle of the rotor blades. It is therefore concluded that the control system of wind generators equipped with double fed induction machine can maximize the electrical power delivered to the network in the range of variation of wind speed.

5. References

- [1] Almeida, R. G.; Peças Lopes, J. A. & Barreiros, J. A. L. Improving Power System Dynamic Behaviour Through Doubly Fed Induction Machines Controlled by Static Converter Using Fuzzy Control. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.19, No.4, (November 2004) pp. 1942-1950.
- [2] Ekanayake, J. B.; Holdsworth, L.; Wu, X. & Jenkins, N. Dynamic Modeling of Doubly Fed Induction Generator Wind Turbines. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.18, No.2, (May 2003) pp. 803-809.
- [3] Castro, R. Uma Introdução às Energias Renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-Hídrica. 2ª Edição. IST PRESS, 2016.
- [4] Brandão, R.M.; Carvalho, J.B. & Barbosa, F.P.M. Wind Energy Technology. Renewable Energy 2009-In-tech, pp. 505-530.

Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro

Objeto

- 1 - Estabelece o regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável, estabelecendo a disciplina da atividade de produção associada às instalações de utilização do autoconsumidor de energia renovável.
- 2 - Estabelece, igualmente, o regime jurídico das comunidades de energia renovável, procedendo, nesta parte, à transposição parcial para o direito interno da Diretiva 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis.

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas
2ª Edição

Autor: António Augusto Araújo Gomes, Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva, José António Beleza Carvalho

Editora: Engebook

Data de Edição: 2019

ISBN: 9789898927620

Nº Páginas: 202

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas.

Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO
DIMENSIONAMENTO E PROTEÇÃO DE CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

António Gomes, Henrique Ribeiro Da Silva, José Beleza Carvalho

Sobre a obra

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

Sobre os autores

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Licenciado e Mestre (pre-doutor) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1998. Coordenador de Cursos na CEREBELUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro à Terra – Gabinete de Engenharia Ltda C252 e 2000. Prestação de serviços de formação e projetos técnicos associados a diversos setores: ambiente das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, a diversas entidades, nomeadamente NORVA – Consultores de Engenharia, Lda; Schumal – Engenharia e Serviços, Lda; ENERGO – Consultores de Engenharia, Lda; IQE – Instituto de Soluções e Qualidade Quântica – Física de Qualidade Eletrónica, Lda; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CENEFEEZ – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; ICT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico EDV – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.

Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Produção, Transporte e Distribuição de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Mestre (pre-doutor) em Engenharia Industrial pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

José António Beleza Carvalho

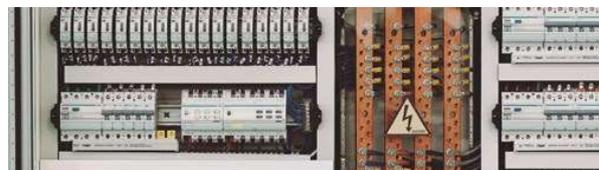
Bacharel e Licenciado em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de Sistemas de Energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando atualmente as funções de Diretor do curso de Mestrado em Sistemas Eléctricos de Energia. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista técnico-científica e integrada de artigos de periódicos de doutoramento e para a carreira do ensino superior.

Apoio à Edição
hager

Parceiro de Comunicação
electricista

Também disponível em formato e-book
ISBN 9789898927620
www.engebook.pt

engebook



INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO
DIMENSIONAMENTO E PROTEÇÃO DE CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

ENGEBOOK **ELEKTROTECNIA**

António Gomes
Henrique Ribeiro Da Silva
José Beleza Carvalho

2ª EDIÇÃO



engebook

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM HOSPITAIS, CLÍNICAS PRIVADAS, CENTROS MÉDICOS E DENTÁRIOS, CENTROS DE TRATAMENTO E SIMILARES

1. Enquadramento

Um aspeto essencial a que tem que se atender quando se projeta uma instalação elétrica diz respeito à utilização dos locais, i. e., de saber qual a finalidade do local ou locais ou que tipo de atividade primordial vai ser desenvolvida aí. Do seu conhecimento irão depender as soluções técnicas a ponderar para garantir a segurança das pessoas e animais e a funcionalidade da instalação.

Os locais médicos são locais especiais pelas características muito particulares dos seus ocupantes – os pacientes. Para que a segurança dos pacientes seja garantida é necessário garantir a segurança da instalação e o funcionamento correto dos equipamentos de electromedicina (EM) ligados aos mesmos, bem como prever uma manutenção adequada desses equipamentos. O uso de equipamentos de EM em pacientes submetidos a cuidados intensivos exige maior fiabilidade e segurança das instalações elétricas nos hospitais a fim de melhorar a segurança e a continuidade do fornecimento de energia.

Neste artigo irão analisar-se as condições impostas pela regulamentação nacional – as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT) – e a norma europeia EN IEC 60 364-7-710 e as soluções propostas.

No que se segue, DEVE tem o significado de TEM QUE, ou seja é obrigatório fazer-se ou observar-se qualquer coisa.

DEVIA tem o sentido de ser recomendável, mas não obrigatório, fazer-se ou observar-se algo no sentido de se cumprir dado requisito.

2. Condições Particulares do Risco Elétrico Em Ambiente Hospitalar

As pessoas podem não estar aptas a reagir aos efeitos da eletricidade (pacientes em estado de inconsciência,

anestesiados, ou ligados a aparelhos de diagnóstico ou tratamento).



A impedância elétrica da pele constitui, dentro de certos limites, uma proteção contra os efeitos da corrente.

Esta proteção pode desaparecer durante certos exames ou tratamentos médicos (por exemplo, quando se inserem partes do aparelho no corpo do paciente ou quando a pele é tratada para melhorar o contacto paciente/eléctrodo.

3. Regras Aplicáveis aos Locais de Uso Médico

i. Definições

- Paciente

Ser vivo (pessoa ou animal) submetido a investigação ou tratamento médico ou dental (EN 60 364-7-710).

- Equipamento de Electromedicina

Equipamento elétrico tendo uma parte aplicada ou transferindo energia para ou do paciente ou detetando dita transferência de energia para ou do paciente e que:

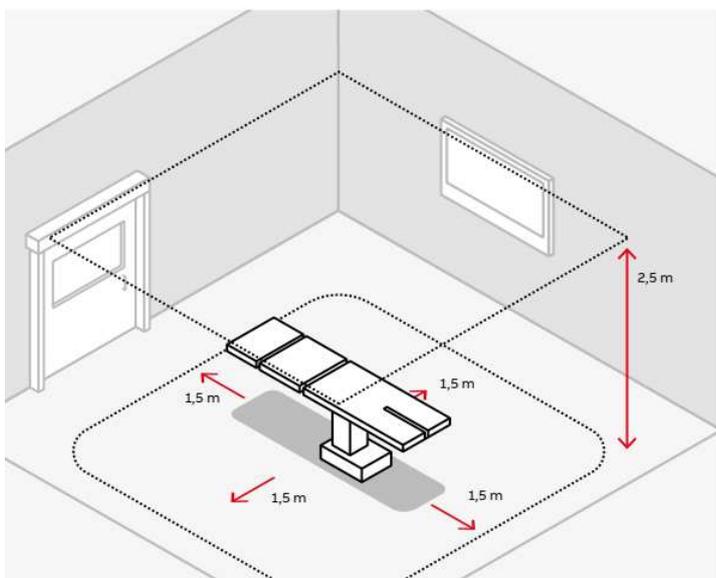
- a) não possui mais que uma ligação a uma fonte particular de alimentação
- b) é destinado pelo fabricante para:
 - 1) diagnóstico, tratamento e monitorização de um paciente
 - 2) compensação ou alívio de uma doença, ferimento ou incapacidade (EN 60 601-1)

- Local de Uso Médico

Local onde são utilizados equipamentos de electromedicina (RTIEBT).

Local destinado a fins de diagnóstico, tratamento (incluindo tratamento estético), monitorização e cuidado de pacientes (EN 60 364-7-710).

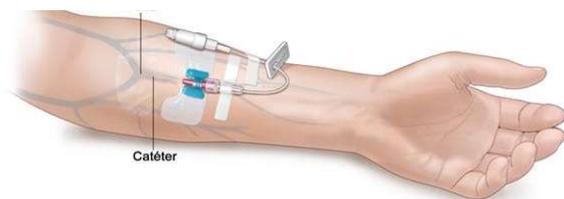
Convencionalmente, considera-se que o espaço acima de 2,5 m do chão não é local de uso médico.



Fonte: ABB

- Dispositivo Invasivo (Intrusivo)

Dispositivo que, no todo ou em parte, penetra no corpo, seja através de um orifício natural ou através da superfície do corpo (EN 60 601-1).



- Procedimento Intracardiaco

Procedimento no qual um condutor elétrico, acessível do exterior do paciente, é introduzido no coração desse paciente ou é suscetível de entrar em contacto com o seu coração (RTIEBT).

- Sistema IT-médico

Sistema de proteção IT com requisitos especiais para aplicações médicas (EN 60 364-7-710).

- Condição de Primeiro Defeito (CPD) – (single fault condition – SFC)

Diz-se quando um só meio de redução de um risco se encontra defeituoso ou quando uma só condição anormal está presente (EN 60 601-1).

Exemplos:

- Bloqueio de um motor
- Avaria no sistema de arrefecimento
- Desconexão de condutores
- Avaria de filtros
- Perfuração de uma camada ou bainha isolante
- Curto-circuito de semicondutores
- Curto-circuito ou circuito aberto de condensadores
- Derrame de líquido, etc.

- Quadro principal de distribuição

Quadro do edifício que preenche todas as funções de distribuição elétrica principal para a alimentação da área do edifício que lhe é atribuído e em que o abaixamento de tensão é monitorizado para fazer operar os serviços de segurança (EN 60 364-7-710).

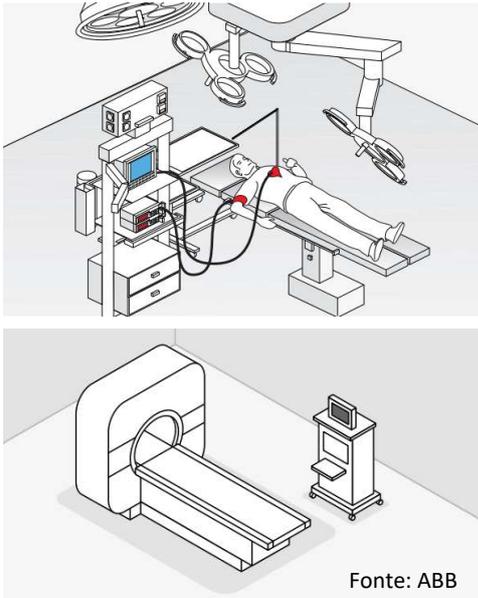


Os quadros elétricos de distribuição devem obedecer às normas da série EN 60 439.

- **Parte Aplicada**

Parte (componente) de um equipamento de electromedicina que, em funcionamento normal,

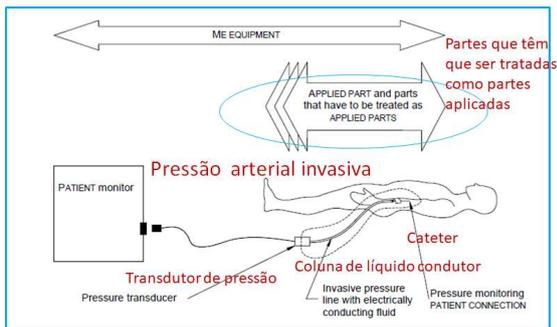
- Entra necessariamente em contacto com o paciente de modo a desempenhar a sua função, ou
- Pode ser levada a entrar em contacto com o paciente, ou
- Precisa de ser tocada pelo paciente (EN 60 364-7-710).



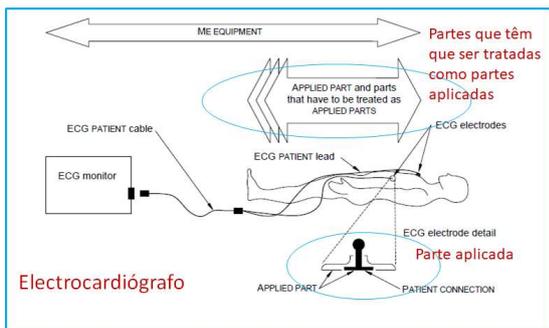
Fonte: ABB

Aparelhos de EM com partes aplicadas

Equipamento de Electromedicina

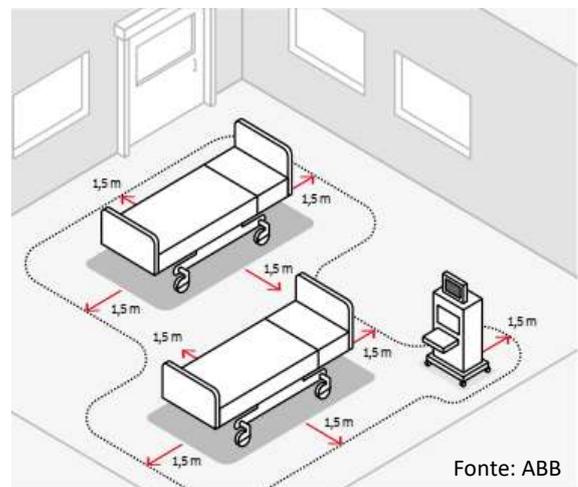
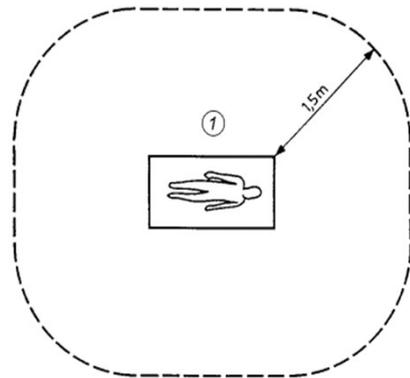
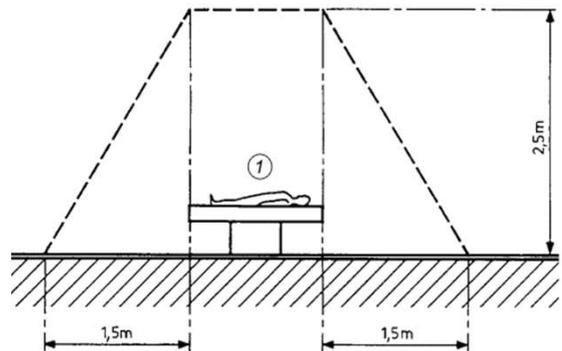


Equipamento de Electromedicina



- **Volume Afeto ao Paciente**

Volume definido em redor do local destinado ao paciente e no qual um contacto (intencional ou não) se possa produzir entre o paciente e um equipamento de electromedicina ou entre o paciente e outras pessoas que estejam em contacto com esses equipamentos (RTIEBT).



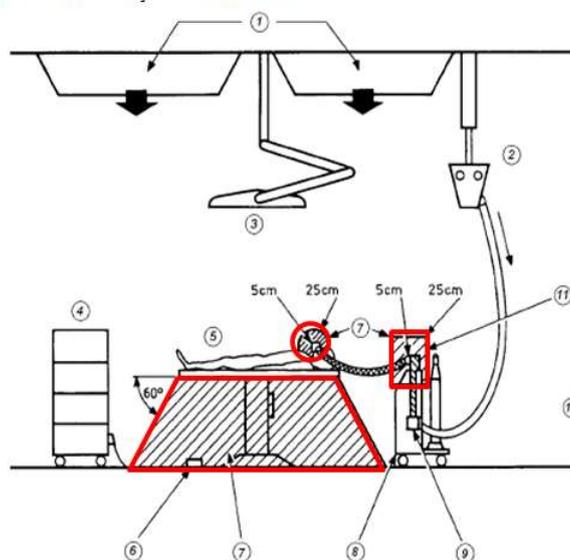
Fonte: ABB

- Zona de Risco

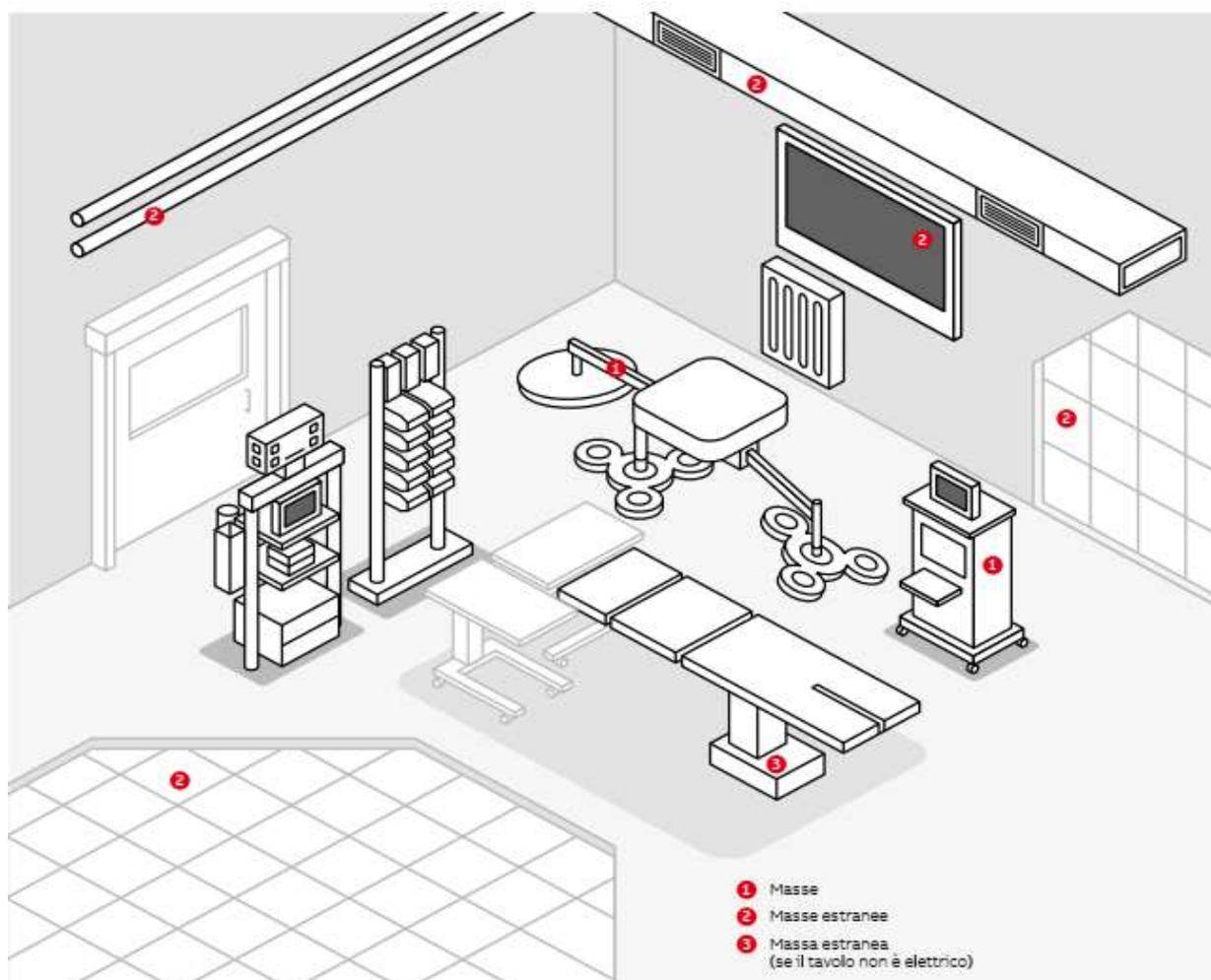
Volume no qual são suscetíveis de estar presentes, de forma

temporária ou contínua, quantidades, ainda que fracas, de misturas explosivas (RTIEBT).

RTIEBT Parte 8 Secção 801 Anexo V



- 1 — Insuflação de ar.
- 2 — Suspensão com alimentação eléctrica, distribuição de gases, de vácuo e de aspiração, para os aparelhos de electromedicina.
- 3 — Iluminação operatória.
- 4 — Aparelho de electromedicina.
- 5 — Mesa de operação ou suporte do doente.
- 6 — Pedal.
- 7 — Zona de risco.
- 8 — Aparelho de anestesia.
- 9 — Sistema de extração dos gases de anestesia.
- 10 — Extração.
- 11 — Parte não protegida e susceptível de ser deteriorada.



- 1 Masse
- 2 Masse estranee
- 3 Massa estranea (se il tavolo non è elettrico)

Massas - 1 e elementos condutores estranhos à instalação - 2 e 3 – ABB

- Grupo 0

Local médico onde não se utilizam partes aplicadas (EN 60 364-7-710).

- Grupo 1

Local médico onde se utilizam partes aplicadas nas seguintes condições:

- Externamente
- Invasivas de qualquer parte do corpo, exceto para procedimentos intracardíacos (EN 60 364-7-710).

- Grupo 2

Local médico onde são utilizadas partes aplicadas em aplicações tais como procedimentos intracardíacos, teatros operatórios e tratamento vital em que a descontinuidade (falha) da alimentação pode causar perigo de vida (EN 60 364-7-710).

- Perigo de Inflamação e Incêndio

Os aspetos técnicos e de segurança contra incêndios são tratados no Regulamento de Segurança Contra Incêndio em Edifícios de Tipo Hospitalar anexo ao Decreto-Lei nº 409/98 de 23 de Dezembro.

Em ambiente hospitalar há possibilidade de incêndio e risco de explosão devido à existência de anestésicos, produtos de desinfecção ou agentes de limpeza (RTIEBT Parte 8 Secção 801 Anexo I)



- Incêndio no Bloco Operatório

Vários eventos adversos:

- Filtros (combustível)
- O₂ (comburente)
- Equipamento eletrocirúrgico (energia de ativação)



Nas zonas de risco das salas de operações, salas de anestesia anexas e salas de cateterismo cardíaco, os equipamentos devem ser do tipo AP ou APG definidos nas normas HD 395.1 E IEC 60601-1.

Categoria AP – característica de um equipamento de EM ou de parte de um equipamento de EM em conformidade com os requisitos específicos sobre construção, marcação e documentação a fim de evitar fontes de ignição numa mistura anestésica inflamável com o ar



Categoria APG – característica de um equipamento de EM ou de parte de um equipamento de EM em conformidade com os requisitos específicos sobre construção, marcação e documentação a fim de evitar fontes de ignição numa mistura anestésica inflamável com o oxigénio ou o protóxido de azoto (óxido nitroso)



A instalação elétrica nas zonas de risco é considerada como sendo uma instalação sujeita a riscos de explosão (BE3), pelo que deve ser realizada de acordo com as respetivas regras indicadas na secção 801.1.2.

Nas zonas de risco é proibida a instalação de tomadas exceto se estas forem munidas de dispositivos que evitem os riscos devidos às faíscas.

O revestimento dos pavimentos dos locais com zonas de risco deve ter, durante toda a sua vida útil, um valor de resistência compreendido entre 50 kΩ e 100 MΩ.

ii. Proteção Contra As Perturbações Eletromagnéticas

Nos locais de uso médico em que o funcionamento dos equipamentos de electromedicina possa ser perturbado por radiações eletromagnéticas devem ser tomadas as medidas seguintes:

- As paredes, os tetos e os pavimentos devem ser dotados de blindagens apropriadas;
- As canalizações elétricas que penetrem nesses locais devem ter uma bainha metálica ligada à terra;
- Os cabos e os outros elementos de aquecimento não devem ser instalados nos elementos da construção (embebidos ou à vista) dos locais onde sejam efetuadas medições dos potenciais bioelétricos;
- Os invólucros metálicos dos aparelhos fixos das classes de isolamento II ou III devem ser ligados ao terminal de equipotencialidade do local (vejam-se as secções 2 e 5.4 do Anexo III).



iii. Iluminação de Segurança

Nos edifícios do tipo hospitalar deve existir iluminação de segurança nos locais seguintes:

- quartos de dormir, dormitórios, enfermarias e dependências análogas;
- outros locais franqueados ao público;
- salas de operações, salas de anestesia, salas de cateterismo cardíaco e outros locais em que a falta de iluminação possa acarretar perigo para a vida dos doentes;
- circulações de acesso aos locais indicados nas alíneas anteriores;
- caminhos de evacuação (ou de fuga) para o exterior;
- dependências onde existam infra-estruturas técnicas imprescindíveis ao funcionamento do estabelecimento do tipo hospitalar.

Para além das Regras Técnicas, as instalações de iluminação de segurança devem ainda satisfazer às normas que lhes sejam aplicáveis.

- A norma europeia aplicável à instalação de iluminação de segurança é a EN 1838: 2013 – Aplicações de iluminação – Iluminação de segurança.
- Luminárias de segurança de acordo com a norma IEC EN 60 598-2-22
- Pictogramas de sinalização de acordo com a norma ISO 7010
- Sistemas centrais de segurança segundo a norma EN 50 171

A iluminação de segurança deve permitir, em caso de avaria da iluminação normal, a evacuação segura e fácil do público para o exterior e a execução das manobras respeitantes à segurança e à intervenção dos socorros, e inclui:

- A iluminação de circulação (evacuação);
- A iluminação de ambiente (antipânico).

A iluminação de circulação é obrigatória:

- Nos locais onde possam permanecer mais do que 50 pessoas;
- Nos corredores e nos caminhos de evacuação.

Nos casos indicados na alínea b), a distância entre aparelhos de iluminação consecutivos não deve ser superior a 15 m.

A iluminação de ambiente é obrigatória para os locais onde possam permanecer mais do que:

- a) 100 pessoas, acima do solo (rés do chão e pisos superiores);
- b) 50 pessoas, no subsolo.

A iluminação de ambiente, que deve ser o mais uniforme possível sobre toda a superfície do local, deve garantir, por cada metro quadrado dessa superfície, um fluxo luminoso não inferior a 5 lm por forma a permitir uma boa visibilidade. Para este efeito, deve ser verificada a condição seguinte:

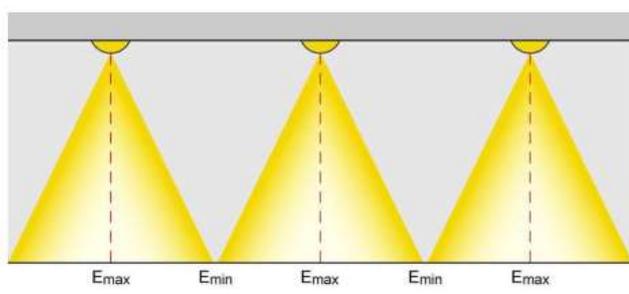
$$e \leq 4h$$

em que:

e: distância entre dois aparelhos de iluminação consecutivos;

h : é a altura de colocação dos aparelhos de iluminação.

Quando, na iluminação de segurança, forem utilizados aparelhos de iluminação do tipo blocos autónomos o seu fluxo luminoso estipulado não deve ser inferior a 60 lm.



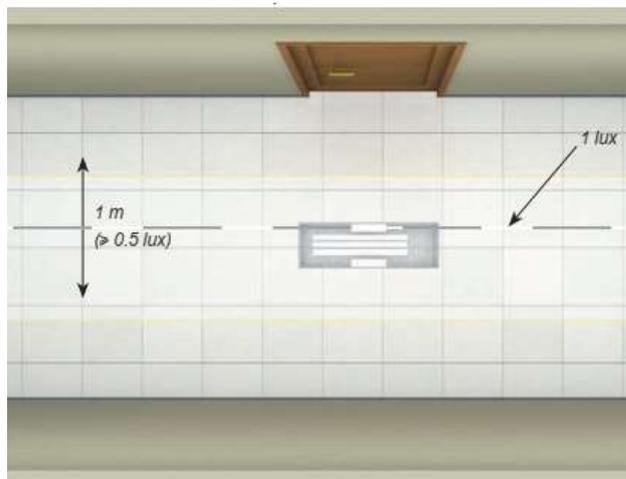
Os aparelhos de iluminação instalados nas zonas de circulação não devem constituir um obstáculo à circulação – RTIEBT.

Esta regra considera-se satisfeita se os aparelhos de iluminação forem instalados por forma a que:

- a) a sua parte inferior se situe a uma altura não inferior a 2,25 m acima do piso;
- b) não fiquem salientes na zona livre de passagem, quando instalados a uma altura inferior a 2,25 m.

Aplica-se aos aparelhos fixos e aos aparelhos dotados de um dispositivo que permita a sua deslocação.

As armaduras devem ser instaladas a pelo menos 2 m do chão – EN 1838:2013, parágrafo 4.1

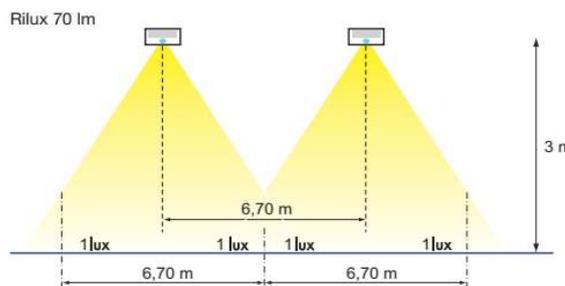


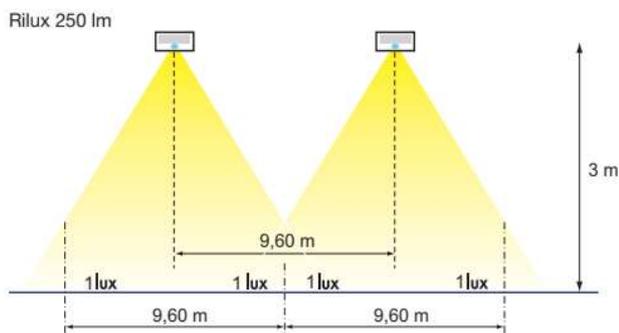
Exemplo de iluminação ao nível do solo nos trajetos de evacuação (Schneider)

Segundo a EN 1838:2013, parágrafo 4.2 é necessário garantir na linha média dos trajetos de evacuação um valor mínimo de iluminância de 1 lux.



Luminárias do tipo bloco autónomo (Schneider)



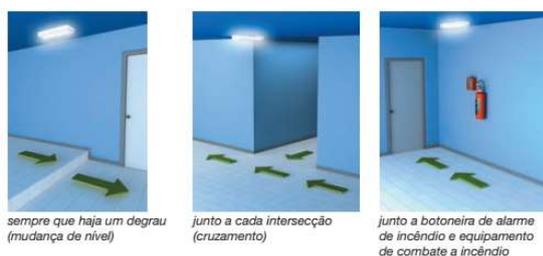


Na iluminação de segurança devem ser utilizados aparelhos de iluminação fixos e, em regra, instalados fora do alcance do público, não devendo provocar encandeamento diretamente ou através da luz refletida.

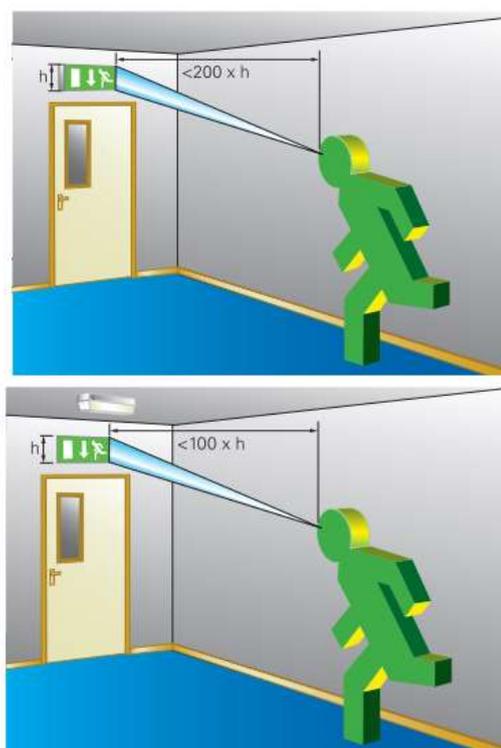


Iluminação nas áreas antipânico (Schneider)

De acordo com a EN 1838:2013 4.3, nas áreas antipânico é necessário garantir ao nível do solo uma iluminância mínima de 0,5 lux.



Sinalização dos trajetos de evacuação, obstáculos, material de combate a incêndios, postos médicos, quadros elétricos e saídas (Schneider)



Distâncias máximas de visão – EN 1838:2013

O tipo de iluminação de segurança, B ou D, dependerá da categoria do estabelecimento.

iv. Iluminação de vigília

Os quartos, os dormitórios, as enfermarias, os corredores de internamento e as dependências análogas devem ser dotados de iluminação de vigília, que deve permanecer acesa durante toda a noite, se aqueles estiverem ocupados.

A iluminação de vigília no interior dos quartos e das enfermarias deve ter comando local.

A iluminação de vigília pode ser dispensada sempre que a iluminação de segurança esteja ligada permanentemente durante os períodos de tempo em que a iluminação natural seja insuficiente.

Dados luminotécnicos extraídos da norma EN 12464-1 Luz e Iluminação – Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior

Locais de Assistência Médica

Local	$E_{m,r}$	$E_{m,u}$	U_0	R_a	R_{ugl}
Salas de espera	200	300	0,40	80	22
Corredores – dia	100	200	0,40	80	22
Corredores – noite	50		0,40	80	22
Salas de dia	200	500	0,60	80	22
Escritórios – funcionários	500	1 000	0,60	80	19
Salas – funcionários	300	750	0,60	80	19
Iluminação geral – maternidades – vigilantes	100	200	0,40	80	19
Iluminação de leitura – maternidades	300	750	0,70	80	19
Exame e tratamento	1 000	1 500	0,70	90	19
Iluminação noturna, iluminação de observação - maternidades	5			80	
Quartos de banho para pacientes	200	300	0,40	90	22
Salas de partos – iluminação geral	300	500	0,60	90	19
Iluminação geral – salas de exame (geral)	500	750	0,60	90	19
Diálise	500	750	0,60	80	19
Dermatologia	500	750	0,60	90	19
Endoscopia	300	500	0,60	80	19
Gessos	500	750	0,60	80	19
Banhos medicinais	300	500	0,60	80	19
Massagens e radioterapia	300	500	0,60	80	19
Salas pré-operatórias e de recobro	500	750	0,60	90	19
Bloco operatório	1 000	1 500	0,60	90	19
Cavidade cirúrgica	> 5 000			90	
UCI – iluminação geral	100	150	0,60	90	19
UCI – exames simples	300	500	0,60	90	19
UCI – exame e tratamento	1 000	1 500	0,70	90	19
UCI – vigilância noturna	20			90	19
Laboratórios e farmácias – iluminação geral	500	750	0,60	80	19
Laboratórios e farmácias – inspeção de cores	1 000	1 500	0,70	90	19
Esterilização	300	500	0,60	80	22
Desinfecção	300	500	0,60	80	22
Salas de autópsia – iluminação geral	500	750	0,60	90	19
Mesas de autópsia e dissecação	5 000	7 500	0,70	90	

$E_{m,r}$ $E_{m,u}$ - iluminâncias mantidas, mínima e máxima, em lux
 R_a – índice de restituição das cores

U_0 – uniformidade mínima de iluminância
 R_{ugl} – índice limite de ofuscamento unificado

v. Tomadas em locais destinados a crianças ou a diminuídos mentais

Nos edifícios do tipo hospitalar destinados a crianças ou a diminuídos mentais, os circuitos de alimentação das tomadas devem ser:

- distintos dos destinados a outros fins;
- protegidos por dispositivos diferenciais de alta sensibilidade;
- conservados desligados quando desnecessários.

Nota: recomenda-se que, sempre que possível, as tomadas instaladas em locais destinados a crianças (menos de dez anos de idade) ou a diminuídos mentais sejam colocadas a uma altura não inferior a 1,60 m acima do piso.

vi. Proteção contra contactos directos

Utilização de sistemas de tensão nominal não superior a 50 V, em CA, – sistemas TRS e TRP (proteção contra contactos directos e indirectos)

Medida ativa: utilização de aparelhagem sensível à corrente residual-diferencial de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$)

Transformador de segurança que satisfaça a norma EN 61558-2-6

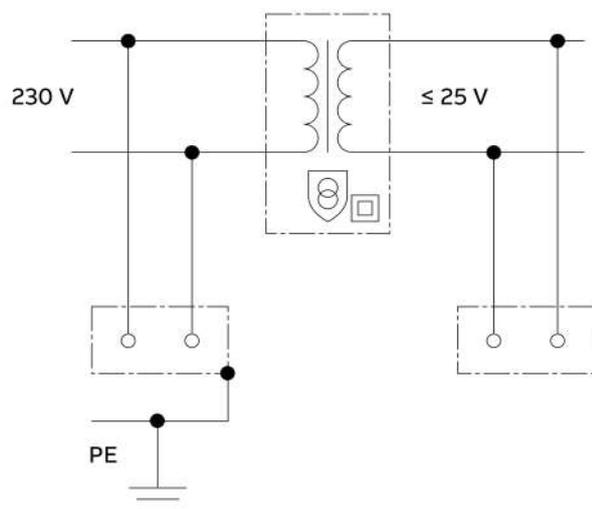
Fonte de corrente que garanta um grau de segurança equivalente ao de um transformador de segurança (motor-gerador cujos enrolamentos apresentem uma separação equivalente)

Uma fonte eletroquímica (pilhas ou acumuladores) ou qualquer outra fonte que não dependa de circuitos com tensão mais elevada (grupo gerador acionado por motor de combustão)

Dispositivos eletrónicos em relação aos quais tenham sido tomadas medidas para garantir que, mesmo em caso de defeito interno, a tensão aos terminais de saída não possa ser superior aos limites indicados, i.e., 50 V CA, 120 V CC.

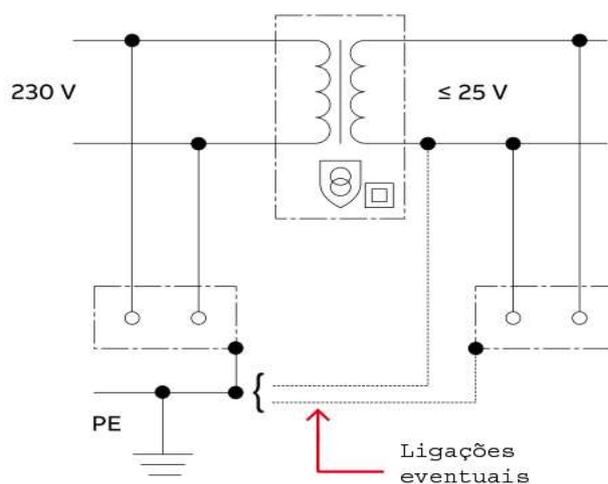
Fontes móveis, tais como transformadores de segurança ou grupos motor-gerador, seleccionadas ou instaladas de acordo com as regras inerentes à medida de proteção por utilização de equipamentos da classe II ou por isolamento equivalente.

Sistema SELV



SELV – TRS

Sistema PELV



PELV – TRP

	Local de uso médico	Medida				
		P3	P4	P5	P6	P7
1.	Sala de reanimação		A			A
2.	Sala de banho assistido		A			A
3.	Sala de partos		A	A		A
4.	Sala de partos distócitos	O	A	O		
5.	Sala de EEG, ECG e EMG		A			A
6.	Sala de endoscopia		A	A		A
7.	Sala de exames ou de tratamentos		A			A
8.	Sala de trabalho de enfermagem		A			A
9.	Sala de esterilização		A			A
10.	Sala de urologia		A			A
11.	Sala de radiodiagnóstico		A			A
12.	Sala de radioterapia		A			
13.	Sala de hidroterapia		A		A	A
14.	Sala de electroterapia		A			A
15.	Sala de anestesia		A	A		A
16.	Sala de operações	O	A	O		A
17.	Sala de gessos		A			A
18.	Sala de recobro		A	A		A
19.	Sala de operações da cirurgia do ambulatório	O	A	O		A
20.	Sala de pequena cirurgia		A	A		A
21.	Sala de cateterismo cardíaco (procedimento intracardiaco)	O	A	O		A
22.	Sala de cuidados intensivos	O	A	O		A
23.	Sala de angiografia	O	A	O		A
24.	Sala de hemodiálise		A	A		A
25.	Sala de tomografia axial (TAC)	C	A	C		A
26.	Sala de ressonância magnética	C	A	C		A

Legenda:

A - Esta medida pode ser aplicada neste local;

O - Esta medida é obrigatória neste local;

C - Esta medida é obrigatória neste local, se houver procedimento intracardiaco.

Tipo de proteção	Regras	Outras características	Medida
Protecção por corte automático da alimentação	Esquema TN-C proibido. Tensão limite de segurança $U_L = 25 \text{ V}$		P1
Ligação equipotencial suplementar	Em todos os locais de uso médico com riscos particulares deve ser realizada uma ligação equipotencial suplementar, com condutores isolados	Valor medido da resistência $\leq 0,1 \Omega$	P2
Limitação da tensão de contacto	Nos locais em que sejam utilizados equipamentos para procedimentos intracardiacos devem ser adoptadas medidas para limitar a 50 mV a tensão de contacto susceptível de aparecer em serviço normal entre dois quaisquer elementos simultaneamente acessíveis localizados no volume afecto ao paciente – condutores de secção elevada, isolantes, interposição de juntas isolantes		P3

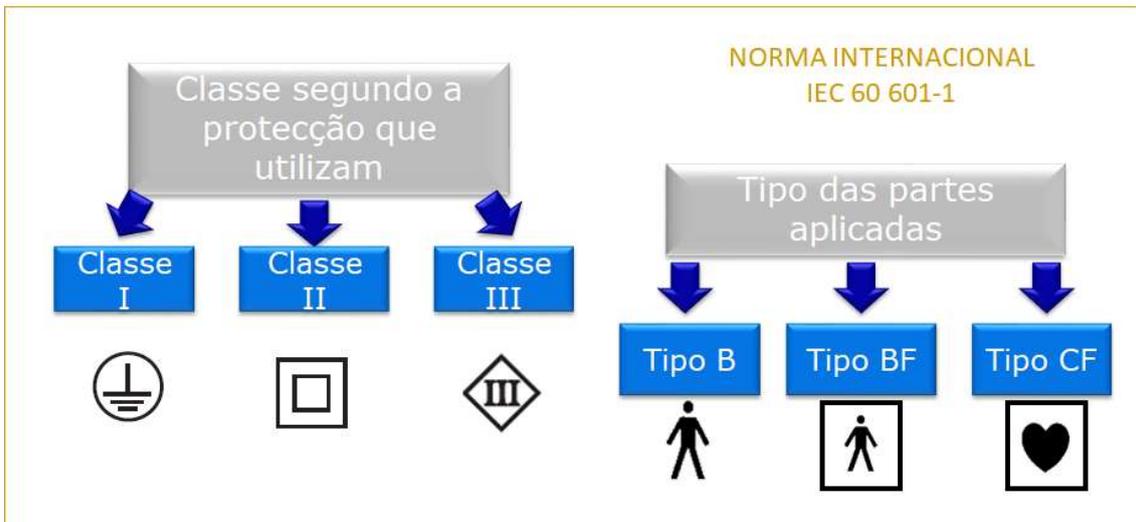
Tipo de proteção	Regras	Outras características	Medida
Dispositivos diferenciais de alta sensibilidade	Os circuitos que alimentem tomadas de corrente estipulada não superior a 32 A devem ser protegidos por dispositivos de $I_{\Delta N} \leq 30$ mA (10 mA, 30 mA)	Dispositivos dos tipos A (sensíveis à CA e contínuas pulsantes) ou B (sensíveis à CC ou praticamente contínua) e de imunidade reforçada. Proibidos nos sistemas IT médico	P4
Esquema médico IT - M	Alimentação de salas de operações, salas de anestesia anexas e salas de cateterismo cardíaco. Todos os equipamentos a utilizar em cada doente alimentados pelo mesmo transformador. Secção 801.2.4.2.2 – lista de equipamentos podendo não ser alimentados pelo IT médico. Controle permanente do isolamento por CPI – máx. 25 V CC, 1 mA. Impedância interna > 100 k Ω Indicação quando $R < 50$ k Ω (limiar de funcionamento).	Transformador de isolamento para locais médicos segundo EN 61 558-2-15 Máxima tensão do secundário 250 V. Proteção dos transformadores contra curtos-circuitos. Sobrecargas sinalizadas por meio de dispositivos monitores da intensidade de corrente e por sensores de temperatura	P5
Separação elétrica individual	Quando for utilizada a medida de proteção por separação elétrica, o transformador deve ser apropriado a este tipo de instalação e alimentar um único aparelho de utilização .	A tensão estipulada do circuito secundário do transformador não deve ser superior a 250 V	P6
Tensão reduzida de segurança médica TRS - M	Tensão máxima 25 V em CA e 60 V em CC lisa	Transformador de isolamento de segurança de acordo com EN 61 558-2-6	P7

Medidas de Proteção

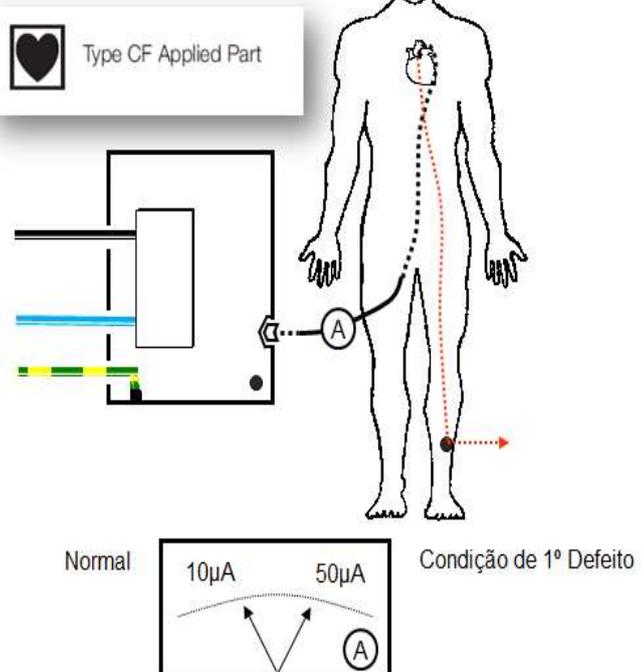
- P3 - Limitação da tensão de contacto;
- P4 - Utilização de dispositivos diferenciais de alta sensibilidade;
- P5 - Esquema IT médico;
- P6 - Separação elétrica individual;
- P7 - Tensão reduzida de segurança médica.

As medidas P1 (Proteção por corte automático da alimentação) e P2 (Ligação equipotencial suplementar) são obrigatórias em todos estes locais.

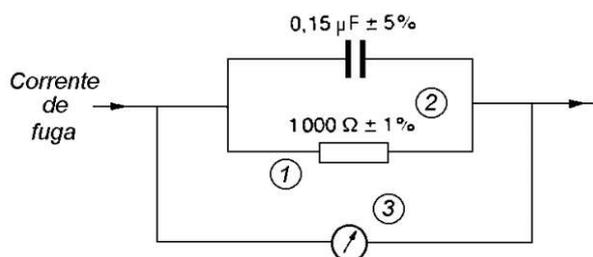
PROTECÇÃO CONFERIDA PELOS APARELHOS DE ELECTROMEDICINA



NORMA INTERNACIONAL
IEC 60 601-1

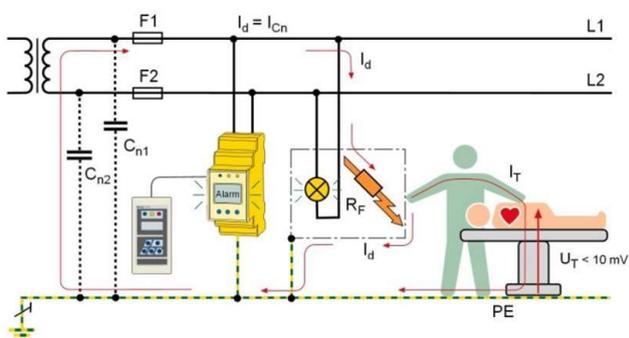


A medida de proteção P3 – limitação da tensão de contacto – estabelece como valor máximo admissível uma tensão de 50 mV, o que, de acordo com o modelo do corpo humano, da norma EN 60364-7-710 ou das Regras Técnicas,



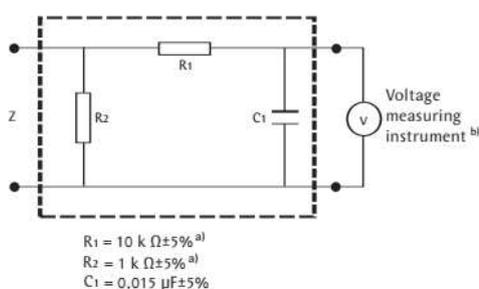
- 1 — Resistência de medição (não indutiva).
- 2 — Impedância de medição.
- 3 — Aparelho de medição.

corresponde a circular uma corrente de 50 μA pelo paciente. Para uma parte aplicada do tipo CF (procedimento intracardiaco), esse valor de corrente configura uma condição de primeiro defeito CPD. O valor universalmente aceite de segurança é de 10 μA.



Fonte: Bender AG

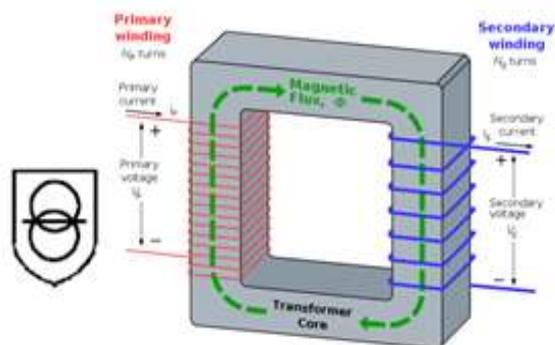
Limitação da tensão de contacto



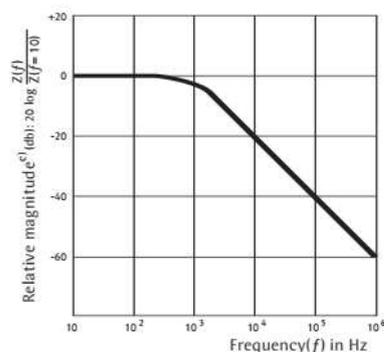
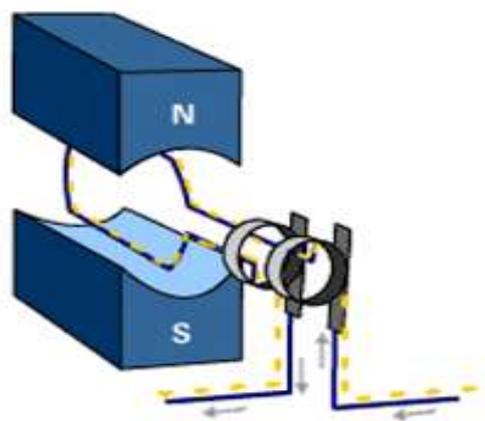
Rede equivalente do modelo elétrico do corpo humano de acordo com a EN 60 601-1, anexo B, para medição da tensão de contacto, e resposta em frequência (frequência de corte aos 1 000 Hz e declive de -20 dB por década).

Sistema TRS-M

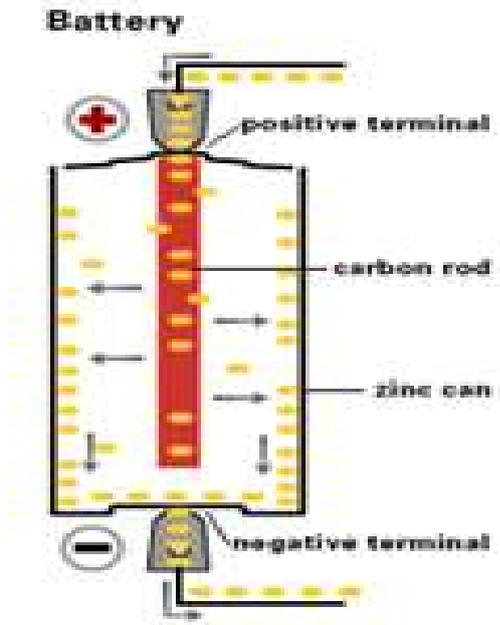
As tensões máximas do sistema são 25 V em CA e 60 V em CC lisa. Transformador de segurança que satisfaça a norma EN 61 558-2-6.



Fonte de corrente que garanta um grau de segurança equivalente ao de um transformador de segurança (motor-generador cujos enrolamentos apresentem uma separação equivalente).



Uma fonte eletroquímica (pilhas ou acumuladores) ou qualquer outra fonte que não dependa de circuitos com tensão mais elevada (grupo gerador acionado por motor de combustão).



Pontos principais da Norma Internacional Para Locais de Uso Médico: IEC EN 60364-7-710

- Classificação Dos Locais Médicos
- Fontes De Alimentação Normal
- Sistema IT Nos Locais do Grupo 2
- Centrais De Emergência Com Comutação Automática
- Localização De Defeitos De Isolamento Em Sistemas IT-M

CEI 60 364-7-710: Instalações Eléctricas em locais de uso médico, de modo a garantir a segurança dos pacientes e pessoal clínico.

NOTA :

Devem ser tomados cuidados especiais no caso de procedimentos intracardiácos serem realizados nas instalações existentes.

A classificação de um local médico deve ser feita de acordo com o:

- corpo médico
- respetivo organismo de saúde
- órgão responsável pela segurança dos trabalhadores, em conformidade com as regulamentações nacionais.

É necessário que a equipa médica indique o tipo de procedimentos clínicos que terão lugar no local.

Com base na finalidade do local, assim será atribuída a classificação correspondente.

NOTA:

A classificação de um local médico deve estar relacionada com o tipo de contacto entre as peças aplicadas e o paciente, bem como a finalidade para a qual o local é destinado.

Instalações Eléctricas Para Garantirem a Segurança

Locais do Grupo 0



Fonte: Bender AG

Características:

- Corte da alimentação na situação de primeiro defeito entre elementos condutores ou à terra.
- Falha da fonte de alimentação normal

Exame e tratamento

A interrupção/repetição pode ser tolerada

Sem aplicação de partes

Exemplos:

- Locais de consulta,
- Corredores

Medidas de proteção

- De acordo com a CEI 60364-4-410
- Proteção adicional por equipotencialidade
- Fonte de alimentação de iluminação de segurança

Locais do Grupo 1

Fonte: Bender AG

Características

- Desconexão no caso de um único defeito entre elementos condutores ou à terra.
- Falha da fonte de alimentação normal

Exame e tratamento

A interrupção/repetição pode ser tolerada

Aplicação de partes

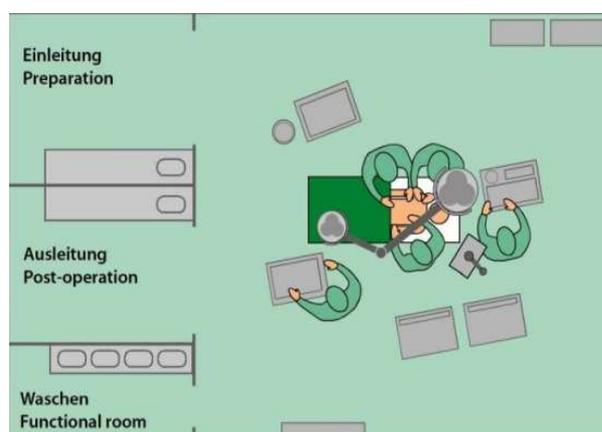
- Usadas externamente
- Invasivas de qualquer parte do corpo (exceto na zona cardíaca)

Exemplos:

- Salas de fisioterapia ou hidroterapia
- Locais de diálise

Medidas de proteção

- Duplo isolamento
- Tensão reduzida de segurança – TRS
- Tensão reduzida de proteção – TRP
- DDRs em sistemas TN-S e TT
- Sistema IT-M com monitorização de isolamento
- Proteção Suplementar: Ligações equipotenciais
- Sistema de iluminação de segurança

Locais do Grupo 2**Características**

Sem desconexão

- 1 - No caso de um primeiro defeito entre elementos condutores ou à terra
- 2 - No caso de falha da fonte de alimentação normal

Exame e tratamento

- Sem interrupção ou repetição

Partes aplicadas

- Para procedimentos intracardíacos
- Para tratamento vital

Exemplos:

- Teatros operatórios (preparação, grande cirurgia, tratamento pós-operatório)
- Unidades de Cuidados Intensivos
- Locais de aplicação de cateteres cardíacos

Medidas de proteção

- Duplo isolamento
- Tensão reduzida de segurança – TRS
- Tensão reduzida de proteção – TRP
- DDRs (não utilizados para alimentação de equipamentos vitais)
- Sistema IT-M com dispositivo de monitorização de isolamento para circuitos de alimentação de equipamentos vitais

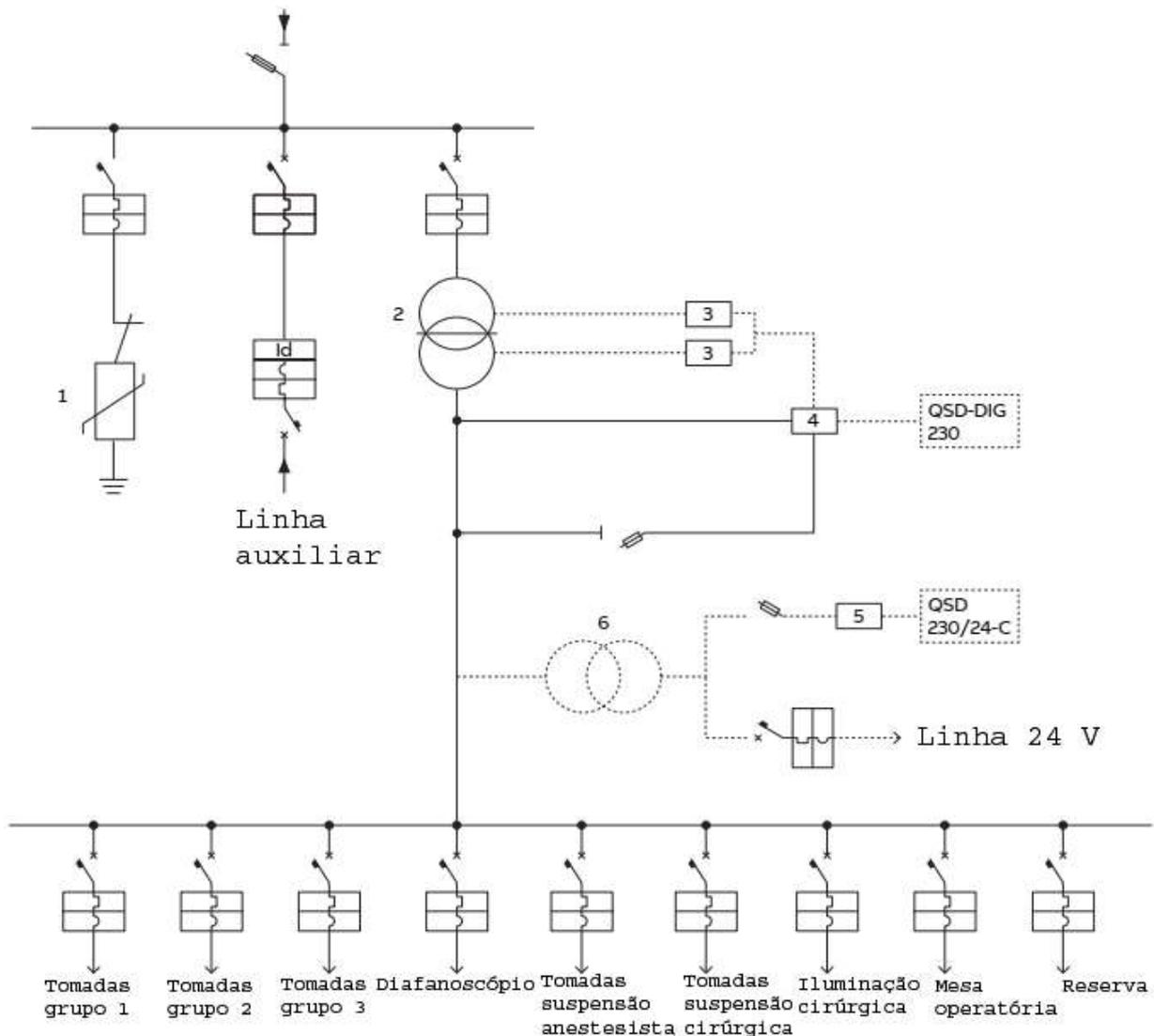
Proteção suplementar

- Ligações equipotenciais
- Alimentação de segurança:

- Iluminação de segurança e alimentação de segurança de tomadas, aparelhos, motores e similares.
- Alimentação especial de segurança para iluminação de mesas de bancos operatórios e alimentação de dispositivos vitais, se necessário

No exemplo que se segue:

- 1 – Descarregador de sobretensões
- 2 – Transformador de isolamento para locais médicos
- 3 – Sonda de temperatura PT100
- 4 – CPI da rede de 230 V
- 5 – CPI da rede de 24 V
- 6 – Transformador 230/24 V – 1 kVA



Instalação elétrica de bloco operatório – solução ABB



GK Engineering

Sistemas TN-S e TT em locais médicos

Em circuitos finais do Grupo 1 até 32 A devem ser utilizados DDRs ≤ 30 mA (proteção adicional).

Devem ser tomadas precauções para garantir que a utilização simultânea de vários equipamentos ligados ao mesmo circuito não cause disparo intempestivo do dispositivo de proteção diferencial-residual (DDR).

Em locais médicos dos Grupos 1 e 2, onde sejam utilizados DDRs, devem ser utilizados apenas os do TIPO A ou B, dependendo do tipo de corrente de defeito resultante.

	DDR do tipo AC, sensível a correntes alternadas
	DDR do tipo A, sensível à CA e correntes contínuas pulsantes
	DDR do tipo B, sensível a CC constantes ou praticamente constantes (lisas)
	Instantâneo ou de uso geral G
	Tipo S ou selectivo, com atraso
	Imunidade garantida contra actuação incorrecta devido a transitórios (até um certo nível)

Tipos dos aparelhos sensíveis à corrente diferencial-residual

Instalações Elétricas em Locais do Grupo 2

Os quadros elétricos devem ser instalados na proximidade imediata dos locais do grupo 2 e ser claramente identificáveis.

Deverá haver quadros distintos para a alimentação normal e para a alimentação de emergência. Devem ser instalados preferencialmente fora dos locais médicos e ser eficazmente vedados ao pessoal não-autorizado.

Nota: um quadro de distribuição para um local médico é um quadro que preenche todas as funções de alimentação para a área médica que lhe é reservada e em que o abaixamento de tensão é monitorizado para provocar a entrada em serviço do sistema de segurança, se necessário.

Em locais médicos do Grupo 2, a proteção por corte automático da alimentação por meio de DDRs ≤ 30 mA deve ser utilizada apenas nos circuitos seguintes:

- Circuitos de alimentação de mesas operatórias
- Circuitos de unidades de Raios X
- Circuitos para equipamentos com potência nominal ≥ 5 kVA
- Circuitos para equipamento elétrico não-crítico (não-vital)

Em locais médicos do grupo 2, o sistema IT médico deve ser utilizado para alimentar os seguintes circuitos:

- Equipamento de electromedicina (EM)
- Sistemas de manutenção da vida (sistemas vitais)
- Aplicações cirúrgicas
- Outro equipamento elétrico localizado no ambiente do paciente, com exclusão do equipamento enumerado no ponto anterior.

Características do sistema de proteção IT

O sistema IT é uma pequena rede local de baixo valor de capacidades de fuga.

A corrente de defeito é limitada pela impedância do corpo, a resistência da terra e a alta impedância da malha de defeito.

O risco para as pessoas e equipamento decorrentes de correntes elevadas vem reduzido.

Quanto ao perigo de inflamação, considera-se que há possibilidade de incêndio quando $P \geq 60 \text{ W}$ 260mA/230V.

Garante-se, assim, uma maior proteção das pessoas e equipamentos.

O sistema IT é alimentado por uma fonte de energia independente, por exemplo:

- Transformador de Isolamento
- Grupo Motor-Gerador
- Bateria de Acumuladores
- Inversor de uma UPS

O sistema IT não tem conexão direta entre os condutores ativos e a terra.

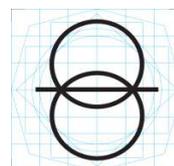
Todas as massas da instalação elétrica são ligadas à terra.

Transformador de separação (EN 61 558-1):

Transformador no qual os enrolamentos primário e secundário são galvanicamente (eletricamente) separados por pelo menos um isolamento básico ou funcional.

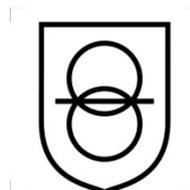
Transformador de Isolamento:

Transformador com uma separação de proteção entre os enrolamentos primário e secundário.



Transformador de Isolamento: de Segurança

Transformador de isolamento projetado para alimentar um circuito TRS ou TRP.



Transformadores de separação em que a tensão do secundário em vazio é inferior a 50 V.

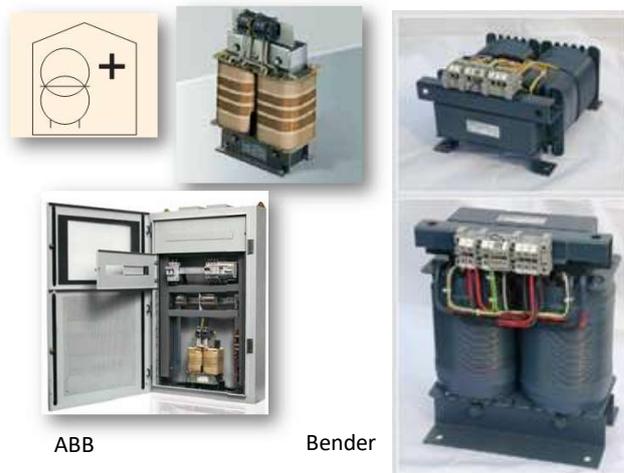
	EN61558-2-6 EN61558-2-17	Transformador de segurança sem protecção contra curtos-circuitos
	EN61558-2-6 EN61558-2-17	Transformador de segurança à prova de curtos-circuitos (por construção ou dispositivo incorporado)
	EN61558-2-15	Transformador de isolamento para alimentação de locais contendo equipamento de electromedicina

Transformadores de Isolamento

- Monofásicos e trifásicos de acordo com a CEI 61 558-2-15
- 1 – 10 kVA
- Montagem horizontal ou vertical ou instalados em invólucro
- Para cada grupo de locais destinados à mesma função, pelo menos um sistema IT.

De acordo com as RTIEBT, o sistema IT-M é implementado usando transformadores de separação, que devem satisfazer à Norma Europeia EN CEI 61 558-2-15, devem ser instalados fora dos locais por si alimentados (isto é, fora das salas de operações, das salas de anestesia anexas e das salas de cateterismo cardíaco).

Devem, no entanto, ser instalados na proximidade dos locais que alimentam. Recomenda-se uma distância de 25 m, por exemplo, entre os terminais de saída do transformador e o dispositivo alimentado. Os transformadores devem ser, preferencialmente, monofásicos com 230 V de tensão estipulada no secundário e de potência estipulada não superior a 8 kVA.

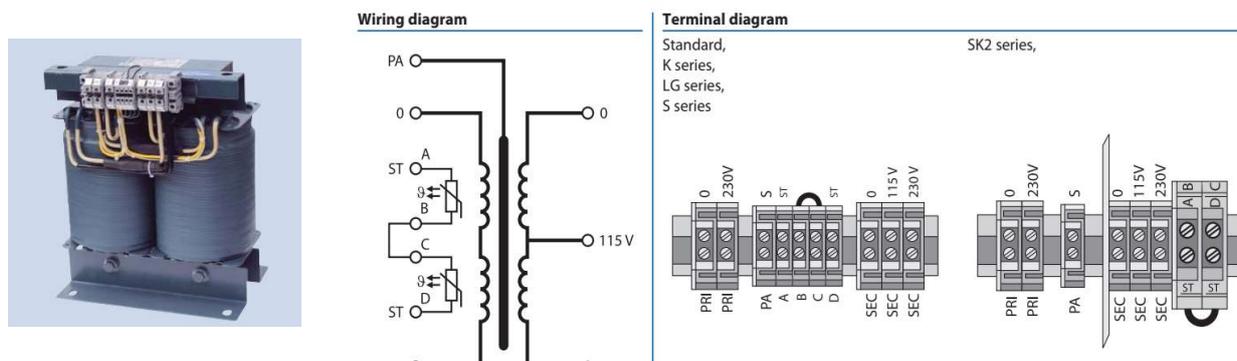


ABB

Bender



Soluções ABB para os quadros do sistema IT-M (modelos QSO)



Technical data isolating transformer ES710

Type	ES710/3150	ES710/4000	ES710/5000	ES710/6300	ES710/8000	ES710/10000
Insulation classification	t ₂ 40/B					
Degree of protection	IP 00					
Protection class	I/II*	I/II*	I/II*	I/II*	I/II*	I/II*
Power/voltage/currents						
Rated power	3150 VA	4000 VA	5000 VA	6300 VA	8000 VA	10000 VA

Transformadores monofásicos de isolamento para locais médicos, fabrico Bender

O sistema IT-M deve ser equipado com um dispositivo de monitorização de isolamento, Controlador Permanente de Isolamento (CPI), de acordo com a norma CEI 61 557-8, com os seguintes requisitos específicos:

- máx. 25 V CC
- máx 1 mA
- Impedância interna > 100 kΩ (50 – 60 Hz)
- Indicação quando a resistência de isolamento ≤ 50 kΩ (limiar de funcionamento).

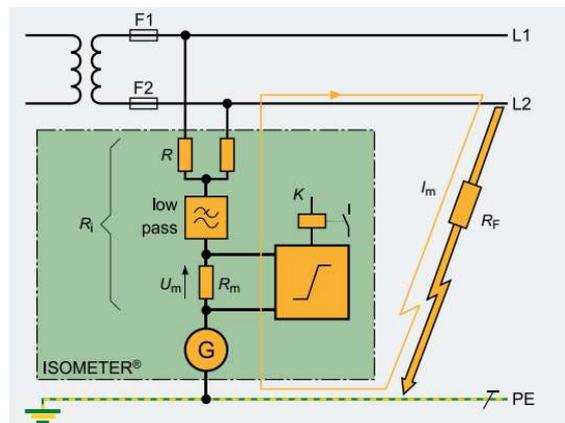
Para cada sistema IT-M deve ser disposto em local adequado um sistema de alarme sonoro e visual para que possa ser permanentemente monitorizado pela equipa médica:

- Uma lâmpada de cor VERDE para sinalizar operação normal
- Uma lâmpada de cor AMARELA ligando-se quando o valor mínimo de resistência de isolamento for atingido.
- Um alarme sonoro que soará quando o valor mínimo fixado para a resistência de isolamento for atingido.

A lâmpada amarela deve desligar-se após remoção do defeito e quando a condição normal for restaurada.

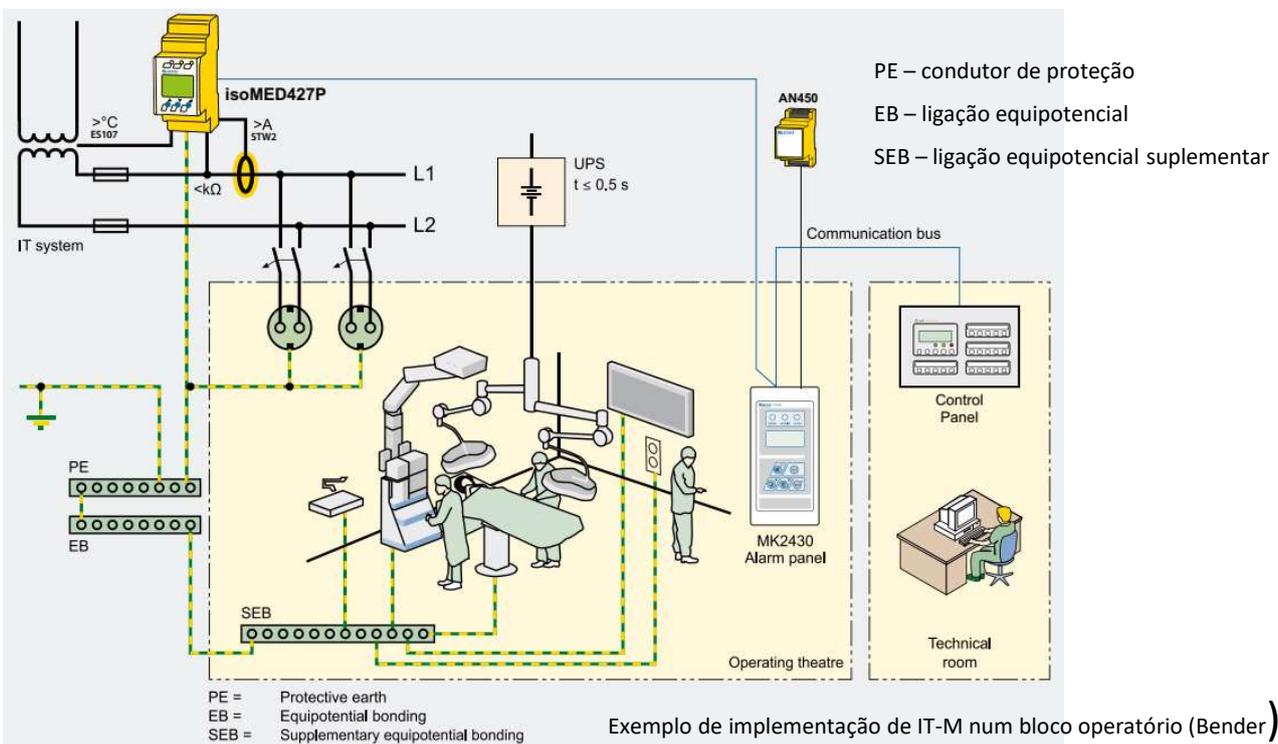
O dispositivo de monitorização de isolamento é ligado entre os condutores ativos e o condutor PE. .

Atuação do Controlador Permanente de Isolamento (CPI)



Fonte: Bender AG

Um defeito de isolamento à massa, de resistência R_F , fecha o circuito de medição. A corrente de defeito I_m provoca uma queda de tensão U_m através da resistência de medição R_m . Esta tensão é aplicada a um comparador, cuja tensão de comparação pode fazer-se variar (tensão proporcional à resistência mínima de isolamento que se fixar para o circuito). Quando U_m for maior que esta, a saída comuta e provoca a atuação de um relé que sinaliza a ocorrência de um abaixamento perigoso da resistência de isolamento da rede. O filtro passa-baixo assegura uma alta impedância aos 50 Hz.



Exemplo de implementação de IT-M num bloco operatório (Bender)

Localização do defeito

Problema:

- Em locais de cuidados intensivos estão disponíveis várias tomadas em cada cama, por vezes até 24 tomadas ou mais.
- Numa unidade de cuidados intensivos com 4 camas, por exemplo, haverá mais de 90 tomadas.
- Nas unidades de terapia intensiva geralmente não há técnicos presentes, mas somente pessoal médico.
- Se ocorrer um defeito de isolamento, caso um dispositivo médico esteja defeituoso, não se sabe a que tomada de corrente o dispositivo defeituoso se encontra ligado.
- A fim de garantir a segurança do paciente, o defeito de isolamento deve ser encontrado o mais rapidamente possível.
- É, portanto, recomendável a instalação de um sistema de localização dos defeitos de isolamento que deve obedecer à norma EN IEC 61 557-9.

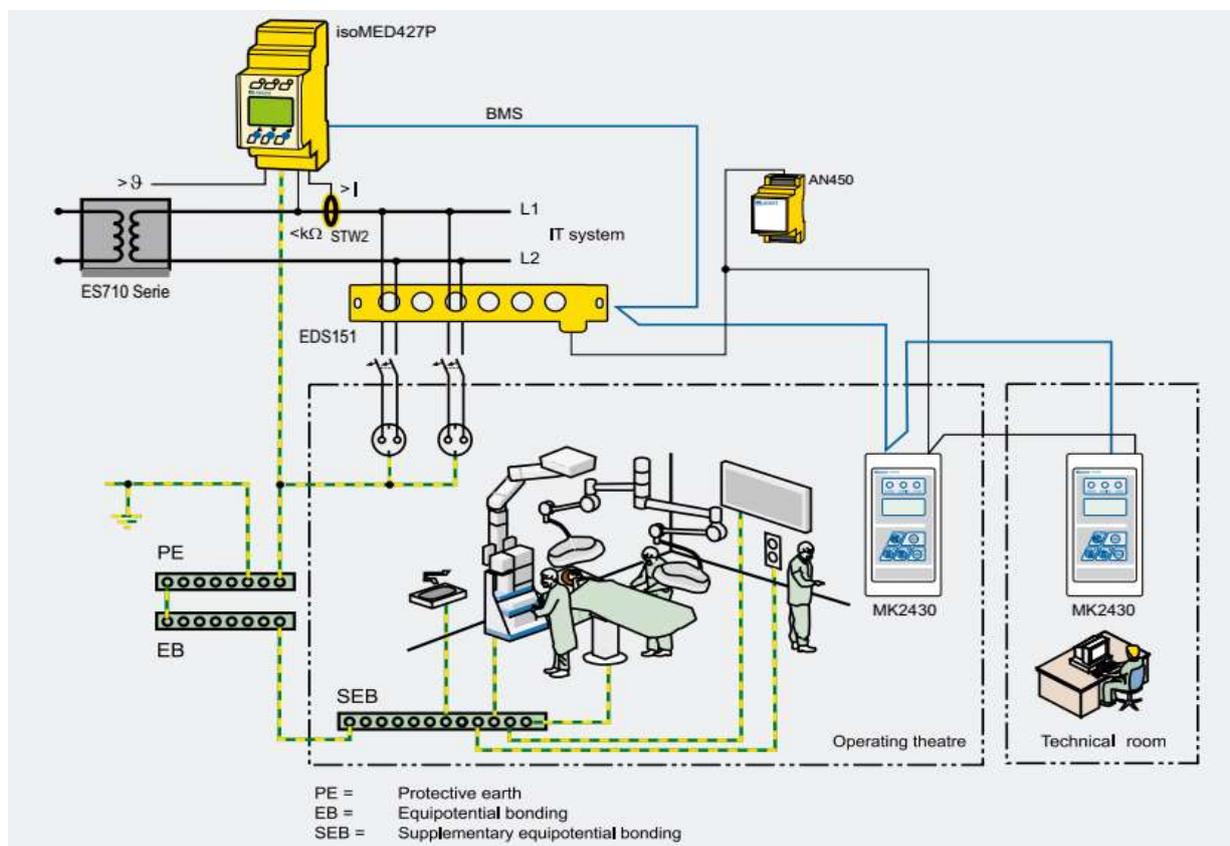
O dispositivo integra 6 transformadores de corrente com capacidade de endereçamento.



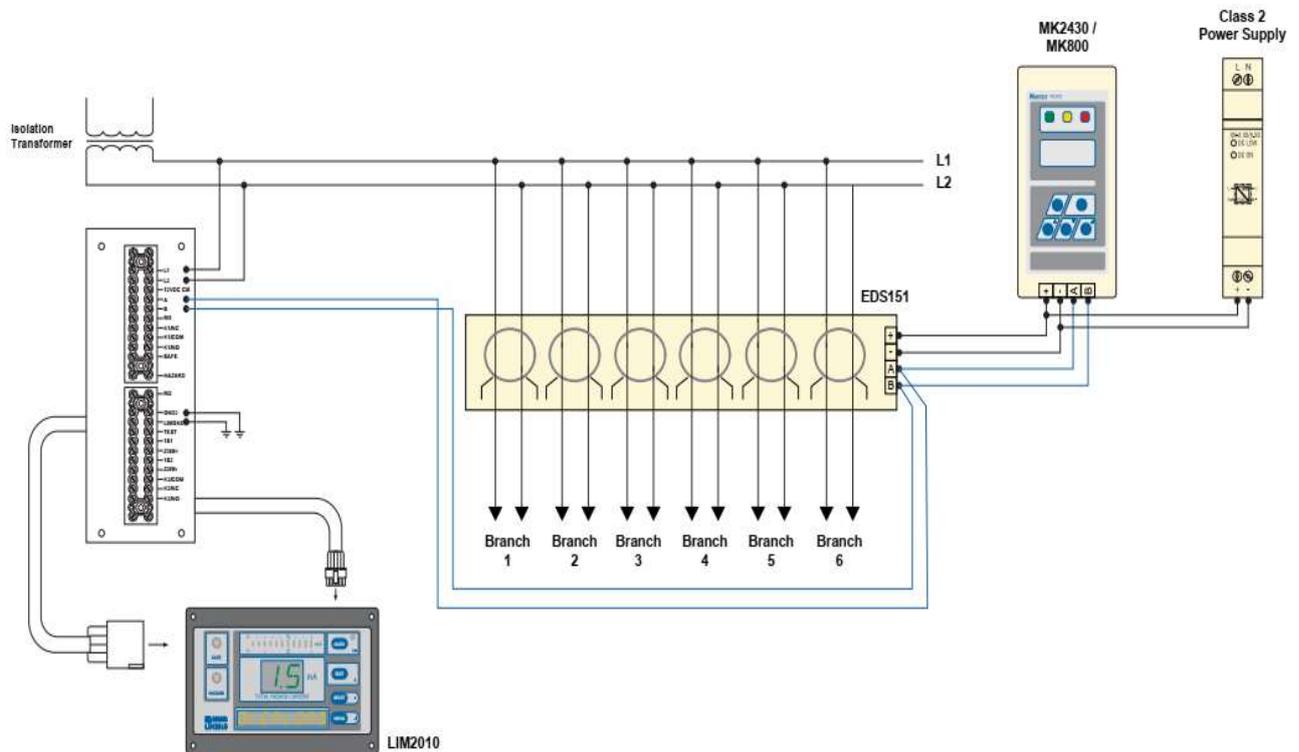
Quando o CPI deteta um defeito de isolamento, de imediato começa o processo de localização emitindo um sinal de pesquisa.

O EDS151 inicia o varrimento de todos os canais de medição de 1 a 6. Quando a resposta ao sinal excede 0,5 mA em um dos canais, o LED associado acende.

A mensagem de alarme, o endereço e o canal onde ocorreu o defeito serão enviados pelo barramento BMS. O circuito defeituoso é indicado no repetidor de alarme e no mestre do barramento BMS. Se houver mais que um EDS151, todos os dispositivos começarão a localizar ao mesmo tempo.



Sistema de localização de defeitos com o dispositivo EDS151 - Bender



Esquema de ligações do EDS151

Características:

- Localização de defeitos de isolamento nos sistemas IT em CA, CA/CC e CC
- 6 canais de medição com transformadores de corrente por dispositivo EDS151
- Podem ser combinados até 528 canais de medida através do barramento BMS no sistema IT que está sendo monitorizado: 88 ÷ 6 canais de medição
- Sensibilidade do dispositivo EDS151: 0,5 mA
- Tempo de resposta até 8 s em CA de acordo com a IEC 61557-9
- Interface RS-485 com protocolo BMS
- Gama de endereços BMS 3... 90
- Autoteste cíclico

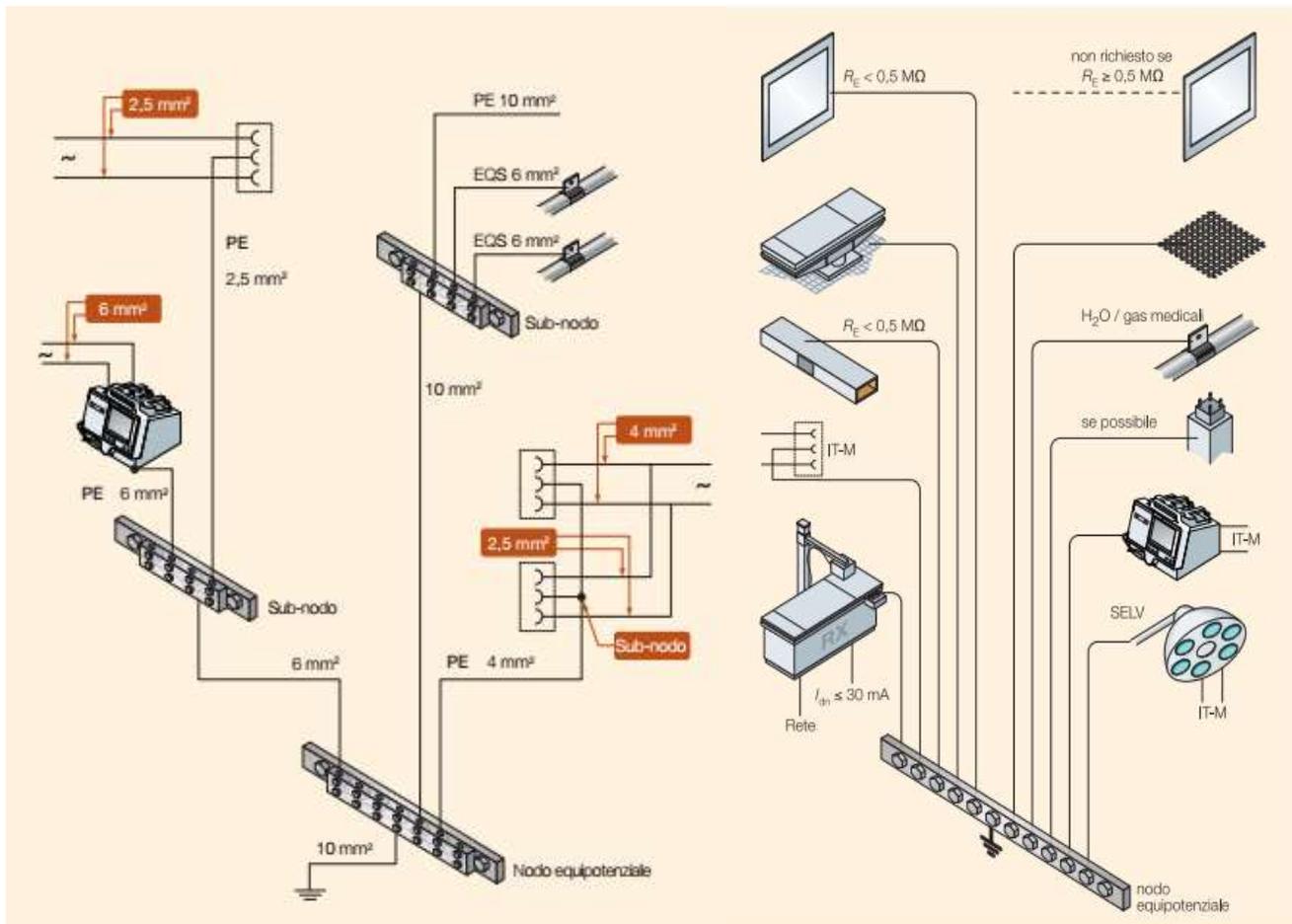
Normas

O ISOSCAN® EDS151 está em conformidade com os requisitos da norma EN IEC 61557-9.

Ligações Equipotenciais Suplementares

Em cada local médico dos Grupos 1 e 2, deverão ser instalados condutores de equipotencialização com a finalidade de anular as diferenças de potencial entre as seguintes partes localizadas no "ambiente do paciente":

- condutores de proteção
- elementos condutores estranhos à instalação
- ecrãs de proteção contra interferências eletromagnéticas
- ligação a malhas condutoras instaladas no solo
- ecrã metálico do transformador de isolamento



Secções mínimas para os condutores equipotenciais

Fonte: ABB

Alimentação de Segurança em Locais Médicos

Em locais médicos o sistema de distribuição deve ser projectado e instalado de modo a facilitar a comutação automática da alimentação entre a rede pública e o sistema de emergência de alimentação das cargas essenciais

Unidade de Cuidados Intensivos (UCI)

Requisitos da Norma 710.413.1.5

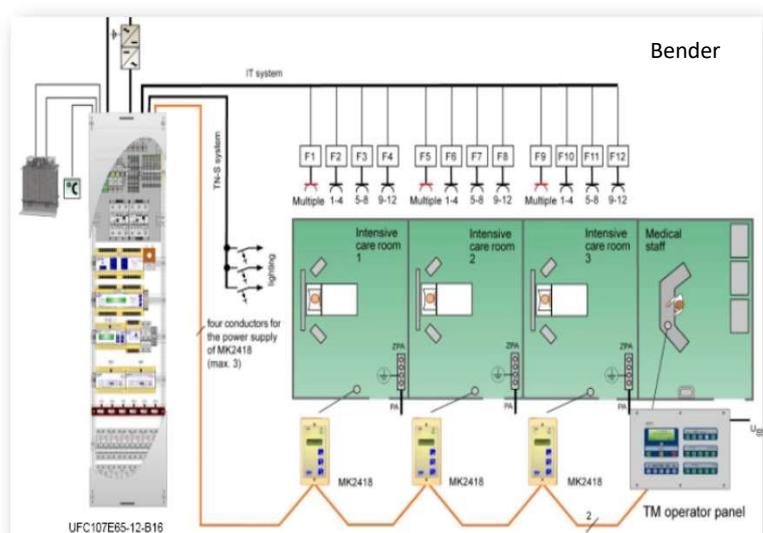
Para cada grupo de salas pelo menos 1 sistema IT-M

Exemplo de sistema para locais de 4 pacientes (Bender)

Potência necessária:

- Potência por cama 600 W: 2400 W para 4 camas

- Reserva de uma carga de potência elevada 2000 W
- Total: 4400 W para 4 camas
- Sistema IT-M: transformador de 5 kVA

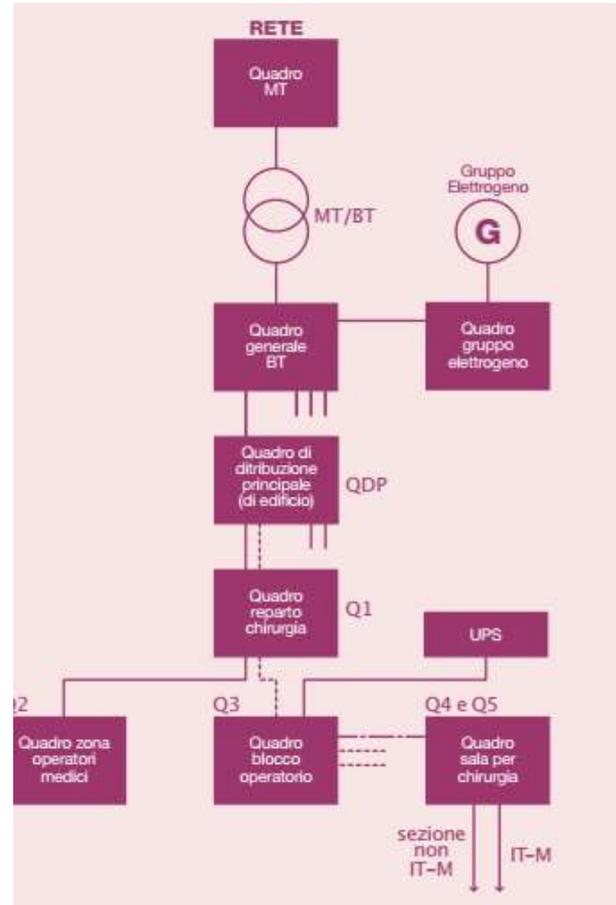


Alimentação de Socorro

A instalação de grupos eletrogêneos e fontes ininterruptíveis deve obedecer ao disposto na norma EN IEC 60 364-5-55 – Instalações Elétricas em Edifícios – Parte 5-55: Seleção e Montagem de Equipamento Elétrico – Outro Equipamento

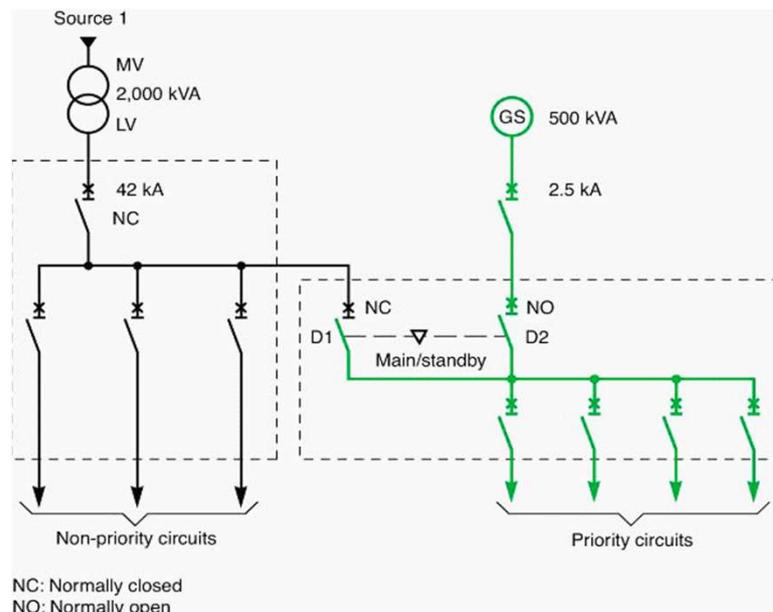
- Quando for exigida alimentação de socorro, as suas características devem permitir a alimentação de todos os equipamentos elétricos cujo funcionamento deva ser garantido.
- Quando houver falha da alimentação normal, a alimentação de socorro deve garantir a potência necessária num tempo não superior a 15 s. Para a alimentação de socorro entrar em funcionamento, é necessário garantir as operações automáticas seguintes:
 - Verificação da existência de tensão aos terminais da fonte de socorro;
 - Deslastre dos circuitos não prioritários;
 - Comutação dos circuitos prioritários para a alimentação de socorro, realizada por um dispositivo que impeça a entrada em paralelo das alimentações normal e de socorro.
- Quando a alimentação normal reaparecer, é necessário garantir as operações seguintes:
 - Verificação da existência de tensão aos terminais da alimentação normal;
 - Comutação da instalação para a alimentação normal;
 - Realimentação dos circuitos não prioritários.

Os inversores de rede a utilizar devem observar a norma EN 60 947-6-1.

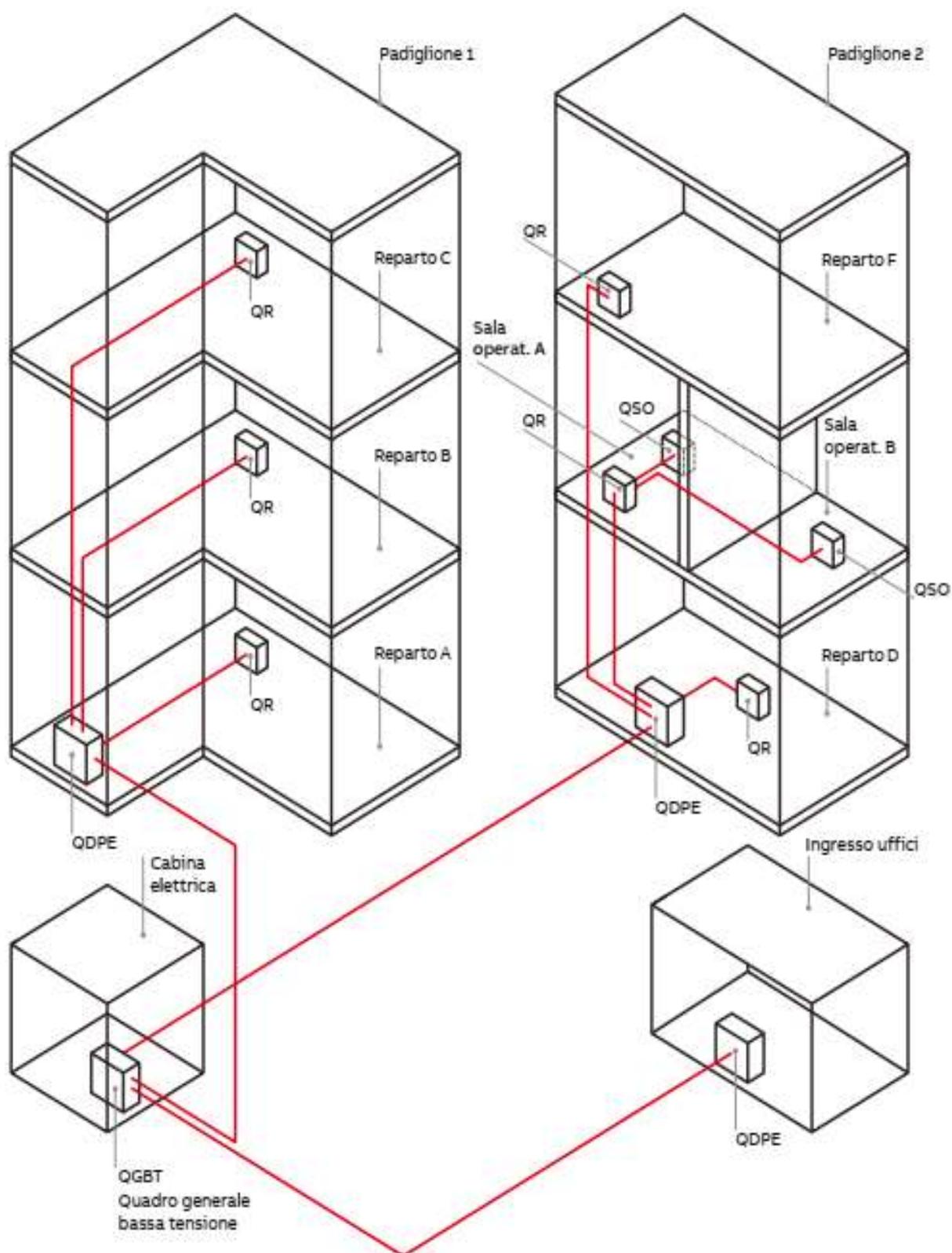


Fonte: ABB

Exemplo de estrutura radial de alimentação em edifício hospitalar



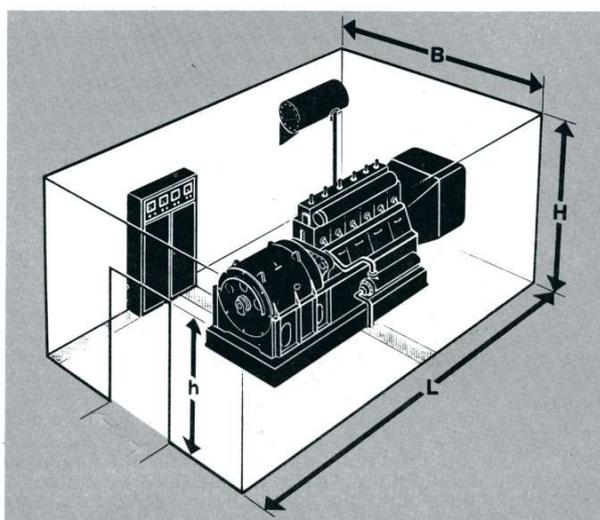
NC: Normally closed
NO: Normally open



Topologia radiale para a distribuição de energia – ABB



Grupos eletrogéneos acionados por motores Diesel



Potência do grupo	20 a 60 kVA	100 a 200 kVA	250 a 550 kVA	650 a 1500 kVA
L	5,0m	6,0m	7,0m	10,0m
B	4,0m	4,5m	5,0m	5,0m
H	3,0m	3,5m	4,0m	4,0m
b	1,5m	1,5m	2,2m	2,2m
h	2,0m	2,0m	2,0m	2,0m

Dimensões típicas para instalação dos grupos eletrogéneos

Alimentação de Segurança Médica

Em caso de falha da alimentação elétrica, a iluminação operatória deve ser alimentada por uma fonte de segurança que entre em funcionamento automaticamente num tempo não superior a 0,5 s e que tenha uma autonomia de funcionamento não inferior a 3 h.

Quando existir alimentação de socorro estabelecida nas condições indicadas na secção 1 do Anexo VI, esta autonomia pode ser reduzida para 1 h.

Classificação dos serviços de segurança necessários para os locais médicos

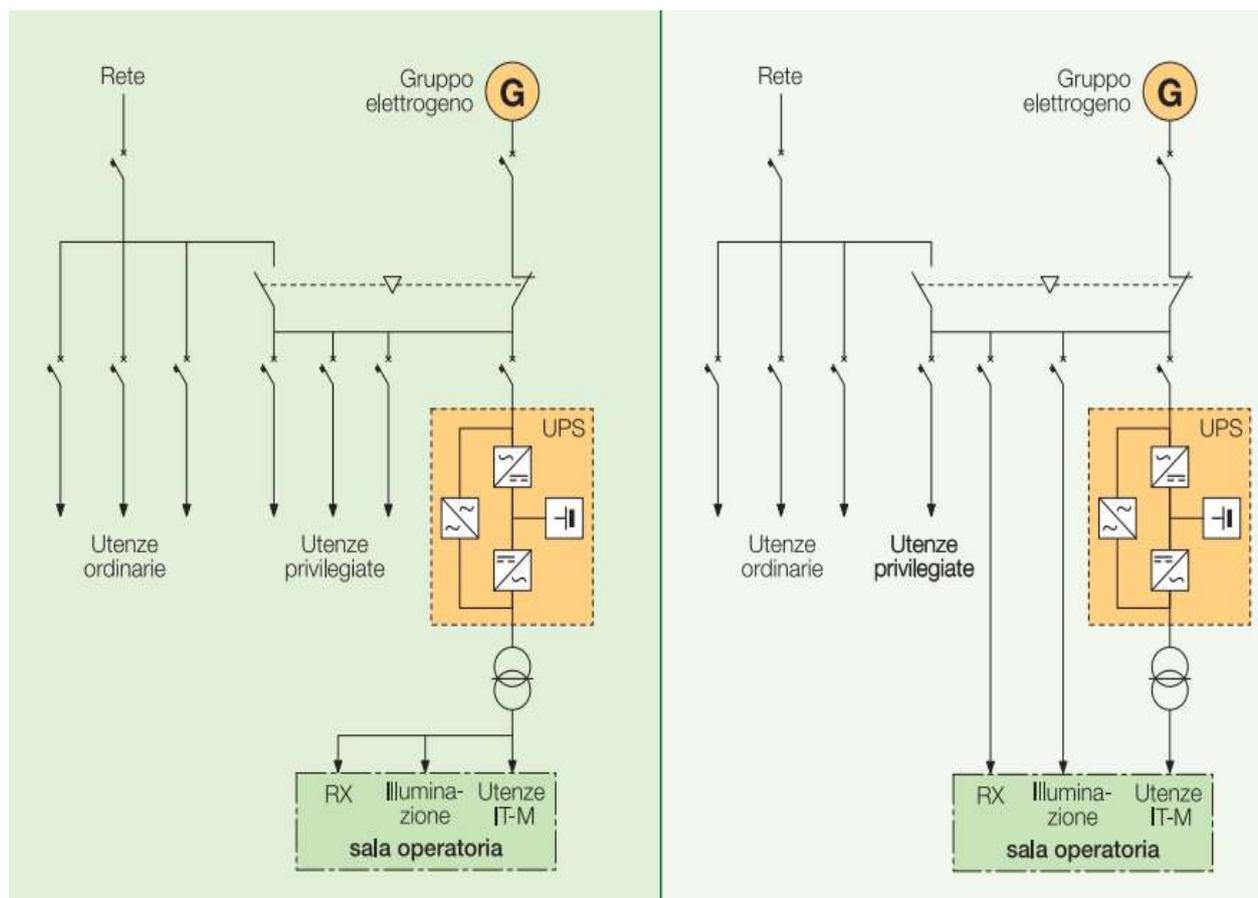
(ver também 556.1 da norma IEC 60364-5-55)

Classe 0 (sem interrupção)	Alimentação automática disponível sem interrupção
Classe 0,15 (interrupção muito curta)	Alimentação automática disponível dentro de 0,15 s
Classe 0,5 (interrupção curta)	Alimentação automática disponível dentro de 0,5 s
Classe 15 (interrupção média)	Alimentação automática disponível dentro de 15 s
Classe 0,5 (interrupção longa)	Alimentação automática disponível em mais de 15 s

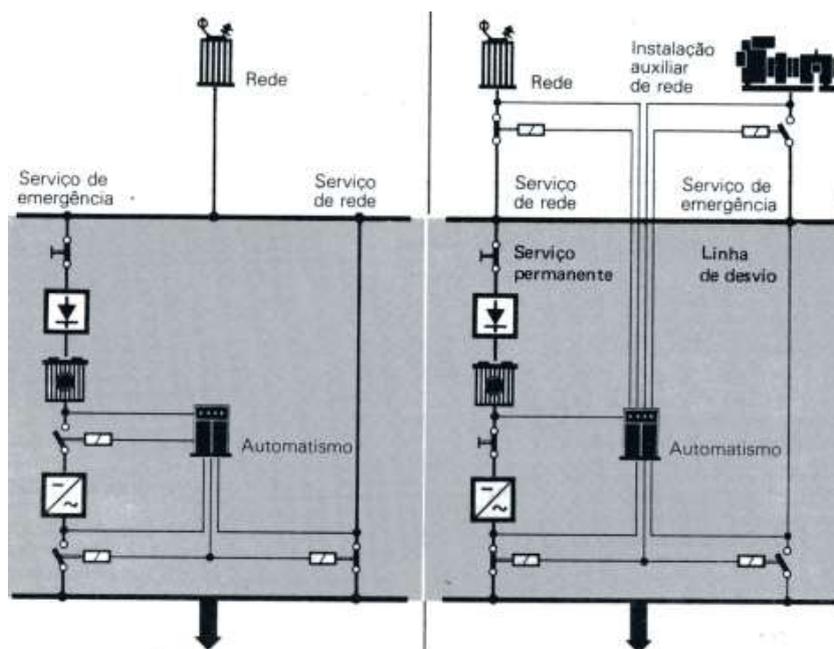
Nota 1 Em geral, não é necessário prever alimentação sem interrupção para o equipamento de electromedicina. No entanto, certos equipamentos controlados por microprocessadores podem requer tal alimentação.

Nota 2 Os serviços de segurança previstos para locais com diferentes classificações devem contemplar a classificação que estabelece a mais elevada segurança da alimentação. O anexo B fornece um guia para a associação de serviços de segurança aos locais médicos.

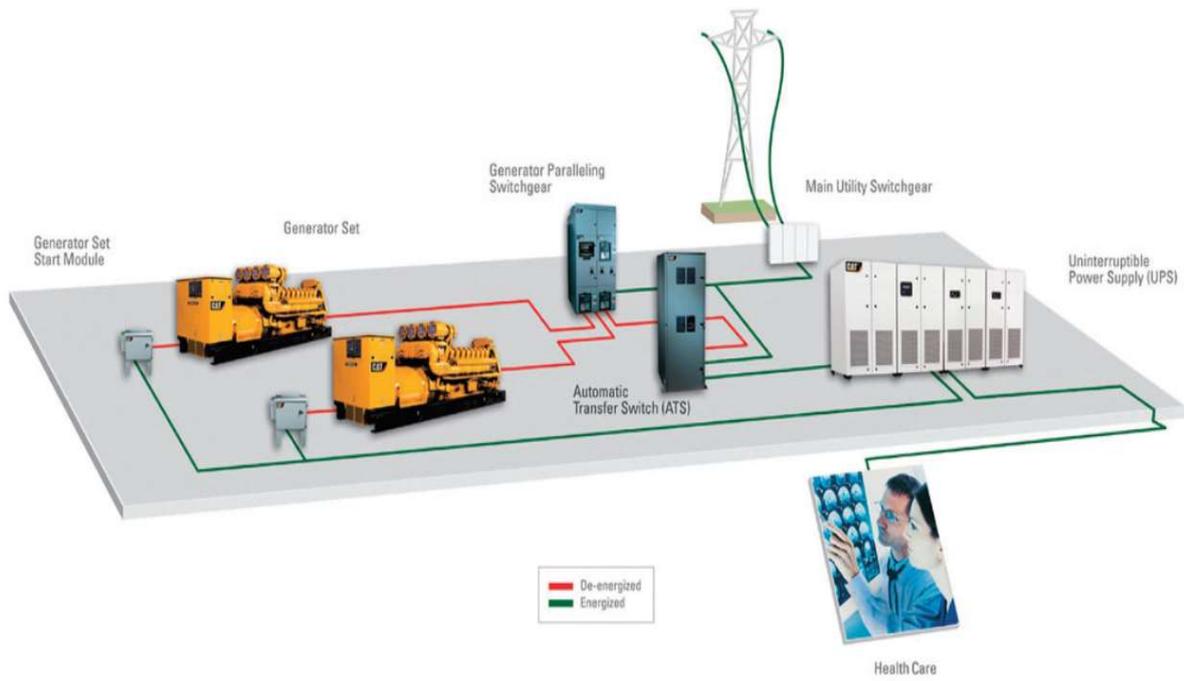
Nota 3 A expressão “dentro de” significa “≤”.



Dois esquemas de alimentação normal/emergência permitindo o da direita redundância – ABB



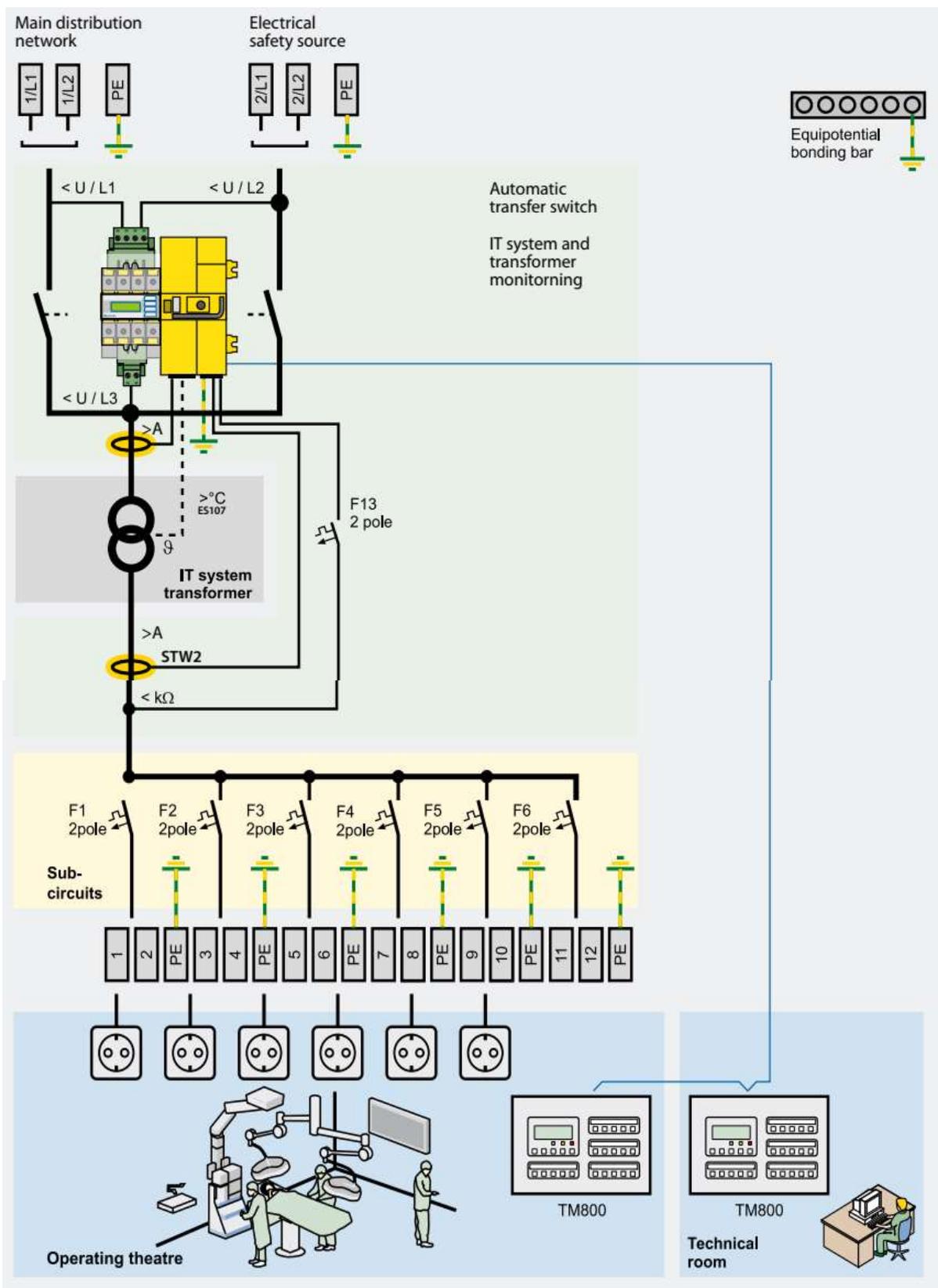
Dois esquemas de alimentação dos serviços de segurança: à esquerda, disponibilidade rápida da alimentação de segurança – tempo de comutação < 1 s; à direita, disponibilidade imediata da alimentação de emergência – sem interrupção



Alimentação da instalação via UPS, sem interrupção, e ligação em paralelo dos grupos eletrogêneos – Caterpillar



Fontes ininterruptíveis – UPS - Toshiba



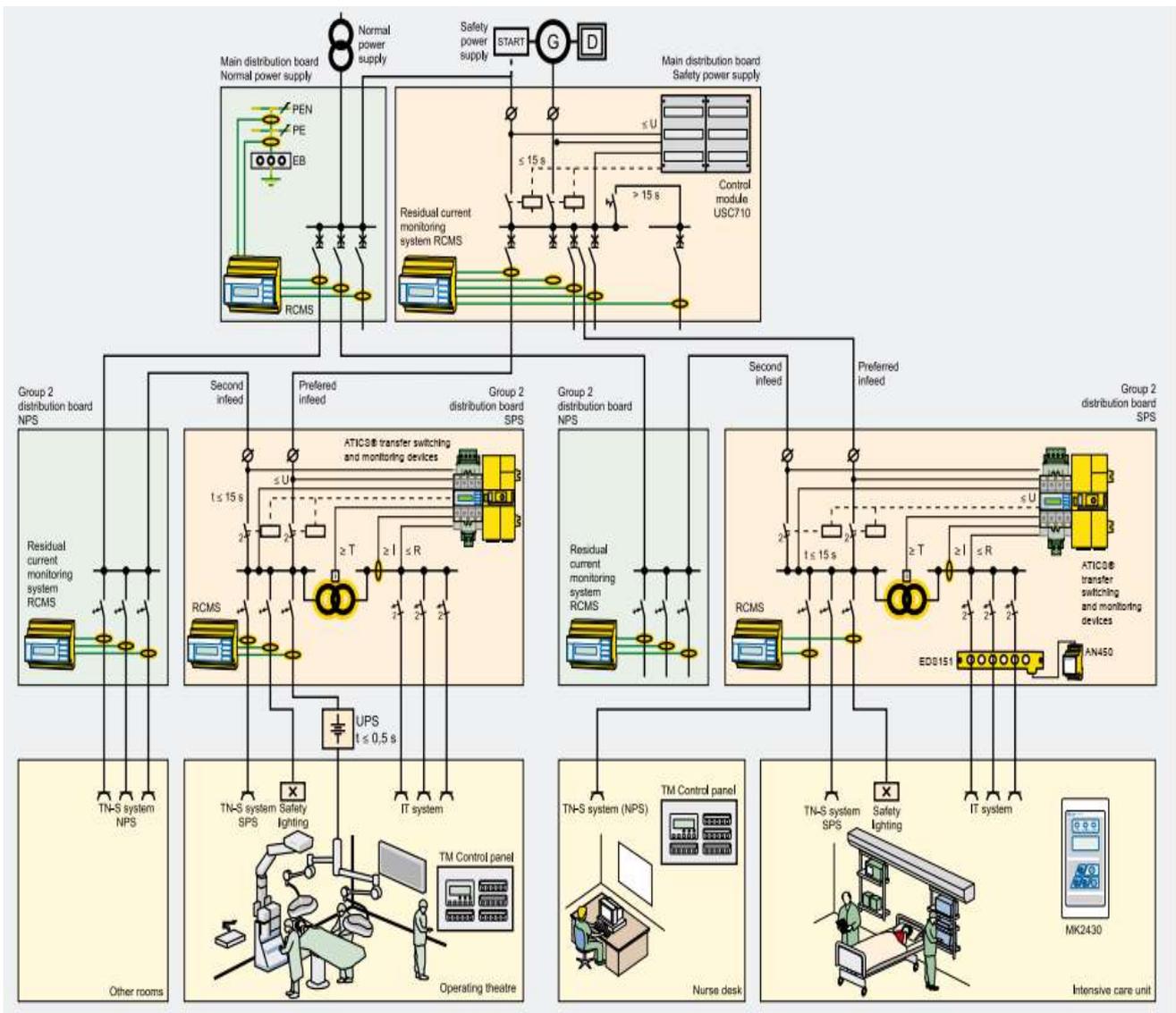
Solução de alimentação dos locais do grupo 2 - Bender

Alimentação garantida com

- intervalo de comutação $\leq 0,5$ s
 - Luminárias da sala de operações;
 - Mesas e outras luminárias essenciais;
 - por um período mínimo de 3 horas.
- intervalo de comutação ≤ 15 s
 - Iluminação de segurança;
 - Equipamento de electromedicina em locais médicos

do grupo 2;

- Equipamento de fornecimento de gás medicinal;
 - Detecção de incêndio.
- intervalo de comutação > 15 s
 - Equipamento essencial para manutenção dos serviços hospitalares (por exemplo: equipamento de refrigeração, equipamentos de cozinha, equipamento de esterilização)



Alimentação de locais do grupo 2 – Bloco operatório e Unidade de Cuidados Intensivos - Bender

Verificação

Os ensaios e os relatórios dos ensaios serão efetuados de acordo com a norma EN 60 364-6:2016 Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Parte 6: Verificação e a prHD 60 364-7-710:2010 em tudo quanto favoreça a segurança das instalações e não colida com o expressamente definido nas Regras Técnicas.

- Verificações Exigidas pelas Regras Técnicas

• Verificação das Ligações Equipotenciais Suplementares

A eficácia da medida P2 deve ser verificada pela medição da resistência elétrica (vejam-se 612.2 e 612.4) entre cada um dos elementos condutores e o terminal de equipotencialidade do local.

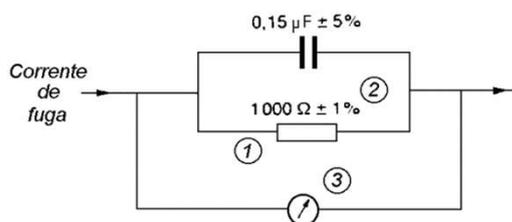
Os valores obtidos não devem ser superiores a 0,1 Ω .

Recomenda-se que o ensaio seja realizado por meio de uma fonte que tenha, em vazio, uma tensão entre 4 V e 24 V (em corrente alternada ou em corrente contínua) e que possa debitar uma corrente não inferior a 0,2 A.

• Verificação da Limitação da Tensão de Contacto

Quando for utilizada a medida P3 deve ser verificado se a tensão de contacto não ultrapassa 50 mV. A verificação deve ser feita medindo a corrente que percorre uma resistência de 1 000 Ω ligada entre cada um dos elementos condutores e o terminal de equipotencialidade do local.

Os valores obtidos não devem ser superiores a 50 μ A.



- 1 - Resistência de medição (não indutiva)
 2 - Impedância de medição
 3 - Aparelho de medição

- Controlo do Isolamento das Instalações Alimentadas em Esquema IT Médico

A eficácia da medida P5 deve ser verificada pela medição da resistência de isolamento.

Os valores obtidos devem ser superiores a 100 k Ω

A resistência de isolamento da instalação elétrica deve ser medida entre cada condutor ativo e a terra.

O ensaio deve ser feito a uma tensão com o valor indicado no quadro seguinte, considerando-se satisfatório o resultado obtido se, em cada um dos circuitos e com os aparelhos de utilização desligados, o valor da resistência de isolamento não for inferior ao valor indicado no referido quadro.

Tensão nominal do circuito V	Tensão de ensaio em corrente contínua V	Resistência de isolamento M Ω
TRS e TRP	250	$\geq 0,25$
$U \leq 500$ V ⁽¹⁾	500	$\geq 0,5$
$U > 500$ V	1 000	$\geq 1,0$

⁽¹⁾ - exceto para os casos referidos na linha anterior (TRS e TRP)

Corrente de ensaio de 1 mA. Quando, na instalação, existirem dispositivos eletrónicos, apenas deve ser feita a medição entre os condutores ativos (fases e o neutro) ligados entre si e a terra.

Valores de resistência de isolamento segundo a norma EN 60 364-6:2016 Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Parte 6:

Verificação

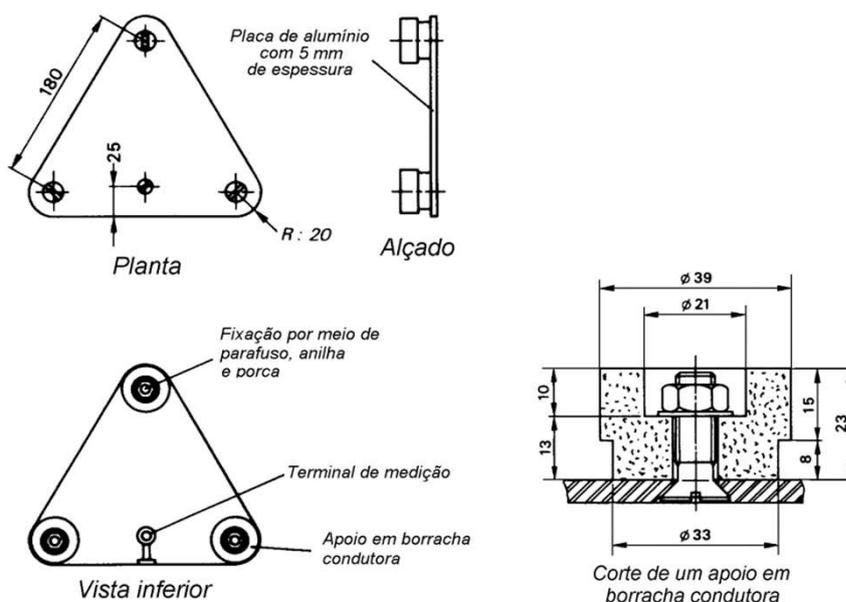
Tensão nominal do circuito V	Tensão de ensaio CC V	Resistência mínima de isolamento M Ω
TRS e TRP	250	0,5
Até e incluindo 500 V, incluindo TRF	500	1
Acima de 500 V	1 000	1

Resistência dos Pavimentos Antiestáticos

A resistência dos pavimentos antiestáticos deve ser medida nas condições indicadas na secção 612.5 com o eléctrodo de medição 2 indicado no Anexo A da parte 6 das Regras Técnicas.

Os valores obtidos não devem ser inferiores a 25 M Ω . Nestas medições da resistência de isolamento deve ser usado um ohmímetro com gerador incorporado ou um medidor do isolamento dotado de bateria, que produzam, em vazio, uma tensão, de cerca de 500 V, em corrente contínua. Para as instalações de tensão nominal superior a 500 V, a tensão produzida pelo aparelho deve ser de 1 000 V. A resistência deve ser medida entre um eléctrodo de medição e um condutor de proteção da instalação.

Este eléctrodo é constituído por um tripé metálico, cujas partes em contacto com a superfície a ensaiar estão dispostas segundo um triângulo equilátero. Cada uma dessas partes é munida de um apoio flexível que garante, quando carregada, a existência de um contacto direto e franco com a superfície a ensaiar, exercido sobre uma área com cerca de 900 mm², devendo a resistência de cada uma dessas partes ser inferior a 5 000 Ω .



Eléctrodo do tipo 2

Antes de se efetuarem as medições, a zona a ensaiar deve ser molhada ou coberta por um tecido humedecido.

Durante a realização das medições, deve ser aplicada ao tripé uma força de valor igual a:

- 750 N, no caso de pavimentos;
- 250 N, no caso de outros elementos da construção (paredes, tetos, etc.).

Verificações iniciais

Os ensaios devem ser realizados antes do comissionamento da instalação e após alterações e reparações da mesma e antes de um recomissionamento.

- Ensaio funcional dos CPI e dos dispositivos de monitorização de sobrecarga dos sistemas IT médicos e dos sistemas de alarme visuais e acústicos
- Medições para verificar se as ligações equipotenciais suplementares estão de acordo com as exigências das Regras Técnicas
- Verificação da integridade das ligações equipotenciais
- Verificação da integridade dos requisitos dos serviços de emergência

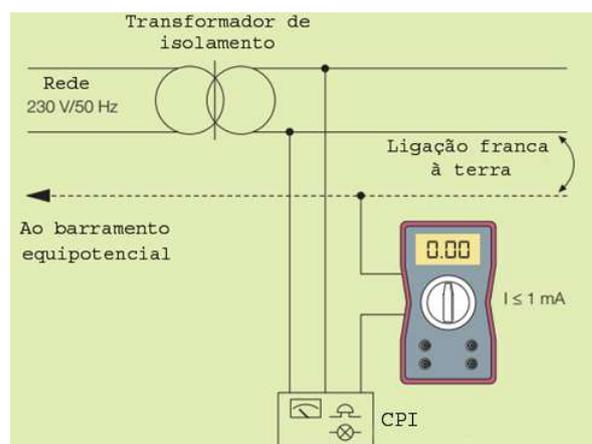
- Medida da corrente de fuga para a terra e da corrente de fuga de contacto dos transformadores dos sistemas IT-M, quando ligados em vazio (a corrente não deve exceder 0,5 mA)
- Verificação computacional da conformidade da seletividade das fontes de segurança com a documentação de projeto e o cálculo
- Verificação das medidas de proteção aplicadas para satisfação de conformidade com os requisitos regulamentares para os locais dos grupos 1 e 2

Verificações periódicas

Verificação	Periodicidade
Ensaio funcional dos inversores de rede	1 ano
Medição das ligações suplementares equipotenciais	3 anos
Verificação da integridade das ligações de equipotencialidade	3 anos
Ensaio funcional dos serviços de emergência de acordo com as instruções dos fabricantes: - grupos eletrogéneos com motores de combustão, até ser atingida a temperatura de regime: ensaio de resistência ¹ - alimentação com baterias: ensaio de capacidade ¹	1 ano
Inspeção visual, ensaios funcionais e medidas da instalação elétrica, especialmente para verificar a proteção contra os choques elétricos, incluindo os ajustes dos aparelhos de proteção reguláveis	3 anos
Ensaio funcional da iluminação dos sinais de saída, trajetos de fuga e de localização de aparelhos de comando e controlo	1 ano
¹ O ensaio funcional anual deve ser realizado com carga entre 80% e 100% da potência nominal	

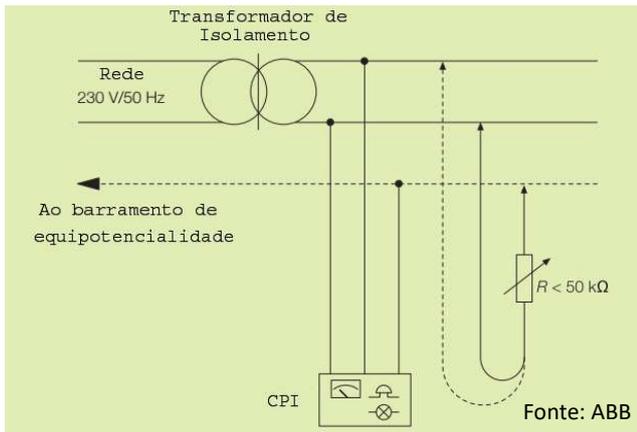
Verificações periódicas que devem ser efetuadas nas instalações elétricas dos locais médicos dos grupos 1 e 2.

Verificação	Periodicidade
1 Ensaio funcional dos dispositivos de controlo de isolamento (nos sistemas IT-M)	6 meses
2 Inspeção visual das regulações dos dispositivos de proteção reguláveis	1 ano
3 Medição da resistência das ligações equipotenciais suplementares	3 anos
4 Verificação da intervenção dos dispositivos diferenciais para $I_d = I_{\Delta N}$	1 ano
5 Ensaio funcional da alimentação de segurança realizada com grupos eletrogéneos equipados com motores de combustão: - Ensaio em vazio - Ensaio em carga (durante 60 min) ¹	1 mês 1 mês
6 Ensaio funcional da alimentação de segurança realizada com baterias (15 min), segundo as instruções do fabricante ¹	1 mês
¹ O ensaio funcional deve ser realizado com carga entre 80% e 100% da potência nominal	

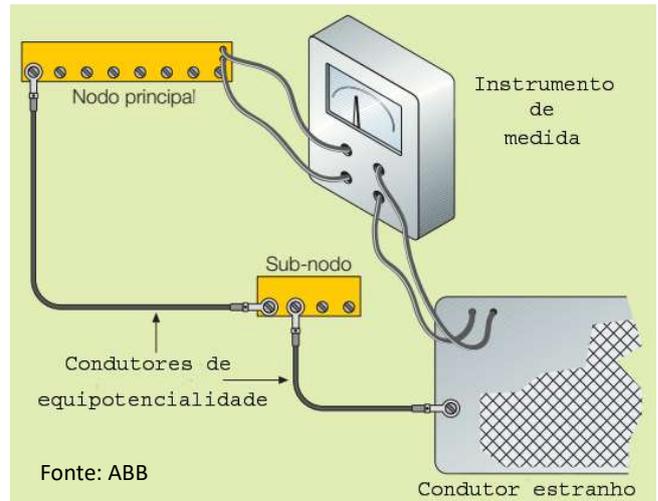


Fonte: ABB

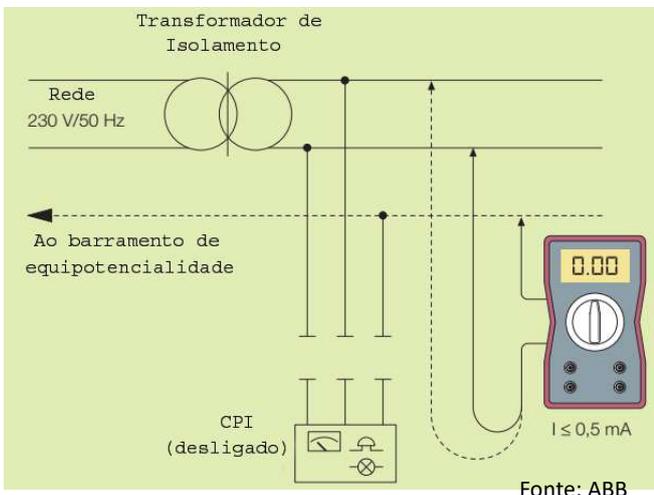
Medida da corrente no circuito do CPI



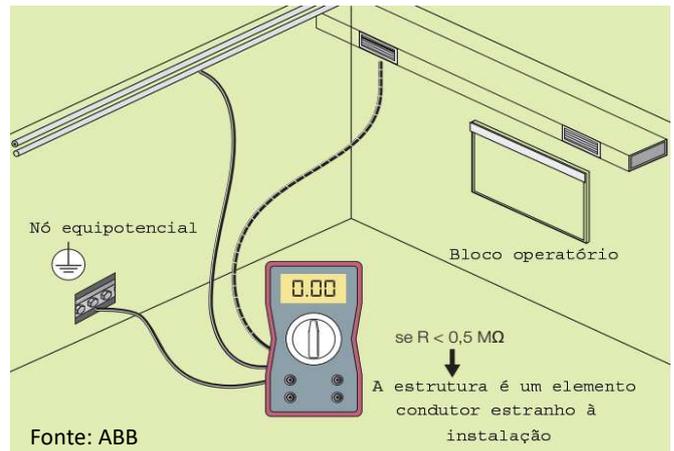
Ensaio de atuação do CPI



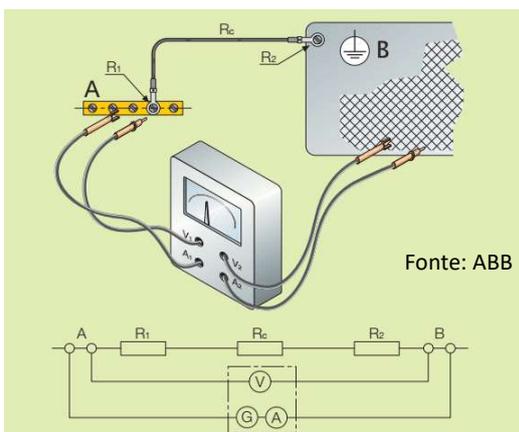
Medida de uma ligação equipotencial de um elemento condutor estranho à instalação através de um subnodo



Medida da corrente de fuga do transformador de isolamento



Medida da resistência de terra dos elementos estranhos à instalação



Medida da resistência das ligações equipotenciais suplementares

Resumo da CEI/IEC 60364-7-710:

- Classificação dos locais médicos
- Sistemas IT-M em locais do Grupo 2
- Monitorização de carga, temperatura e isolamento
- Alarmes de sinalização remota
- Central eletrogénea de comutação automática normal-emergência
- Sistema de localização de defeitos de isolamento em sistemas IT-M

Os valores obtidos não devem ser superiores a 0,1 Ω.

4. Bibliografia

- Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão – Portaria nº 949-A/2006 de 11 de Setembro;
- CEI/IEC 60 364-7-710 – Instalações Eléctricas dos Edifícios – Parte 7-710: Regras para as instalações ou locais especiais – Locais de uso médico. 1ª edição 2002-11;
- DRAFT PRHD 60364-7-710 – Low-voltage electrical installations in buildings – Requirements for special installations or locations – Medical locations - Novembro 2010;
- IEC 60364-6:2016; HD 60364-6:2016 – Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification;
- IEC 61 601-1:2005+AMD1:2012 – Aparelhos de electromedicina – Parte 1: Requisitos gerais para a segurança de base e o desempenho essencial;
- BENDER
<https://www.bender.de/en/solutions/healthcare>
- ABB
Guida agli impianti elettrici per luoghi medici [Em linha]. Disponível em WWW: <
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CSC470011B0901&LanguageCode=it&DocumentPartId=&Action=Launch>>;
- SEIP Günter – Instalações Eléctricas – S. Paulo: Nobel, 1988, ISBN 85-213-0231-2.

CURIOSIDADE



SHORT-CIRCUIT CALCULATION ON A SMALL NETWORK

Abstract—In this paper will be presented the calculation of short current on a small network, using the method symmetrical components. The calculation will have in consideration the EN60909.

Index Terms—Short current, network, calculation, symmetrical components, transient components.

I. INTRODUCTION

Short circuits occurs in one power systems and cause large fall of transient currents, normally there value is much higher than the value of the load currents. These fault causes electrodynamic and thermal stresses and are potentially damaging to the power systems. A very high risk to the power systems and persons are inherent.

A complete calculation and knowledge of the short-circuit is required for design and protect the power system. The currents should be given in function of time in the short-circuit location from the beginning until the end (fig.1).

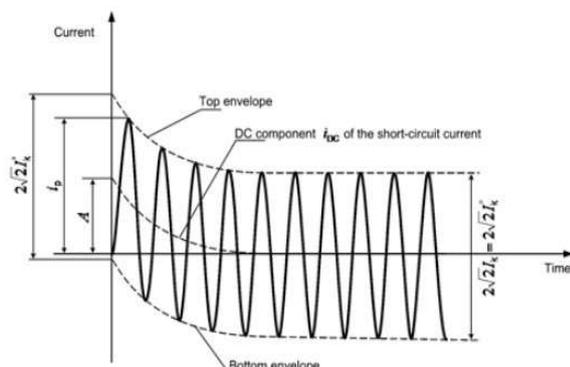


Fig. 1. Short-Circuit Current

The most used approach is given by the EN60909 [2]. This standard provides the method of calculation of RMS for the symmetrical component as well the peak value of the short-circuit current.

The knowledge of the short-circuit current in strategic points of the network is necessary to determine the breaking capacity of the protections, thermal withstand rating of the cables and the selective trip settings of the protective devices.

This paper will present the use of this approach on a small branch of power network, the calculation will be made through support of computer software.

The objective of this paper is showing the characteristic values obtained through regular tool from well know manufacturer.

II. TEST CASE

The test system is a small three-phase network of low voltage with rated voltage of 400V with two branches feeding two electrical loads (fig.2).

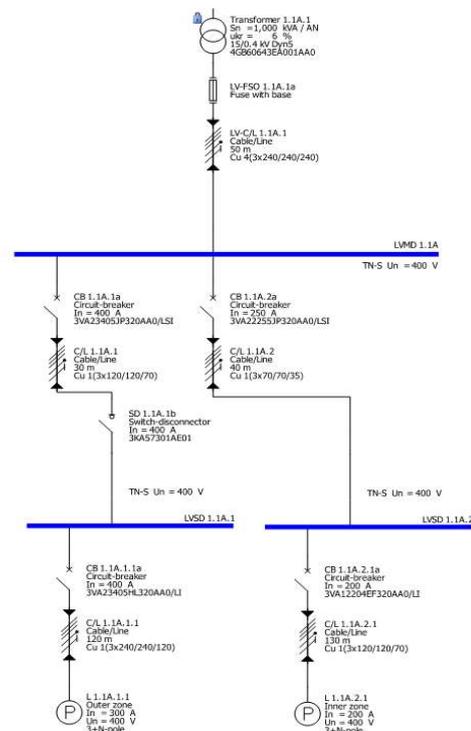


Fig. 2. Low Voltage Network

In the figure is showed the necessary data for the short-circuit calculation.

To this test has been made some assumptions such as:

- 1) There is no change of short-circuit type
- 2) There isn't any change of the network

To proceed with the calculation is necessary to input the given data of the cables and loads in the calculation software. Is also necessary to identify the type and characteristics of the main income, in our case the main incomer is know. The network will be fed by near substation. The software will define automatically the protective devices and all the settings and in the final stage all the short-current circuits will be provide.

III. NETWORK SIMULATION

The simulation is focused on the calculation of the RMS [3] values of the short-circuit currents (fig.3). During the calculation is ignored the so called electromotive [5] forces in each phase of the three phase stator armature winding. The assumption enables significant simplification and time saving computing the calculation.

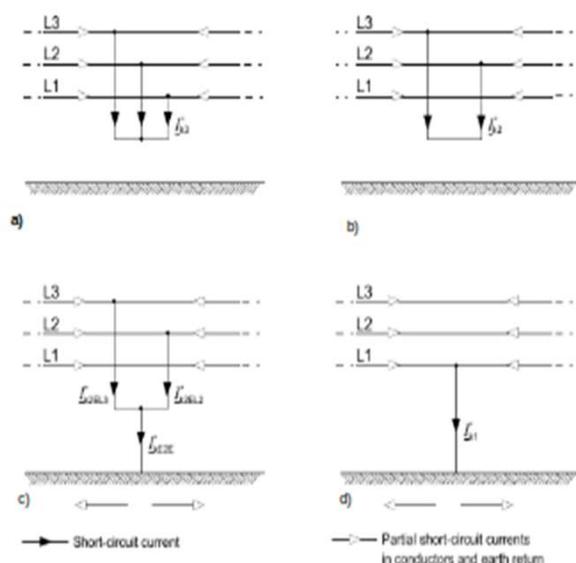


Fig. 3. Types of Short-circuit: a) Three-phase short-circuit, b) Line to line short-circuit, c) Line to line short-circuit with earth connection, d) Line to earth short circuit

In this conditions the voltages and currents of the system can change rapidly if some disturbance occurs in the network.

The RMS simulation can be done for three-phase or single-phase. This approach simplifies the calculation of the short-circuit currents by using the method of the symmetrical components, this method is widely used in the analysis of unbalanced three-phase, unsymmetrical short-circuit currents and rotating electrodynamic machinery.

A. Symmetrical components modelling

In this method the asymmetrical system is decomposed in three components.

- Positive sequence current
- Negative sequence currents
- Zero sequence current

With this method the voltages and currents, which may be unbalanced are transformed into three sets of balanced voltages and currents. The impedances presented by various power components are decoupled from each other, and transformed in independent networks from each component, this will form a balanced system, simplifying the calculations [4].

$$V_a = V_a^0 + V_a^1 + V_a^2$$

$$V_b = V_b^0 + V_b^1 + V_b^2$$

$$V_c = V_c^0 + V_c^1 + V_c^2$$

Having I_a , I_b and I_c as currents on the three lines of three-phase unsymmetrical system then we have [6]:

$$I_a = I_a^0 + I_a^1 + I_a^2$$

$$I_b = I_b^0 + I_b^1 + I_b^2$$

$$I_c = I_c^0 + I_c^1 + I_c^2$$

According to [3] the occurred fault can be simulated by adding one element, impedance, on the fault point. With the add of this element then the symmetrical component method allows the determination of the fault in a positive sequence system, adding an additional impedance Z of a certain value to the fault location depending of the fault type. That impedance's are summarized in the follow table.

TABLE I
ADDITIONAL IMPEDANCES

Fault type	Short-circuit		
	One-phase	Two-phase	Two-phase to ground
Z_{Δ}	$Z_{C2} + Z_{C0}$	Z_{C2}	$(Z_{C2} * Z_{C0}) / (Z_{C2} + Z_{C0})$

After adding this impedances Z_C on the system, is necessary to calculate there value, the calculated values represents all the impedances of the network, measured between the fault location and the ground. The indices 2 and 0 are the negative and zero sequence components.

For calculations of the impedances is necessary to create the matrices Y_{k2} and Y_{k0} for both component systems [6], the required impedance is equal to the diagonal of the short-circuit impedance matrix, obtained by inversion of the short-circuit admittance matrix $Z_k = Y_{k2}^{-1}$.

$$Z_C = Z_{ii} \quad (1)$$

Using the additional impedance Z_{Δ} the positive sequence component of the voltages and currents can be easily calculated and using the substitution impedances is also possible to calculate the negative and zero sequences of the system.

B. DC components modelling

The peak and thermal equivalent short-circuit current has to be calculated to operational security and device design. Both values are related to the DC component of the short-circuit.

Normally the available software's don't calculate the DC component, but because this value is calculated by the one time constant T_a , which is depending of the relations between the reactance and resistance of the substitution impedance Z_C . Is possible to assume equal short-circuit impedances for the positive and negative components, for the T_a is given in the table.

TABLE II
 T_a IN SECONDS FOR PARTICULAR SHORT-CIRCUIT

Short-circuit		
Three and two-phase	One-phase	Two-phase to ground
$X_{C1} / (\omega * RC1)$	$(2X_{C1} + X_{C0}) / [\omega(2RC1 + RC0)]$	$(X_{C1} + 2X_{C0}) / [\omega(R1 + 2RC0)]$

A simplified component can be obtained through the Thevenin equivalent, this method is very usable meshed networks.

IV. ELECTROMAGNETIC TRANSIENT

[1]Normally an power system operates in balanced state, but must be able to handle and support with over-voltages and over-currents that can occur when transient conditions occurs in the power system.

Understanding thoroughly the electromagnetic transient phenomena is one of the most important aspects in the design and operation of power system network and delivery high quality power supply.

This phenomena can be provoked due internal or external disturbances in the power system such: Lightning strikes, partial discharges due defects of electrical equipment, switching. This disturbances involve a range of frequencies from DC to MHz. The transient phenomena is a combination of travelling waves in the elements of the power system.

Generally, single event can cause several effects such: Over-voltages, over-currents, distorted waveforms or electromechanical oscillations (fig.4).

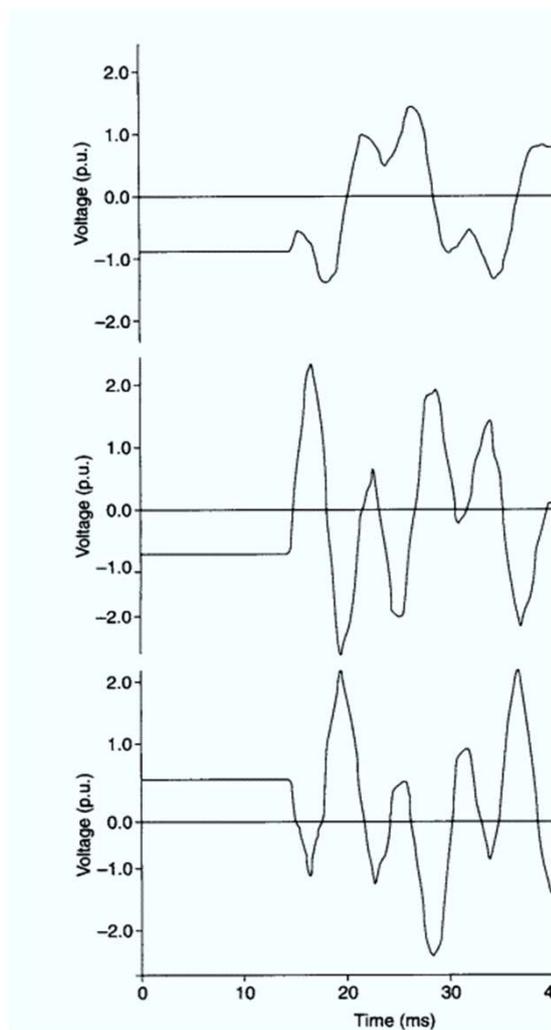


Fig. 4. Example of waveform distortion for switching operation

Generally the lightning strokes is the phenomena that produces the highest voltages surges (fig.5).

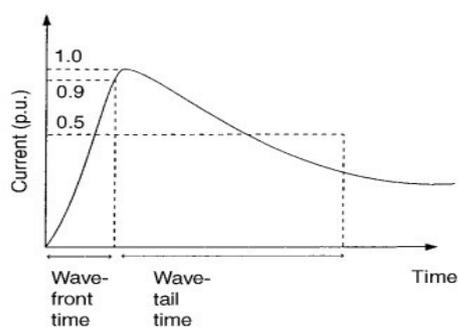


Fig. 5. Typical waveform due lightning strike

A. Classification of electromagnetic transients

The waveforms of the electromagnetic transients have one or more oscillatory components and this can be characterized by the frequencies of these oscillations. During the simulation process, the accurate determination of the oscillations are related to the equivalent circuits used to represent the system components. The component model isn't the appropriate for all types of transient analysis and must be worked to fit in the scope of the study.

It is more appropriate to classify the transients by the time range of the study related to the phenomena under investigation. The main issue in the analysis of the transients is selecting the model for each component that realistically represents the system over the time frame.

For example the lightning strike is the fastest-acting disturbance and the simulation requires to be on the region of nano to micro-seconds, during this time the variation of the frequency, voltage and current will be negligible, on the other hand the capacitance and inductance of the system will exercise the biggest influence.

For the case of switching the timescale is in micro to milliseconds concerning the insulation, and the simulation time goes into cycles, if the system recovery from the disturbance needs to be investigated.

The power system components can be divided in two types, characterised essential by the lumped parameters, such as electrical machines capacitor or reactor banks, and those with distributed parameters, where are included overhead lines and underground or submarine cables. After a switching event these circuit elements are subjected to voltages and currents involving frequencies between 50 Hz and 100 kHz. Within such a vast range the values of the component parameters and of the earth path will vary with frequency. The simulation process must be able of reproducing the frequency variation of both the lumped and distributed parameters.

This simulation needs also to represent such non-linearities as magnetic saturation, surge diverted characteristics and circuit-breaker arcs. The most important, if not more, as the method of solution is the availability of reliable data and the variation of the system components with frequency, the fast transient model including stray parameters followed by one based on simpler equivalent circuits.

B. Transient simulators

From all tools used in the past for the simulation of power system transients are the electronic analogue computer, the transient network analyzer (TNA) and the HVDC simulator. The electronic analogue computer basically solved ordinary differential equations by means of several units designed to perform specific functions, such as adders, multipliers and integrator as well as signal generators and a multichannel cathode ray oscilloscope.

V. SIMULATION

In this section it will be focused how the simulation was made and present the results of short-circuit calculation made with help of the software Simaris. The software makes the calculation of short-circuit, load flow and energy balance, the calculation is made with base of the EN 60909 aside other relevant standards. The Simaris don't calculate the transient components, this components have to be calculated with the methods indicated on section IV-B.

Initially all the calculations have been made with help of other software with more capability than Simaris but the impossibility of access to this software was necessary to use similar software but providing the same results for fault currents.

The network used as test is a small part of one real distribution from a design project to onshore LNG plant (Ka°Istø) in Norway, this plant is the main pipeline that feeds one bigger LNG (Ka°rstø) located East from Ka°Istø.

The project was a refurbishing of that power system with more than 25 years of operation reaching the end lifetime cycle and because the existing main building were was all the main panel and other distribution boards, wasn't hermetic and been inside of one area with risk of explosion due the nature of hydrocarbon in circulation in that area, was necessary to remove the old main building and re-install all the electrical components in an new main building outside of the area with risk of explosion.

The fig.2 on page 1 shows the small part of the power system analyzed, the network is connected to main grid from Haugalandkraft through a substation with transformer of 1000kVA 15/0,4kV.

To be able proceed with the calculations is necessary to input some parameters on the software, all necessary parameters for the calculation are presented in fig.2 on page 1 and on the table III.

TABLE III
CABLES DATA

Cables Data				
Designation	Cross-section [mm ²]	I _b [A]	I _z [A]	Length[m]
LV-C/L 1.1A.1	3 * 240 + 240 + 240	500	1612	50
C/L 1.1A.1	3 * 120 + 120 + 70	300	346	30
C/L 1.1A.2	3 * 70 + 70 + 35	200	246	40
C/L 1.1A.1.1	3 * 240 + 240 + 120	300	324	120
C/L 1.1A.2.1	3 * 120 + 120 + 70	200	223	130

After introduction of all necessary parameters the software proceeds with all the calculations providing an optimization

for the cables, protective devices and the given the fault currents on the bus bar's and electrical loads, the values for the minimum fault currents are presented on the table IV. The minimum fault current is very important to define the settings of the protective devices.

TABLE IV
MINIMUM FAULT CURRENTS CALCULATED

Minimum fault currents calculated				
Designation	P htoN [kA]	P htoP E[kA]	P htoP h[kA]	3P h[kA]
LVMD 1.1A	18,47	18,47	17,50	20,18
LVMD 1.1A.1	18,47	18,47	17,50	20,18
LVSD 1.1A.1	10,08	9,06	12,42	14,34
L 1.1A.1.1	4,34	3,53	6,40	7,40
LVSD 1.1A.2	6,40	4,78	9,18	10,60
L 1.1A.2.1	2,53	1,95	4,08	4,71

The full calculation of the fault current isn't finished without the results for the maximum values for the fault currents on the power system. This value is also very important because defines the capacity or rating of the protective devices.

The maximum fault current calculated is presented under on the table V.

TABLE V
MAXIMUM FAULT CURRENTS CALCULATED

Maximum fault currents calculated			
Designation	P htoN [kA]	P htoP E[kA]	3P h[kA]
LVMD 1.1A	21,62	21,62	23,50
LVMD 1.1A.1	21,62	21,62	23,50
LVSD 1.1A.1	12,64	11,60	17,31
L 1.1A.1.1	5,60	4,70	9,20
LVSD 1.1A.2	8,50	6,60	13,48
L 1.1A.2.1	3,43	2,70	6,25

VI. CONCLUSION

This work presents a study and calculation of the short-circuit in one small power system. This study was made with base of EN60909 and the support of software from Siemens, Simaris.

The method in study was the symmetrical components so it can be simpler the calculation with base of two assumptions made in section II in page 1.

All the results obtained through this method didn't show any discrepancy compared with the EN60909 and were expected thus values.

Wasn't possible to present the study or results for the transient components due the difficult access to software able to proceed with the calculation and verification of this components.

This study shows the importance of the calculation of the short-circuit currents during the design phase of one project allowing sizing properly all the equipment's, which should support the efforts caused by these currents, or still the evaluation of existing equipment when there is an expansion of the system that can raise the short-circuit power.

It will be proposed for the next study proceed with the full calculation with another software, so it can be verified the transient components as well calculate the asymmetrical

components of the system. It can be possible to present graphics showing the evolution of the currents through the short-circuit.

REFERENCES

- [1] R Aggarwal. 36 - electromagnetic transients. In M.A. Laughton and D.J. Warne, editors, *Electrical Engineer's Reference Book (Sixteenth Edition)*, pages 36-1 – 36-16. Newnes, Oxford, sixteenth edition edition, 2003.
- [2] International Electrotechnical Commission et al. *Iec 60909-0: 2016 short- circuit currents in three-phase ac systems-part 0: Calculation of currents*, 2016.
- [3] Zsolt C̄ onka, Karel Ma'slo, and Branislav Ba'tora. Short circuit current calculations. In *2018 19th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)*, pages 1-4. IEEE, 2018.
- [4] JC Das. *Power system analysis: short-circuit load flow and harmonics*. CRC press, 2016.
- [5] Jan Machowski, Janusz Bialek, James Richard Bumby, and Jim Bumby. *Power system dynamics and stability*. John Wiley & Sons, 1997.
- [6] Jose' Pedro Sucena Paiva. *Redes de energia ele'ctrica. Uma Ana'lise Siste'mica.(sd)*, 2007.

REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO PORTO: INTERLIGAÇÃO ENTRE POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

Resumo — Uma rede em desenvolvimento exige um contínuo esforço de otimização em termos de eficiência. Tal eficiência pode obter-se em diferentes domínios e de diferentes formas, nomeadamente através da redução de custos de operação dos sistemas de distribuição, da minimização de perdas de potência. No entanto tudo isto acontece com o objetivo de obter a melhor qualidade de serviço fornecida aos consumidores. Deste modo este artigo pretende abordar as especificidades presentes na rede de distribuição da cidade do Porto face a uma rede de distribuição convencional, com destaque às interligações entre postos de transformação de distribuição (PTD). Baseado nesta ideia foram estruturados cenários que pretendem simular as consequências na rede provenientes da interligação entre postos de transformação, com recurso à implementação do método Newton-Raphson (NR) no software Matlab.

Palavras-Chave — Posto de transformação; distribuição de energia; especificidades da rede de distribuição do Porto; consumidores.

I. INTRODUÇÃO

Com o rápido desenvolvimento das urbanizações, foram surgindo especificidades nas redes das principais cidades portuguesas, nomeadamente na rede de distribuição em Baixa Tensão (BT) do Porto. Essas especificidades, apesar de apresentarem vantagens para a rede em si, muitas vezes não representavam a solução ideal implementada, sendo que algumas delas têm vindo a serem substituídas no decorrer dos anos por soluções mais eficientes. No entanto, destacam a singularidade da rede em questão comparativamente a uma rede de distribuição com um topologia usual, tipicamente puramente radial, e representam o porquê da necessidade da sua existência e utilização fase aos obstáculos impostos.

A rede de distribuição em BT do concelho do Porto apresenta uma topologia típica das redes de distribuição, ou seja, é radial, mas com a particularidade de poder ser bialimentada, e é uma rede subterrânea, visto tratar-se de uma zona com alta densidade de carga. Essa bialimentação provém da principal especificidade da rede do Porto, as interligações entre postos de transformação de distribuição, que permitem que em caso de avaria ou manutenção de um posto de transformação (PT) haja continuidade do serviço. [1]

Este artigo propõe uma análise da influência das interligações entre postos de transformação numa rede com uma estrutura semelhante à atual rede de distribuição da cidade do Porto. Foram criados cenários com base em projetos já existentes na cidade do Porto, facultados pela EDP Distribuição – Porto, local onde foi realizado o estudo e, em função dos dados extraídos desses projetos, foi aplicado o método NR para avaliar os fluxos de potências nessa rede em estudo. [2]

II. ESPECIFICIDADES DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO PORTO

A rede de distribuição em BT do Porto possui uma topologia do tipo radial, mas tem a particularidade de poder ser bialimentada.

Esta rede possui determinadas características que a diferem das redes de distribuição puramente radial, nas quais se destacam as seguintes:

- Derivações em T;
- Armários encastrados;
- Postos de transformação subterrâneos;
- Terra única;
- Interligação entre PT.

A. Derivações em T

As derivações em T consistem numa derivação através de uniões, a partir da canalização principal diretamente para o cliente, e consistem na principal solução para alimentação de cargas sem recorrer a armários de distribuição (AD). O pretendido originalmente era o uso de AD, visto que estes garantem a proteção e seletividade desejada. No entanto, nem sempre é possível o seu uso. O principal condicionalismo dos AD são os regulamentos instituídos pela Câmara Municipal do Porto. Visto que normalmente não é permitida a utilização de AD na via pública, o mais usual é encastrar o armário na parede de um edifício. Contudo esta ação carece de autorização do proprietário do imóvel. Deste modo, as derivações em T tornam-se na solução mais eficaz, fazendo com que grande número de armários não seja usado, tornando-se uma vantagem em termos de viabilidade, mas ao mesmo tempo uma desvantagem visto não haver seletividade garantida. [3]

B. Armários encastrados

Como foi referido anteriormente, a Câmara Municipal do Porto impõe limitações quanto ao uso de AD na via pública. Portanto, quando é mesmo necessário a colocação de um armário para efetuar distribuição, terá de ser encastrado numa parede, necessitando de aprovação prévia do dono do imóvel. Muitas vezes, em zonas antigas que necessitam de muitos ramais, é inviável a colocação de um número proporcional de armários, como seria desejado. Outra situação comum é a tentativa de fazer a distribuição em zona de caris histórico, que possuem interdição para colocação dos armários devido à sua classificação de património nacional. Nos casos em que é possível a colocação de armários, é recomendável que o último AD preveja a existência de um tribloco de reserva para uma futura expansão da rede ou futura ligação a outro ramal. [1]

De um modo geral e em concordância com o que foi dito anteriormente, a solução ideal para redes de distribuição em BT passa pela utilização, sempre que possível, de AD, pois

estes garantem proteção dos circuitos a derivar do armário tal como seletividade do circuito principal. [1]

C. Postos de transformação subterrâneos

Os postos de transformação subterrâneos são uma das principais topologias de PT usada na cidade do Porto. Isto deve-se ao facto de nem sempre ser possível a colocação de um PT de cabine baixa no local indicado, devido às infraestruturas existentes, muitas vezes classificadas pela Câmara do Porto. A solução usada nestes casos é, portanto, a colocação de um PT subterrâneo, que possui a vantagem de “contornar” as infraestruturas já existentes. No entanto, existem bastantes desvantagens com o uso desta topologia de PT. Há um acréscimo do perigo de manuseamento, aumenta a dificuldade em sair do PT em caso de acidente, há elevado risco de inundações e é necessário efetuar manutenções mais rigorosas e mais numerosas.

Atualmente evita-se ao máximo a colocação de PT subterrâneo, sendo apenas colocado como última alternativa.

D. Terra Única

Em geral, os circuitos de terra de proteção e terra de serviço são separados, sendo o neutro ligado à terra de serviço e as massas metálicas ligadas à terra de proteção, distinta da primeira. Contudo, com o crescimento populacional nas cidades, especificamente na cidade do Porto, inviabilizou a separação das terras em alguns casos, adotando-se o regime de terra única. [4]

“De acordo com o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (Decreto n.º 42895 de 60/03/31 e com as alterações introduzidas pelos Decretos Regulamentares n.º 14/77 de 18 de Fevereiro e n.º 56/85 de 6 de Setembro) poder-se-á optar nos PT MT/BT pelo estabelecimento de uma terra geral única (interligação da terra de serviço com a terra de proteção), tal como se faz nas subestações AT/MT, desde que a resistência global de terra seja igual ou inferior a 1 Ohm. “[4]

Como foi referido acima, para ser possível a utilização de terra única é necessário garantir uma resistência global igual ou inferior a 1 ohm. Caso não seja possível obter esse valor de resistência, é previsível a utilização de terras distintas nos PT.

Outro parâmetro que leva ao uso da terra única é a necessidade de existir uma separação entre terra de serviço e a terra de proteção igual ou superior a 20 metros. Quando não se consegue obter esse valor de separação, e consegue-se obter um valor de resistência inferior a 1 Ohm, opta-se pelo uso da tal terra única. [4]

Nas redes de distribuição em geral é típico o uso de terras independentes, mas na cidade do Porto, em particular, é comum o uso da terra única pela flexibilidade que garante face ao relevo onde são instalados os postos de transformação. Normalmente estes postos não têm espaço suficiente para abertura de valas em sentido contrário para os circuitos de terra distintos, de modo a conseguir cumprir a distância mínima entre terras obrigatórias. Quando não se consegue obter a distância de separação pretendida, interliga-se as terras para obter a terra única. [4]

Apesar desta especificidade permitir obter flexibilidade quando não se consegue obter terras independentes, uma das desvantagens do seu uso é o gasto adicional para se obter um valor de terra inferior a 1 Ohm. Como é um valor difícil de obter, é necessário utilizar técnicas para redução do valor de terra, que envolvem um gasto adicional, muitas vezes o dobro do que seria necessário com a implementação de terras separadas.

E. Interligação entre PT

Para finalizar a listagem das principais especificidades da rede do Porto surgem as interligações entre PT. Esta característica da rede de distribuição faz com que a rede seja bialimentada e, em caso de avaria ou manutenção de um PT, exista continuidade de serviço aos clientes.

Para apoiar a realização da interligação entre os PT, a EDP recorre às caixas de seccionamento, principalmente nos PT em que a rede seja maioritariamente explorada em T.

Para possibilitar essa alimentação de cargas com recurso a outro PT, é necessário confirmar se eles estão dimensionados para aguentar com este aumento de carga. Sendo a principal vantagem garantir a continuidade do serviço, sem ter de recorrer ao aluguer ou compra de geradores, uma desvantagem das interligações é o aumento considerável das perdas. A rede vai-se estender, as perdas vão aumentar, tal como a queda de tensão nos clientes.

Por exemplo, pela equação do cálculo de perdas (1), se considerarmos a presença de 2 cabos com 100 A cada, que possuem 1 ohm de resistência, vai-se obter perdas de 20000 W, ($10000+10000=20000$ W).

$$Perdas(W) = R(\Omega) \times I^2(A) \quad (1)$$

No entanto, e pela mesma equação (1), se for considerado apenas 1 cabo, mas com 200 A, possuindo na mesma 1 ohm de resistência, vão-se obter perdas de 40000 W.

Outra consequência e desvantagem da extensão da rede consiste no facto de poderem existir valores de tensões em violação, nos clientes. Segundo o regulamento de qualidade de serviço da ERSE, a queda de tensão máxima admissível numa canalização que tem origem no PT, e se destina a alimentar um cliente, é 8%. Com a extensão, caso algum cliente possua uma queda de tensão superior a esse valor, é necessário aumentar a tensão nominal do PT em 2,5%, para 410V, por exemplo. [5]

No entanto, a EDP suporta os seus estudos de viabilidade para alimentação de novos clientes, bem com a indisponibilidade dos PT para manutenção, numa ferramenta de cálculo computacional D-PLAN, sendo possível simular a exploração da rede, quer em estado normal, quer no estado recursivo, bem como a introdução de novas cargas na rede. De um modo geral, a EDP consegue

verificar se a rede em estudo está preparada para ser explorada sem necessitar de investimento. Esta ferramenta efetua todos os cálculos técnicos para se validar a solução, tais como quedas de tensão, sobrecargas e curto-circuitos.

III. INTERLIGAÇÃO ENTRE PT NA REDE DO PORTO

Como foi visto anteriormente, as interligações entre postos de transformação de distribuição na rede de BT do Porto consistem provavelmente na principal característica que a rede possui em comparação com uma rede de distribuição típica. Estas interligações permitem com que esta rede possa ser bialimentada, que constitui um ponto fulcral para conseguir assegurar a continuidade de serviço aos clientes em caso de avaria ou colocação para manutenção de um posto de transformação.

Dito isto, procedeu-se à criação de 2 cenários para estudar o impacto que as interligações têm numa rede de distribuição com uma estrutura semelhante à rede de distribuição do Porto. Com o recurso ao software SIT, que contém todo o cadastro da rede de distribuição nacional, foram inicialmente analisados alguns projetos do concelho do Porto, e deles coligidos alguns dados para estruturar a rede em causa. Foram também usados os softwares Matlab e Excel para obtenção, estruturação e análise de dados da rede e valores de tensões nos clientes, fluxos de potências e perdas nas linhas.

A. Garantia de continuidade do serviço

Como principal fonte de extração de dados para a construção dos cenários foi usado um projeto de loteamento de serviço público localizado no Amial. O cenário 1 consiste essencialmente na análise da distribuição desde o posto de transformação até aos clientes presente no dito projeto. Para tal foi usado o PTD2 do projeto de loteamento, já com todos os dados de cablagem, cargas e potência do transformador estabelecido, entre outros.

Na figura 1 encontra-se representado o esquema de distribuição do PTD2, onde é possível reparar que a potência nominal do transformador é 630 kVA, que alimenta 6 cargas distintas, recorrendo a 2 AD, AD2.1 e AD2.2.

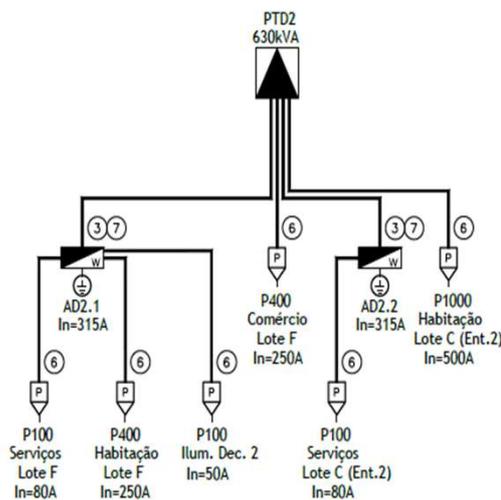


Fig.1. Esquema unifilar PTD2

Este cenário inicial apenas representa uma típica rede de distribuição que recorre a AD. No entanto, e com o objetivo de estudar como se comporta a rede quando se interliga os PT para assegurar a continuidade de serviço, construiu-se o cenário 2.

No cenário 2 são adicionados três novos PTD ao cenário 1. Destes novos postos de transformação, o PTD3, representado na figura 2, tem a mesma origem do PTD2, ou seja, todos os dados dessa rede de distribuição são provenientes do já referido projeto de loteamento.

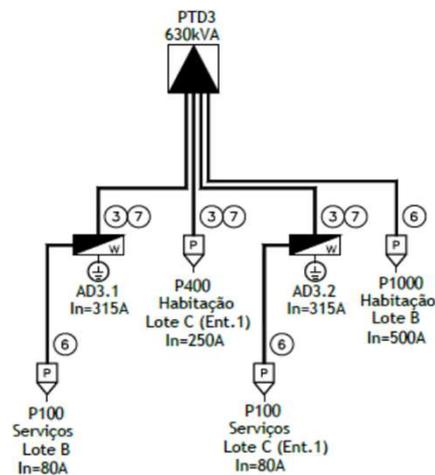


Fig.2 Esquema unifilar PTD3

No entanto, foram adicionados mais dois postos de transformação, estes com valores arbitrados, de maneira a ser possível assemelhar a um caso real de interligação da rede do Porto. Estes dois postos, representados na figura 3, são designados por PTDX e PTDY, e foram construídos com recurso ao software PowerWorld.

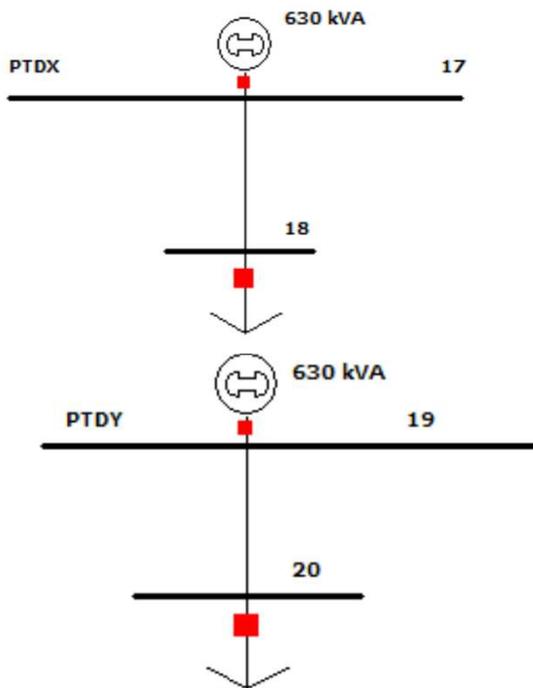


Fig.3 Esquema de rede do PTDX e PTDY em PowerWorld

Para este cenário estipula-se que o PTDX será colocado em manutenção e será necessário alimentar as suas respetivas cargas através das interligações com o PTDX3, PTDX e PTDY. Dito isto, considerou-se que a linha que interliga o PTDX3 e o PTDX transportava 140 kVA, enquanto a linha que interliga o PTDX e PTDY com o PTDX transportava 200 kVA, individualmente. A carga do PTDX e do PTDY correspondia a 40% e a 35%, respetivamente, da potência nominal do PT em causa.

Produção					Tipo	
Barramento	S (VA)	P (W)	PG (p.u)	V (p.u)	Barramento de:	Sigla
1					Carga	PQ
10	140000	112000	0,18	1	Produção	Ref
17	200000	160000	0,25	1	Produção	PV
19	200000	160000	0,25	1	Produção	PV

Fig.4 Valores das produções das interligações

Pela tabela presente na figura 4 é possível observar que o barramento 1 passou a ser um barramento de carga, PQ, enquanto os barramentos 10, 17 e 19 foram considerados como barramentos de produção, PV. Foi considerado como barramento de referência, R, o barramento 10. Para ser possível a análise dos valores obtidos em Matlab foi necessário criar a matriz dos dados da rede de cada PT em estudo, para além dos dados do PTDX2 já existentes. Para tal, foi necessário converter os respetivos valores para sistema p.u. Na construção da tabela de dados do PTDX e do PTDY, foi feito o processo inverso do usual.

Sabendo que era necessário transportar 200 kVA na linha de interligação, ou seja, 160 kW, converteu-se para p.u, no qual foram obtidos os valores já apresentados na figura 4.

Com estes valores de produção, e contrariamente ao normal, foi somado o valor da interligação ao valor da produção de cada barramento de produção. Obteve-se o valor de produção necessário para alimentar as respetivas cargas do PT mais as cargas do PTDX2, em p.u, presentes nas tabelas das figuras 5, 6 e 7:

PTDX						
Produção					Tipo	
Barramento	S (VA)	P (W)	PG (p.u)	V (p.u)	Barramento de:	Sigla
17	452000	361600	0,57	1	Produção	PV
18					Carga	PQ

Fig.5 Valores finais da produção do PTDX

PTDY						
Produção					Tipo	
Barramento	S (VA)	P (W)	PG (p.u)	V (p.u)	Barramento de:	Sigla
19	420500	336400	0,53	1	Produção	PV
20					Carga	PQ

Fig.6 Valores finais da produção do PTDY

PTD3						
Produção					Tipo	
Barramento	S (VA)	P (W)	PG (p.u)	V (p.u)	Barramento de:	Sigla
10	435440	348352	0,55	1	Produção	Ref
11					Carga	PQ
13					Carga	PQ
14					Carga	PQ
12					Carga	PQ
15					Carga	PQ
16					Carga	PQ

Fig.7 Valores da produção do PTD3

Com a interligação a produção atualizou-se para 0,73 p.u:

$$0,18 (p.u) + 0,55(p.u) = 0,73 p.u$$

Para a interligação foram utilizados cabos LVAV - 3x185+95 e considerando que a distância entre o PTD3, o PTDX e o PTDY ao PTD2 eram 75m, 110m e 130m, obteve-se os seguintes valores das linhas, cujos parâmetros se encontram representados na figura 8:

Barramentos		Linhas					
Início	Fim	L(km)	R (Ω)	X (Ω)	R (p.u)	X (p.u)	Ysh (p.u)
Barramento 1	Barramento 10	0,075	0,012	0,008	0,048	0,030	0
Barramento 1	Barramento 17	0,110	0,018	0,011	0,071	0,043	0
Barramento 1	Barramento 19	0,130	0,021	0,013	0,084	0,051	0

Fig.8 Valores das linhas das interligações

Para finalizar a construção do cenário, foi dimensionada uma tabela com todos os valores de linhas, cargas, produção, em p.u, e tipo de barramento, de maneira a simplificar a implementação desses valores no software que simula os parâmetros pretendidos.

Segue em anexo o esquema das interligações entre os postos de transformação considerados para estudo (figura 13) juntamente com a tabela descrita acima (figura 14).

B. Influência das interligações nos consumidores

Finalmente, para concluir os efeitos das interligações numa rede de distribuição em BT com uma topologia semelhante à da rede de distribuição do Porto, procedeu-se à fase da implementação. Nesta fase foram inseridos os valores das linhas, cargas e produção, e o tipo de barramento, definidos dos dois cenários, na ferramenta Matlab, onde foi usado o método NR como método para obtenção das quedas de tensão nos clientes, perdas nas linhas, fluxos de potência, entre outros. [2]

Esse método já previamente elaborado no Matlab, possuía como inputs os valores da linhas, cargas e produção, em sistema “por unidade”, e o tipo de barramento (PQ, PV ou Ref.). Através da construção da matriz das admitâncias nodais, cálculo das potências injetadas na rede, construção da matriz Jacobiana e efetuada a verificação da convergência, entre outros, são obtidos os outputs. Estes consistem em valores de tensão nos barramentos (em p.u) e módulo, fluxo de potência nas linhas e suas respectivas perdas.

Colocando os parâmetros do cenário 1 no Matlab obtém-se os seguintes valores de tensões nos barramentos (figura 9):

```

||Barramento || Valor tensão[pu] || Argumento da Tensão[rad] ||
U1= 1.0000 |_ 0.0000
U2= 0.9875 |_ 0.0012
U3= 0.9934 |_ 0.0009
U4= 0.9833 |_ 0.0039
U5= 0.9842 |_ 0.0015
U6= 0.9862 |_ 0.0023
U7= 0.9929 |_ 0.0007
U8= 0.9893 |_ 0.0036
U9= 0.9787 |_ 0.0022
Número de Iterações Realizadas até convergir:
1

```

Fig.9 Valores de tensões nos barramentos do cenário 1

Ao verificar os valores de tensão obtidos nos barramentos, conseguiu-se verificar que o barramento mais desfavorável é o barramento 9, apesar de não ser grande a diferença em comparação com os outros.

Isto deve-se ao facto da carga presente no barramento 9 ser a que se encontra a uma maior distância do PT, influenciando a impedância dos dois cabos em paralelo e aumentando a queda de tensão.

Sabendo que a queda de tensão máxima admissível desde o PT até ao cliente é 8%, e sendo esses 8% correspondentes a 32V, conclui-se que o valor mínimo aceitável de tensão é 368 V. Usando como tensão de base 400 V, o valor mínimo aceitável é 0,92 p.u, de acordo com o regulamento da qualidade de serviço.

$$400 (V) \times 0,08 = 32 V$$

$$400 (V) - 32(V) = 368 V$$

$$\frac{368 (V)}{400 (V)} = 0,92 p.u$$

Apesar do barramento mais desfavorável apresentar valores de tensão acima do mínimo aceitável, foi testado um novo cenário recorrendo ao uso de uma tomada do PTD2 para aumentar a tensão nominal em 1 patamar, correspondente a +2,5% da tensão nominal, ou seja, a tensão nominal do PT passou a ser 410 V.

$$400 (V) \times 0,025 = 10 V$$

$$400 (V) + 10 (V) = 410 V$$

A atualização do cenário consistiu na alteração da tensão nominal do PTD2 nos parâmetros da produção. Para isso foi convertido o valor para p.u, que corresponde a 1,025 p.u.

$$\frac{410 (V)}{400 (V)} = 1,025 p.u$$

Com este cenário atualizado foram obtidos valores mais próximos da tensão de referência, os 400V, e a tensão do barramento 9, o mais desfavorável, aumentou para aproximadamente 402 V, como é possível verificar na figura 10:

```

||Barramento || Valor tensão[pu] || Argumento da Tensão[rad] ||
U1= 1.0250 | _ 0.0000
U2= 1.0128 | _ 0.0012
U3= 1.0186 | _ 0.0009
U4= 1.0087 | _ 0.0038
U5= 1.0096 | _ 0.0015
U6= 1.0115 | _ 0.0023
U7= 1.0181 | _ 0.0007
U8= 1.0146 | _ 0.0035
U9= 1.0043 | _ 0.0021
Número de Iterações Realizadas até convergir:
1

```

Fig.10 Valores de tensões atualizados do cenário 1

Visto haver uma melhoria geral na tensão dos barramentos, foi usado esse valor de tensão atualizado para o cenário 2.

Posteriormente foram utilizados os valores tabelados do cenário 2 no Matlab e foram obtidos os seguintes valores de tensões nos barramentos, presentes na figura 11:

```

||Barramento || Valor tensão[pu] || Argumento da Tensão[rad] ||
U1= 0.9885 | _ 0.0220
U2= 0.9759 | _ 0.0233
U3= 0.9819 | _ 0.0230
U4= 0.9717 | _ 0.0261
U5= 0.9725 | _ 0.0236
U6= 0.9746 | _ 0.0245
U7= 0.9813 | _ 0.0228
U8= 0.9777 | _ 0.0258
U9= 0.9670 | _ 0.0243
U10= 1.0250 | _ 0.0000
U11= 1.0204 | _ 0.0006
U12= 1.0195 | _ 0.0008
U13= 1.0163 | _ 0.0032
U14= 1.0134 | _ 0.0011
U15= 1.0159 | _ 0.0031
U16= 1.0008 | _ 0.0024
U17= 1.0250 | _ 0.0115
U18= 1.0245 | _ 0.0114
U19= 1.0000 | _ 0.0628
U20= 0.9995 | _ 0.0628
Número de Iterações Realizadas até convergir:
3

```

Fig.11 Valores de tensões nos barramentos do cenário 2

Como já tinha sido previsto no tema das especificidades da rede BT do Porto, a interligação apresenta algumas desvantagens. Como houve extensão da rede, houve também um aumento da queda de tensão nos clientes mais afastados. A interligação ao ser efetuada em BT e com a adição dos cabos para efetuar a interligação, fez com que perdas totais da rede aumentassem, mas permitiu que houvesse continuidade do serviço, mesmo com o PTD2 em manutenção.

Comparativamente ao cenário 1, existiu uma diminuição acentuada da tensão no que era o barramento mais desfavorável, o barramento 9. Tinha-se concluído anteriormente que com o aumento da tensão nominal do PT para 410V, a qualidade do serviço melhorava. Para este caso, a tensão passou de 1,0043 p.u, 401,7V para 0,967 p.u, 386,8V. Mesmo com esta queda de tensão, os valores fornecidos aos clientes continuam dentro dos valores previstos no regulamento, ou seja, trata-se de uma exploração viável e com garantias do fornecimento de energia com boa qualidade de serviço.

IV. CONCLUSÕES

De uma maneira geral, o presente trabalho pode ser decomposto em 2 partes essenciais: a compreensão do funcionamento da rede de distribuição BT do Porto e o que a torna singular, e a análise dos impactos que surgem na rede com a interligação entre postos de transformação de distribuição.

Numa primeira parte, foi possível constatar que a rede de distribuição do Porto possuía algumas especificidades que apresentavam vantagens para a rede em si, mas que não representavam a solução ideal a implementar. Com o decorrer dos anos, muitas dessas soluções têm vindo a ser substituídas, como é o caso das caixas de seccionamento e, noutros casos, têm-se tentado dissuadir o seu uso, como é o caso dos postos de transformação subterrâneos, só usados como última solução.

Resumindo, as especificidades da rede do Porto permitem não só destacar a singularidade da sua rede comparativamente a uma rede puramente radial típica noutros locais, mas também perceber porque representam as soluções mais viáveis face aos obstáculos apresentados pela cidade do Porto e a sua rede.

Numa segunda parte foi executada uma análise sobre as interligações entre postos de transformação. Para tal foram criados 2 cenários.

No cenário 1 foi analisada uma rede típica, com apenas um PT a alimentar as suas cargas, recorrendo a AD para garantir proteção e seletividade dos circuitos. Foi averiguado se as quedas de tensão permaneciam dentro dos limites estabelecidos pela ERSE [11] e apesar de se confirmarem que os valores cumpriam todas as restrições, procedeu-se a um aumento da tensão nominal de modo a melhorar a qualidade de serviço e a aproximar a tensão do barramento mais desfavorável da tensão ideal.

No último cenário foi prevista a colocação para manutenção do PTD2 e a alimentação das suas cargas com recurso à interligação com outros 3 PT. Como já tinha sido previsto no tema das especificidades da rede BT do Porto, a interligação apresenta algumas desvantagens. Como houve extensão da rede, houve também um aumento da queda de tensão nos clientes mais afastados. A interligação ao ser efetuada em BT e com a adição dos cabos para efetuar a interligação, fez com que perdas totais da rede aumentassem, mas permitiu que houvesse continuidade do serviço, mesmo com o PTD2 em manutenção. Mesmo o aumento da queda de tensão, foi possível constatar que os valores fornecidos aos clientes continuaram dentro dos valores previstos no regulamento, ou seja, tratou-se de uma exploração viável e com garantias do fornecimento de energia com boa qualidade de serviço. Visto que um dos fatores de comparação entre os cenários foram as perdas da rede, foi construído um gráfico, presente na figura 12, onde é possível efetuar uma rápida comparação da influência de cada cenário nas perdas da rede, obtidas a partir do método NR:

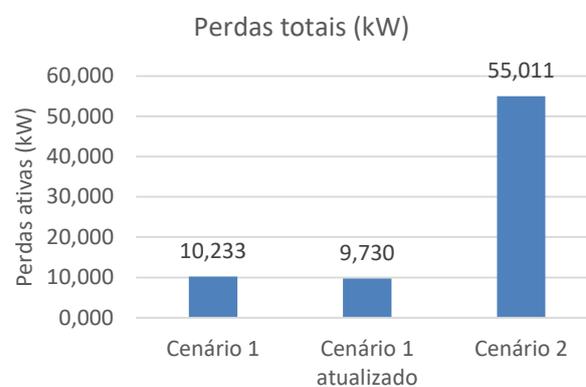


Fig.12 Comparação das perdas totais da rede nos diversos cenários

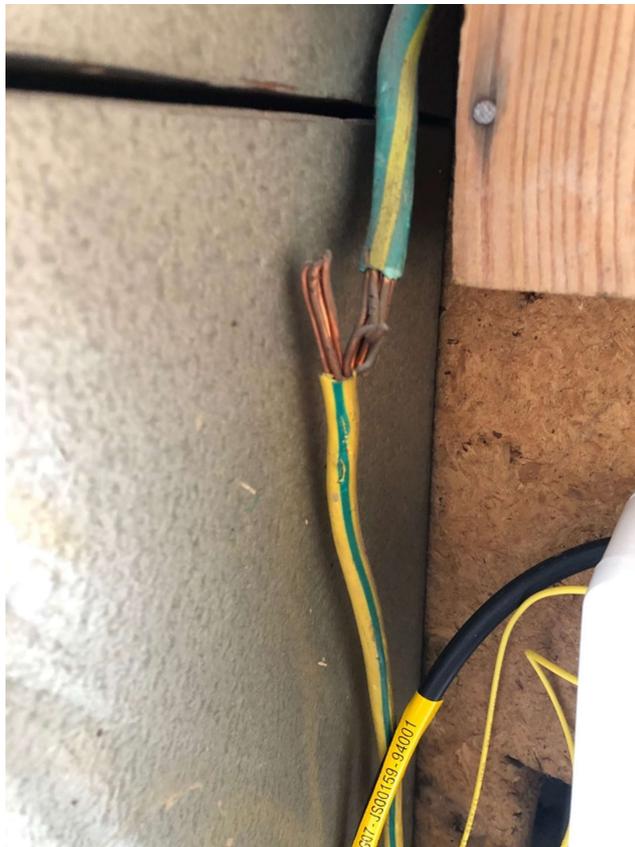
Comparando as perdas dos diversos cenários, é possível constatar que no cenário 1, ao aumentar a tensão nominal do PTD2 para 410V (cenário 1 atualizado), houve uma redução de perdas.

No cenário 2 houve a extensão da rede e o consequente aumento notório das perdas. Em comparação com o cenário 1, a interligação fez com que as perdas fossem 5 vezes mais, concluindo-se que um dos problemas das interligações em BT na rede do Porto é o aumento substancial das perdas totais.

REFERÊNCIAS

- [1] EDP Distribuição, “Manual de Ligações à rede elétrica de serviço público Guia técnico e logístico de boas práticas,” 2015.
- [2] J.-P. Dedieu, “Newton-Raphson Method,” *Encycl. Appl. Comput. Math.*, vol. 6, no. 7, pp. 1023–1028, 2015.
- [3] E. Distribuição, “Ligação de clientes de baixa tensão,” p. 226, 2015.
- [4] R. C. C. Branco, “REDES - LINHAS REDES - LINHAS,” 2015.
- [5] E. Dos, “Regulamento da Qualidade de Serviço,” 2017.

CURIOSIDADE



Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas
2ª Edição

Autor: António Augusto Araújo Gomes, Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva, José António Beleza Carvalho

Editora: Engebook

Data de Edição: 2019

ISBN: 9789898927620

Nº Páginas: 202

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas.

Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, seleccionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO
DIMENSIONAMENTO E PROTEÇÃO DE CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

António Gomes, Henrique Ribeiro Da Silva, José Beleza Carvalho

Sobre a obra

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, seleccionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

Sobre os autores

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Licenciado e Mestre (pre-doutor) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CEREBELUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro à Terra – Gabinete de Engenharia Ltda C252 e 2000. Prestação de serviços de formação profissional em áreas relacionadas com o ambiente das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética e diversos entalhos, nomeadamente NORVA – Consultores de Engenharia, Lda; Schmal – Engenharia e Serviços, Lda; ENERGO – Consultores de Engenharia, Lda; IQE – Instituto de Soluções e Qualidade Químicas – fábrica de Químicos Sintéticos, Lda; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CENEFCE – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; ICT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico EDV – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.

Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Produção, Transporte e Distribuição de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Mestre (pre-doutor) em Engenharia Industrial pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

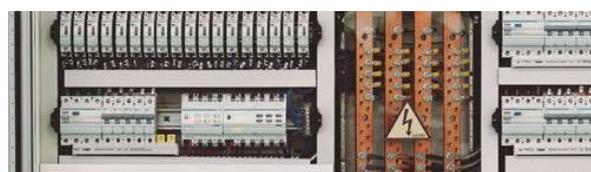
José António Beleza Carvalho

Bacharel e Licenciado em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de Sistemas de Energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando atualmente as funções de Diretor do curso de Mestrado em Sistemas Eléctricos de Energia. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista técnico-científica e integrada de artigos de papers públicas de doutoramento e para a carreira do ensino superior.

Apoio à Edição
hager

Parceiro de Comunicação
electricista

Também disponível em formato e-book
ISBN 9789898927620
9789898927620
www.engebook.pt



TRATAMENTOS SUSTENTÁVEIS E INOVADORES PARA A INDÚSTRIA DA MADEIRA

Resumo — A madeira é um recurso natural e uma das matérias-primas mais utilizadas. É a base de um dos tradicionais setores industriais portugueses, com forte imponentia a nível global.

Devido ao seu alargado leque de aplicações, este material, conta como a base para variadíssimos projetos, que requerem o aparecimento de produtos que aliem a inovação e a criatividade de forma assegurar a sua crescente procura. É neste sentido que o trabalho descrito neste artigo se torna de grande relevo, pois prima pela preocupação ambiental, desenvolvimento empresarial e inovação no ramo industrial. Neste projeto procedeu-se à síntese e otimização de diferentes pigmentos fosforescentes que foram posteriormente aplicados na formulação de um novo revestimento para a madeira. Este novo revestimento permitirá a valorização deste material de construção que é tão apreciado pelos consumidores acrescentando-lhe características únicas e inovadoras.

Palavras-Chaves - Tratamento, Fósforo, Pigmento, Tempo, Brilho.

I. INTRODUÇÃO

O projeto apresentado neste artigo foi realizado em parceria com uma empresa do setor da madeira e derivados, a Ferreira Martins & Filhos S.A.

O óleo fosforescente desenvolvido tem como principal característica tornar a madeira fosforescente, emitindo luminosidade durante a noite sem a presença de luz externa, mantendo as propriedades naturais do material intactas. Assim, durante o dia a madeira apresenta um aspeto, cor e cheiro naturais e após a cessação da fonte de luz, esta emite luz durante um período que pode variar entre minutos a horas.

A madeira é um produto de origem natural, que não necessita de transformação industrial, além dos tratamentos

inerentes às suas características.

É um material renovável, reciclável e biodegradável. Além disso, o seu baixo custo económico face a outros tipos de materiais de construção (betão, aço e alumínio), o fácil manuseamento laboral e a excelente capacidade de isolamento térmico e elétrico, são características que tornam a madeira num excelente produto para construção [1].

A madeira que é proveniente das árvores situadas no interior das florestas, para além da grande importância industrial associada, acresce uma grande responsabilidade ambiental, visto que as árvores, de onde a madeira é produzida ajudam na renovação do ar com o consumo de CO₂ (dióxido de carbono) e libertação de O₂ (oxigénio), sendo isto fundamental para precaver o aquecimento global e para manter um bom nível de qualidade do ar.

Apesar das vantagens acima descritas associadas ao uso deste material existem também alguns inconvenientes, tais como, a vulnerabilidade à humidade (visto ser um material higroscópico), a vulnerabilidade ao fogo devido à sua capacidade de combustão, e não descurando os agentes externos (vento, chuva, granizo, neve) que também afetam a durabilidade e resistividade do material. Para além destes fatores, quando não são praticadas as medidas de manutenção necessárias, a madeira acaba por se degradar, sendo o ato de arejamento fundamental para um maior aproveitamento.

Como tal, para contornar este problema existem no mercado alguns tratamentos para a madeira. Nos dias que correm é usual a aplicação de um pré-tratamento à base de óleos e vernizes que, para além de se obter um acabamento mate ou brilhante, conforme a quantidade utilizada, também hidrata e torna a madeira mais resistente aos agentes naturais [1].

Com vista à modernização do mercado das madeiras, tem sido crescente a procura de novos revestimentos que mantenham as propriedades naturais da madeira inalteradas, tornando este material mais atrativo, interessante e principalmente mais rentável [2].

A. Pigmentos Fosforescentes

A fosforescência é um caso particular de um fenómeno geral denominado luminescência. Os materiais luminescentes emitem luz quando expostos a uma fonte de excitação, e podem ser classificados de acordo com o tempo de vida da emissão em fluorescentes, quando imitem luz durante a exposição à radiação e depois de cessada esta voltam ao seu estado normal/fundamental, e fosforescentes, quando a emissão persiste durante um período de tempo depois da excitação, como se pode observar na Figura 1 [3].

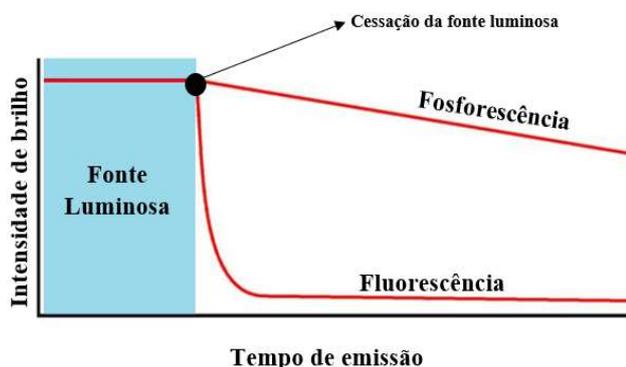


Figura 1 - Decaimento da intensidade de brilho de um material fosforescente e material fluorescente.

Os pigmentos fosforescentes, usualmente denominados de fósforos foram descobertos no início do século XVII por um alquimista Italiano de seu nome Vincentinus Casciarolo. De certa forma ocasional, este alquimista ao tentar obter um novo metal, atirou um cristal com brilho para o interior de um vulcão. O resultado não foi o novo metal pretendido, mas um material luminescente que emitia luz vermelha no escuro após exposição à radiação solar [4].

Com o aprofundar do conhecimento descobriu-se que a composição deste novo material era BaSO_4 (Sulfato Bário).

Mais tarde diversos derivados deste composto foram sintetizados originando diferentes cores e graus de intensidade [4].

Os pigmentos fosforescentes podem ser classificados consoante a duração da sua emissão após cessação da fonte de radiação, em pigmentos fosforescentes de curta ou longa duração. No primeiro caso, a duração da emissão pode durar apenas alguns segundos enquanto que, no segundo caso a duração da emissão do pigmento após exposição à fonte de radiação pode variar entre minutos a horas. Estes últimos têm um maior interesse científico já que têm um elevado potencial em possíveis aplicações industriais. Este projeto irá focar-se em pigmentos fosforescentes de longa duração.

B. Fósforos de longa duração

Os fósforos de longa duração (do inglês *Long Lasting Phosphors*, LPP) possuem maior capacidade de reter a radiação, emitindo durante um longo período de tempo. O tempo de vida do fósforo é muito superior ao tempo de exposição, tornado este tipo de fósforo mais rentável industrialmente. Esta propriedade, devido à sua estrutura eletrônica, permite emissão de luz no escuro sem que seja necessário recorrer a luz artificial [4].

A longa emissão por parte deste tipo de material é consequência da energia armazenada na rede cristalina devido aos fenómenos de “captura” (do inglês *traps*) de carga, que são produzidas durante a excitação dos átomos.

Os primeiros fósforos conhecidos foram os sulfatos, no entanto estes materiais fosforescentes possuíam um tempo de vida muito curto levando à introdução de elementos radioativos como o Trítio (^3H). A curto prazo percebeu-se que não seria a melhor solução devido aos problemas que a radioatividade provoca na saúde [3].

Na década de 90 Matsuzawa divulgou um novo tipo de fósforo de longa duração, $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}/\text{Dy}^{3+}$, situado no espectro do visível com o comprimento de onda na ordem

dos 520nm (cor verde) este fósforo emitiu radiação por cerca de 16h. Alguns anos mais tarde surge uma nova composição de fósforo de emissão prolongada, $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Ce}^{3+}/\text{Nd}^{3+}$ revelando uma cor azulada. Pouco tempo depois surge uma nova estequiometria do composto primeiramente descrito, $\text{SrAl}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}/\text{Dy}^{3+}$ evidenciando uma cor azul/verde, situado no espectro do visível com o comprimento de onda na ordem dos 495nm e com uma emissão de 20h. Estes tipos de fósforos tornam-se particularmente interessantes devido à sua capacidade de emissão durante longos períodos de tempo, perspetivando-se como um material com diversas possíveis aplicações tais como em sinais luminosos e de segurança, e em decoração [5].

Durante anos, diversos grupos de investigação dedicaram-se à descoberta das melhores estequiometrias e dos melhores reagentes de forma a otimizar não só a intensidade como também o tempo de emissão dos fósforos. Deste modo, surgem diversas estequiometrias (MXnO_4 , MSiO_3 , MS , ...) com constituintes principais (M) tais como, Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Estrôncio (Sr), e dopantes de iões metálicos de terras raras (Eu^{3+} , Eu^{2+} , Ce^{3+} , Tb^{3+} , Sm^{3+} , Pr^{3+} , Dy^{3+} , Er^{3+} , Tm^{3+} , Nd^{3+}) ou de metais de transição (V^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Ti^{4+} , Sn^{2+} , Co^{2+} , Bi^{3+} ou Pb^{2+}) [6].

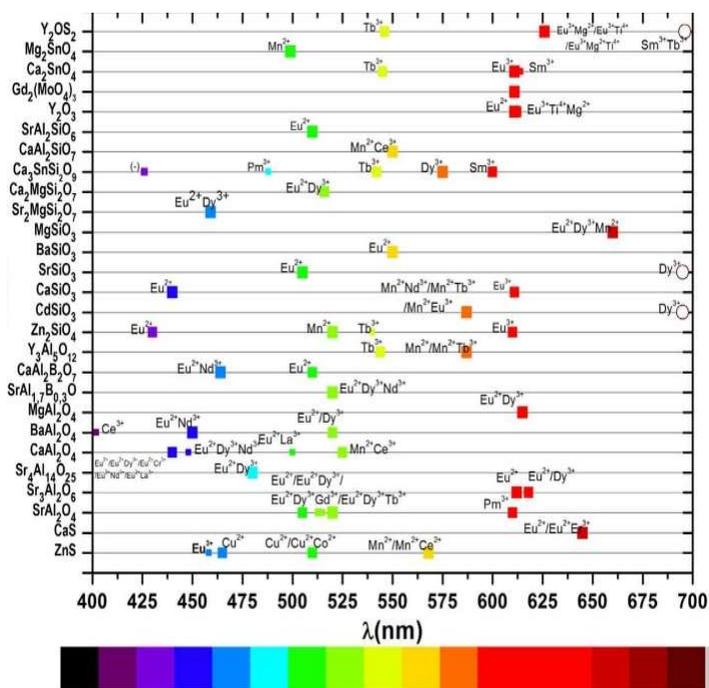


Figura 1- Diferentes composições químicas de pigmentos fosforescentes. (R.E. Rojas-Hernandez et al.) [7]

C. Aluminatos de Estrôncio

No ponto anterior abordou-se os diferentes tipos de fósforo e a sua evolução ao longo dos tempos. Após a descoberta em 1996 do $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+} + \text{Dy}^{3+}$ de Matsuzawa et al., o SrAl_2O_4 foi dopado principalmente com európio e co-dopado com disprósio para obter um material de duração longa e persistente [4].

Com o aprofundar dos conhecimentos e evolução dos fósforos, o aluminato de estrôncio destacou-se dos demais pigmentos pelas suas características fosforescentes persistentes e duradouras, e pela excelente intensidade de brilho.

De um modo geral, a síntese de fósforos pode ser feita por diferentes métodos químicos: Sol-gel, combustão hidrotermal, microemulsões ou estado sólido, sendo esta última a mais usada a escala industrial e com maior eficiência. Este tipo de síntese usa os compostos em estado sólido que são posteriormente expostos a altas temperaturas, que podem variar entre 1000° a 1700° C durante um determinado período de tempo [3].

II. PROCEDIMENTO

A preparação de fósforos foi levada a cabo através de síntese em estado sólido, usando na sua composição os seguintes reagentes: carbonato de estrôncio, óxido de alumínio (III), óxido de európio (III), óxido de disprósio (III) e ácido bórico.

A. Síntese de fósforos

Após a pesagem de determinadas quantidades destes reagentes, estes foram colocados num moinho planetário de modo a favorecer a homogeneidade dos compostos.

O material resultante foi colocado num cadinho e introduzido num forno para ser sujeito a um tratamento térmico que pode variar entre 2 a 10 horas, a uma temperatura entre 1000^o e 1700^o C sob atmosfera redutora. Por fim, o produto obtido foi novamente colocado no moinho de forma a reduzir e homogeneizar o tamanho das partículas.

III. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A síntese de fósforos foi realizada em laboratório com o auxílio de um forno de altas temperaturas da Termolab e de um moinho planetário da Gravimetria.

Tal como mencionado anteriormente de entre o variado leque de fósforos existentes na literatura foi escolhido os baseados em aluminato de estrôncio dopado com európio e disprósio ($Sr_xAl_nO_m: Eu^{2+}, Dy^{3+}$), tendo em conta que são os descritos como os que possuem maior duração de emissão e melhor intensidade de brilho comparativamente aos já existentes.

Começou-se por replicar um primeiro método de síntese descrito por Zhi Chen et al [8]. Nesta, e na maior parte das sínteses de fósforos baseados em aluminato de estrôncio, os componentes usados foram, o carbonato de estrôncio e o óxido de alumínio como base, o ácido bórico como ligante (do inglês "fluxing agent") entre todos os reagentes, o óxido de európio (III) e o óxido de disprósio (III) como dopantes. Estes últimos têm como função estimular a reação de forma a intensificar os seus efeitos. O európio (III) tende a colorar o produto mediante a estequiometria adotada. O disprósio funciona como co-ativador do európio intensificando o brilho e tempo de emissão do fósforo.

A primeira síntese testada foi com a estequiometria $SrAl_2O_4:Eu^{2+},Dy^{3+}$ que corresponde a uma cor amarelo/esverdeado. Escolheu-se esta em primeiro lugar porque é também a cor mais intensa e a que os nossos olhos são mais sensíveis. Nesta síntese testou-se o tempo de reação de 3 horas a uma temperatura de 1350^o C [8].

Posto isto, repetiu-se a mesma reação, mas foi aumentado o tempo de exposição à temperatura para 10 horas. Como resultado, foi obtido uma vez mais um pó com emissão de luz amarelo/esverdeada, um pouco mais intensa e com uma melhoria substancial na duração da emissão.

Após respetivas reproduções das sínteses anteriores, passou-se a testar uma nova estequiometria, que é descrita na literatura como a correspondente a uma cor azulada $Sr_4Al_{14}O_{25}:Eu^{2+}, Dy^{3+}$. Após se mudarem as quantidades de reagentes pesados de acordo com a estequiometria pretendida, o produto foi exposto a 1350 °C durante 5 horas. Como resultado obteve-se um pó, semelhante ao resultante nas sínteses anteriores, mas desta vez com emissão de luz azulada.

Com o intuito de aumentar a intensidade do brilho deste último fósforo sintetizado, foi adicionado à reação uma determinada quantidade de óxido de prata (I) que é descrito na literatura como responsável por um aumento do brilho obtido. O resultado foi de encontro ao esperado na medida em que foi obtido uma pequena melhoria na intensidade do brilho deste fósforo azul.

Ainda numa tentativa de testar as diferentes estequiometrias, testou-se o $Sr_2Al_3O_6:Eu^{2+}, Dy^{3+}$ com o intuito de conseguir uma cor vermelha. O produto obtido desta síntese foi um pó semelhante aos anteriormente conseguidos. No entanto quando excitado com a lâmpada UV foi observado uma cor avermelhada, mas com apenas características fluorescentes, ou seja, quando é extinta a fonte de excitação a cor vermelha desaparece. Em suma, com esta síntese apenas se conseguiu pigmentos avermelhados fluorescentes o que não é o objetivo. No entanto, baseando-se na literatura disponível o óxido de cromo (III) é apontado como um componente que quando adicionado à composição dos fósforos poderá originar pigmentos fosforescentes vermelhos. Posto isto, foi testado uma síntese em tudo semelhante às testadas anteriormente para obter o pigmento azul, mas desta vez adicionando uma pequena porção de óxido de cromo (III).

Neste processo, serão utilizados três dopantes ao invés de apenas dois como nas reações anteriores. A fórmula química final será $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}; \text{Dy}^{3+}; \text{Cr}^{3+}$. Neste caso específico o óxido de cromo (III) atuará como ativador juntamente com o európio.

Posto isto, testou-se diferentes estequiometrias usando uma determinada quantidade de óxido de cromo (III) e variando as temperaturas a que o produto foi exposto, bem como o tempo de exposição.

O resultado esperado não foi o previsto, visto que se obteve fosforescência amarela/esverdeada ao invés do vermelho que era esperado.

A. Análise estatística ANOVA

Tendo já estabelecido anteriormente as melhores condições reacionais para obter a cor amarelo/esverdeada e o azul, selecionou-se uma delas e procedeu-se à sua otimização. Para compreender quais são os fatores que mais afetam a intensidade e a duração da emissão por parte dos pigmentos fosforescentes recorreu-se a um software denominado de *Unscrambler*.

Neste caso específico foi escolhido analisar de entre três variáveis (a percentagem de ácido bórico, a temperatura e o tempo reacional) qual ou quais afetam mais significativamente os pigmentos sintetizados. De entre as sínteses prévias que foram realizadas, elegeu-se para realizar esta análise a estequiometria correspondente à cor azul, a $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$. Este foi o fósforo escolhido, pois já se tinha obtido bons resultados anteriormente e é uma das alternativas mais viáveis ao já conhecido, e mais usado, fósforo de emissão amarelo/esverdeada.

Devido à complexidade deste estudo, uma vez que há associação de diferentes variáveis (ácido bórico, temperatura e tempo) recorreu-se então ao *Unscrambler* de modo a obter o esquema de sínteses a realizar.

A Tabela 1 especifica as variáveis e valores estudados para cada uma.

Tabela 1 – Valores da percentagem de ácido bórico, temperatura e tempo estudados.

Variáveis	Valores estudados	
% Ácido bórico	20	50
Temperatura (° C)	1100	1500
Tempo (h)	3	10

Tendo em conta as variáveis em estudo e os respetivos valores estabelecidos o programa definiu um total de 6 sínteses a realizar e também dois pontos centrais (a negrito), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Conjunto de sínteses a realizar.

	$\text{H}_3\text{BO}_3(\%)$	Temperatura (°C)	tempo(h)
Síntese 1	20	1100	10
Síntese 2	20	1500	3
Síntese 3	50	1100	3
Síntese 4	50	1500	10
Síntese 5	35	1300	6.5
Síntese 6	35	1300	6.5

Os valores escolhidos para cada uma das variáveis em análise foram selecionados de acordo com os resultados obtidos em sínteses prévias. Após a realização de todas as sínteses planeadas e de forma a poder quantificar numericamente os resultados, no que diz respeito à intensidade do brilho, à duração da emissão e à cor obtida, foi estabelecida a seguinte escala presente na Tabela 3.

Tabela 3 - Escala de classificações dos resultados obtidos.

0	Não obteve resultados
1	Obteve resultados fora do contexto
2	Alcançou fraco resultado
3	Alcançou um médio resultado
4	Alcançou um bom resultado
5	Alcançou um excelente resultado

As classificações foram dadas de acordo com a observação do pigmento a olho nu. O tempo de emissão foi quantificado após 5 minutos de exposição numa lâmpada de luz ultravioleta, sendo apresentados os resultados finais na Tabela 4.

Tabela 1- Variáveis com respectivos valores e categorias avaliativas.

	Variáveis com os respectivos valores			Categorias avaliativas de cada experiência		
	Temperatura (°C)	H ₃ BO ₃ (%)	tempo(h)	Intensidade	Tempo de emissão	Cor
Síntese 1	1100	20	10	0	0	0
Síntese 2	1500	20	3	4	2	1
Síntese 3	1100	50	3	0	0	0
Síntese 4	1500	50	10	5	4	3
Síntese 5	1300	35	6,5	2	3	2
Síntese 6	1300	35	6,5	3	2	2

Os valores obtidos foram sujeitos a uma análise de variância (ANOVA). A ANOVA permite analisar se um dado fator independente tem algum efeito significativo numa dada variável dependente.

Os resultados obtidos são apresentados em tabelas com os valores estatísticos onde se pode concluir qual das variáveis tem influência mais significativa no nosso resultado e também foi obtido superfícies de resposta onde se pode ver melhor esse resultado. Com este programa foi possível dividir os resultados em três categorias. Na primeira pode-se observar quais são as variáveis que mais influenciam a cor obtida após a reação, na segunda categoria pode-se observar a que mais influência a intensidade de brilho obtido e na terceira pode-se concluir quais as que influenciam mais significativamente a duração da emissão dos fósforos sintetizados.

1) Cor

Na Tabela 5 são apresentados os resultados obtidos para a influência da percentagem de ácido bórico, da temperatura e do tempo na cor dos pigmentos.

Pela análise da tabela pode-se concluir que a temperatura é a que tem um efeito mais significativo na cor obtida uma vez que apresenta o maior de F-ratio (6) do mesmo modo que o valor de p-value (0.134) é inferior aos valores correspondentes à percentagem de ácido bórico e ao tempo de reação. As outras duas variáveis têm um efeito pouco significativo.

Tabela 5 – ANOVA para a análise dos efeitos das variáveis estudadas na cor obtida

	SS	DF	MS	F-ratio	P-value	B-coefficients	STDev.
Model	6	3	2	3	0,2599		
Error	1,333	2	0,667				
Adjusted Total	7,333	5	1,467				
Variable							
Intercept	10,667	1	10,667	16	0,0572	1,333	0,333
T(C)(A=BC)	4	1	4	6	0,134	5,00E-03	2,04E-03
Boric Acid (%)(B=AC)	1	1	1	1,5	0,3453	3,33E-02	2,72E-02
t(h)(C=AB)	1	1	1	1,5	0,3453	0,143	0,117
Lack of Fit							
Lack of Fit	1,333	1	1,333	m	0		
Pure Error	0	1	0				
Total Error	1,333	2	0,667				

A Figura 3 mostra a superfície de resposta para a cor do fósforo onde está representada a percentagem de ácido bórico em função da temperatura. Pode-se observar que temperaturas mais elevadas e percentagens de ácido bórico superiores favorecem o aparecimento da cor pretendida.

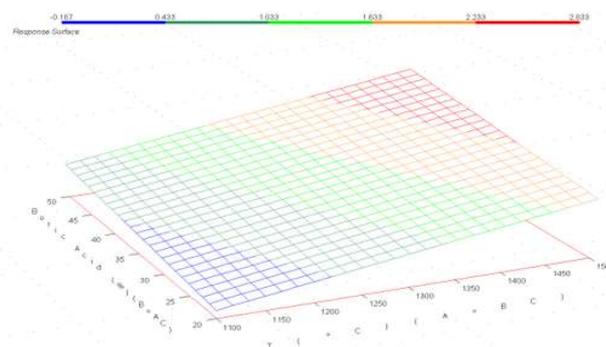


Figura 3 - Superfície de resposta obtida para o efeito da percentagem ácido bórico vs temperatura na cor obtida.

2) Intensidade de Brilho

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos para a influência da percentagem de ácido bórico, da temperatura e do tempo na intensidade do brilho dos fósforos obtidos. Pela análise da tabela foi possível concluir que a temperatura é, mais uma vez, a que tem um efeito mais significativo na intensidade de brilho obtida uma vez que apresenta o maior de F-ratio (69.429) do mesmo modo que o valor de p-value (0.0141) é inferior aos valores correspondentes à percentagem de ácido bórico e ao tempo de reação. As outras duas variáveis têm um efeito pouco significativo.

Tabela 6 - ANOVA para a análise dos efeitos das variáveis estudadas na intensidade de brilho.

	SS	DF	MS	F-ratio	P-value	B-coefficients	STDerr.
Model	20,75	3	6,917	23,714	0,0407		
Error	0,583	2	0,292				
Adjusted Total	21,333	5	4,267				
Variable							
Intercept	32,667	1	32,667	112	0,0088	2,333	0,22
T(C)(A=BC)	20,25	1	20,25	69,429	0,0141	1,13E-02	1,35E-03
Boric Acid (%) (B=AC)	0,25	1	0,25	0,857	0,4523	1,67E-02	1,80E-02
t (h)(C=AB)	0,25	1	0,25	0,857	0,4523	7,14E-02	7,72E-02
Lack of Fit							
Lack of Fit	8,33E-02	1	8,33E-02	0,167	0,7532		
Pure Error	0,5	1	0,5				
Total Error	0,583	2	0,292				

A Figura 4 mostra a superfície de resposta para a intensidade do brilho onde está representada a percentagem de ácido bórico em função da temperatura. Pode-se observar que a maior intensidade de brilho é obtida a temperaturas mais elevadas.

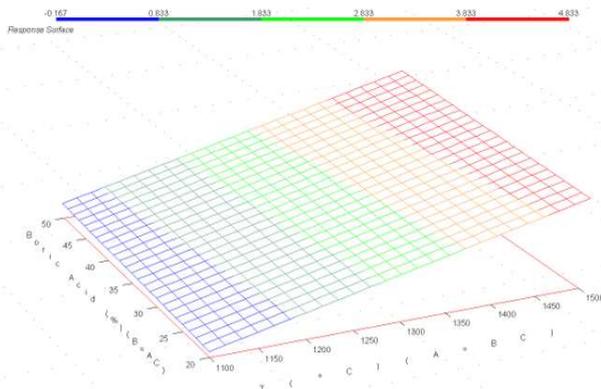


Figura 4 - Superfície de resposta obtida para o efeito da percentagem ácido bórico vs temperatura na intensidade de brilho.

3) Tempo de emissão

Na Tabela 7 são apresentados os resultados obtidos para a influência da percentagem de ácido bórico, da temperatura e do tempo na duração da emissão dos fósforos obtidos.

Pela análise da tabela foi possível concluir que a temperatura é, mais uma vez, a que tem um efeito mais significativo no tempo de emissão obtido uma vez que apresenta o maior de

F-ratio (9.818) do mesmo modo que o valor de p-value (0.0885) é inferior aos valores correspondentes à percentagem de ácido bórico e ao tempo de reação. As outras duas variáveis têm um efeito pouco significativo.

Tabela 7 - ANOVA para a análise dos efeitos das variáveis estudadas no tempo de emissão do fósforo.

	SS	DF	MS	F-ratio	P-value	B-coefficients	STDerr.
Model	11	3	3,667	4	0,2064		
Error	1,833	2	0,917				
Adjusted Total	12,833	5	2,567				
Variable							
Intercept	20,167	1	20,167	22	0,0426	1,833	0,391
T(C)(A=BC)	9	1	9	9,818	0,0885	7,50E-03	2,39E-03
Boric Acid (%) (B=AC)	1	1	1	1,091	0,4059	3,33E-02	3,19E-02
t (h)(C=AB)	1	1	1	1,091	0,4059	0,143	0,137
Lack of Fit							
Lack of Fit	1,333	1	1,333	2,667	0,3498		
Pure Error	0,5	1	0,5				
Total Error	1,833	2	0,917				

A Figura 5 mostra a superfície de resposta para a duração da emissão onde está representada a percentagem de ácido bórico em função da temperatura. Pode-se observar o maior tempo de duração da emissão por parte do fósforo é obtido a temperaturas e percentagens de ácido bórico elevadas.

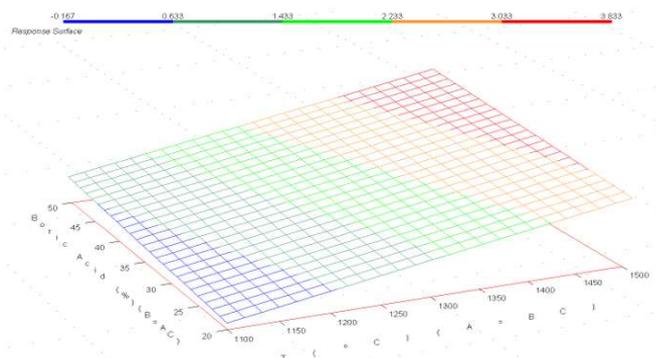


Figura 5- Superfície de resposta obtida para o efeito da percentagem ácido bórico vs temperatura no tempo de emissão do fósforo.

Em resumo conclui-se com este estudo que a temperatura é o fator que mais influencia a cor, a intensidade de brilho e a duração da emissão dos fósforos. De notar que a duração da emissão dos fósforos foi feita a olho nu, recorrendo a uma lâmpada de radiação ultravioleta como fonte de excitação.

O valor máximo de duração da emissão observado foi de 50 minutos para a síntese 4. No entanto este valor pode não corresponder totalmente à realidade visto não se possuir ainda o material adequado para se efetuar a medição com mais eficiência.

B. Análise da intensidade dos fósforos

De forma a compreender melhor em que comprimento de onda os fósforos se situavam, bem como para ter uma melhor percepção da intensidade luminosa emitida, utilizou-se um espectrofluorímetro (Fluoromax 4 da HORIBA). Os resultados apresentados no Gráfico 1, mostram que a síntese 4 é a que apresenta uma maior intensidade de luz emitida enquanto que a síntese 1 e 3 praticamente não emitem qualquer luz. Estes resultados vão de encontro aos obtidos a olho nu.

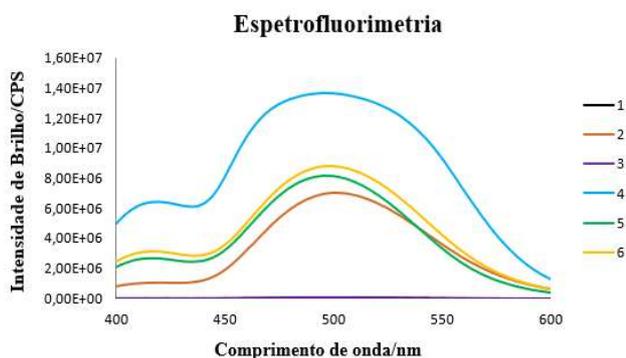


Gráfico 1 - Análise do comprimento de onda e intensidade de brilho.

IV. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Atualmente a madeira surge como um material de excelente qualidade na área da construção tendo um amplo campo de aplicação tanto em estruturas como em acabamentos. A madeira alia um agradável aspeto visual com um bom desempenho estrutural, boa resistência e durabilidade, afirmando-se como uma excelente escolha face a outros materiais.

Foi possível obter diferentes tipos de fósforos de longa duração. Embora nem todos atingissem o objetivo esperado

foram essenciais para aprender de que forma era possível melhorar futuras sínteses. Conclui-se que o aluminato de estrôncio dopado com európio e disprósio se afigura como o melhor fósforo devido à sua longa persistência ao longo do tempo e pelo brilho intenso.

Como trabalho futuro, deve continuar a ser feita a otimização das sínteses dos fósforos de modo a atingir o tempo de duração da emissão no escuro pretendido. Deve também ser feita a caracterização dos pigmentos sintetizados.

V. AGRADECIMENTOS

Queria prestar um agradecimento ao Professor Doutor Joaquim Carlos Gomes Esteves da Silva e ao Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território pela oportunidade concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Marques Luís Eduardo Menezes Marinho - O papel da madeira na sustentabilidade da construção. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil — especialização em Construções Cívicas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto 2007/2008.
- [2] 2008 Projeto I&DT – Ferreira Martins & Fos, SA v.0 - 08/09/2016.
- [3] Rocío Estefanía Rojas Hernández - Diseño y síntesis de materiales nanoestructurados basados en aluminatos de estroncio com propiedades fotoluminiscentes. Tesis doctoral– Universidad Politécnica de Madrid – 2015.
- [4] Hom Nath Luitel - Preparation and Properties of Long Persistent Sr4Al14O25 Phosphors Activated by Rare Earth Metal Ions. A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Philosophy in Applied Chemistry, Saga University - March 2010.
- [5] T. Matsuzawa, Y. Aoki, N. Takeuchi, and Y. Murayama, "A New Long Phosphorescent Phosphor with High Brightness, SrAl2O4:Eu2+, Dy3+ " - Journal of The Electrochemical Society, vol. 143, no. 8, p. 2670, 1996.
- [6] Hindawi Publishing Corporation, Journal of Materials, Volume 2013, Article ID 613090 - Giant Improvement on the Afterglow of Sr4Al14O25:Eu2+, Dy3+ Phosphor by Systematic Investigation on Various Parameters.
- [7] Rocío Estefanía Rojas-Hernandez et al. - Long lasting phosphors: SrAl2O4: Eu, Dy as the most studied material - Renewable and Sustainable Energy Reviews 81 (2018) 2759–2770.
- [8] Zhi Chen et al. - Warm-toned, color-tunable, and highly emissive long lasting phosphorescent -Journal of Luminescence.

CASE STUDY OF AN ENERGY-INTENSIVE CONSUMER

The energy sector is one of the pillars of growth and development for industries and it has been increasing in the last decades. Due to the need of rationalizing energy in industries, the concept of energy efficiency arises. For a rational use of energy, it was created strategies and measures to reduce energy consumptions in a sustainable way – social, economic and environmental. To analyze these consumptions, this paper contains a case study of an energy-intensive industrial installation. This study consists of analyzing all the energy consumptions of the installation, through the obtained values of energy indicators.

Keywords—energy efficiency, energy indicators, EICMS.

I. INTRODUCTION

The industrial sector is one of the sectors with the highest energy consumption of non-renewable energy, representing about 30% of final energy consumption in Portugal. [1] From a global perspective, this sector consumes about 54% of the world's total provided energy. Beyond energy consumption, industries also emit large quantities of carbon dioxide, related to both their energy consumption and their production processes. [2] The industry is therefore incentivized by governmental entities to improve energy efficiency. Expected energy efficiency improvements in the industrial sector temper have growth of industrial energy demand, particularly for the energy-intensive industries. Industries are unaware of efficiency increases that can be realized quite simply and are extremely cost-effective. The outcome of reducing energy use is the production of clean, cost-competitive and environmentally reliable energy by modern power industry. Through counselling and energy audits, industries are introduced to several solutions focused on reducing energy consumption. [3] The main objectives of energy efficiency solutions are minimizing energy waste, promote the use of renewable energy sources, reduce the emission of polluting gas.

This study case is based on the analysis of the energetic consumption of an energy-intensive consumer, that, in this case, is an industrial entity. This way, the respective energetic vectors are analyzed after collecting some data about them. The main objective of this case study is to expose that energy consumption reduction is one of the pillars of energy efficiency, particularly in energy-intensive consumer industries.

II. ENERGY INTENSIVE CONSUMER MANAGEMENT SYSTEM

The Energy Intensive Consumer Management System (EICMS) is one of the predicted strategies of the National Energy Efficiency Action Plan. It is a strategy aimed at the country's biggest energy consumers: the industries.

Under the Portuguese law and the National Energy Strategy, the Decree-Law number 71/2008 was published, creating the EICMS with the purpose to promote energy efficiency and supervise the energy consumptions of energy-intensive users. In this way, it also intends to reduce the dependence on the use of non-renewable energies. [4] The Decree-Law number 7/2013 approves the realization of energy audits and energy rationalizing plans, as well as its control and progress. [5]

The EICMS is applied to energy-intensive users that have energy consumptions higher than 500 tons of oil equivalent (toe). The consumers are obligated to do energy audits every 8 years and to reduce 4% or 6% of the energy indicators. [6] The EICMS's objectives are promoting energy efficiency and control energy consumptions mostly in energy-intensive industries consumers. It also contributes to the reduction of greenhouse gas emissions, like CO₂.

The EICMS is subordinate to a functional structure, which depends on some energy entities.

A. System structure

This management system requires regularly energy audits in order to understand the several energy utilizations conditions. It is also necessary to elaborate Energy Consumption Rationalization Plans (ECRP) which should contemplate minimum energy efficiency targets. After the plan's approval, it will turn out to be Energy Consumptions Rationalization Agreements (ECRA). Following, an Implementation and Progress Reports (IPR) must be elaborated to verify the energy efficiency targets evolution. Briefly, the scheme below represents the structure of EICMS. [6]

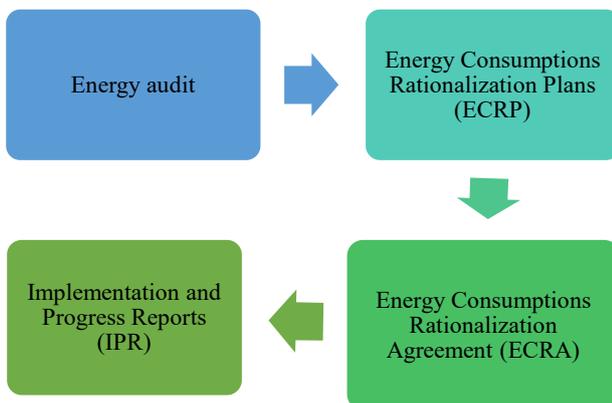


Fig. 1. Energy Intensive Management System's structure

B. Energy Audit

Nowadays energy is recognized as a key role for industrial competitiveness. It is, therefore, important to manage it according to the social and economic resources that entities have. A detailed knowledge of energy consumptions it's essential so that entities can reduce their costs. That way, an energy audit it's the first step in order to reduce energy consumption in an industrial sector.

An energy audit is an inspection, survey and analysis of energy flow for energy conservation in a building, process or system to reduce the amount of energy. An energy audit is the first step in identifying opportunities to reduce energy expenses and carbon footprint. [7]

An energy audit allows us to know where, how much and how energy is being used and to understand where energy waste occurs, recommending posteriorly solutions for the listed anomalies. It has recognized a very important way to identify wastage energy and able to find out several ways to reduce that waste. It's crucial to know the actual energetic reality of the installation and, after that, establish and implement a plan to make the facility more energy efficient.

Some measures that are established after an energy audit are: [8]

- Control of ventilation and climatization systems;
- Optimizing the operation of electrical motors;
- Efficient illumination (LED);
- Reactive energy reduction;
- Renewable energy production.
- Use of more efficient equipment and production tools;
- Employees' behavioral changes.

According to Energy Intensive Consumer Management System, energy audits are obligatory in energy-intensive consumer installations and must be done every 8 years. [4] In order to implement an energy audit, it's important to define a sequence of actions and steps that make it possible to fulfill the objectives that arise. In a general way, those steps are identified in figure 2.

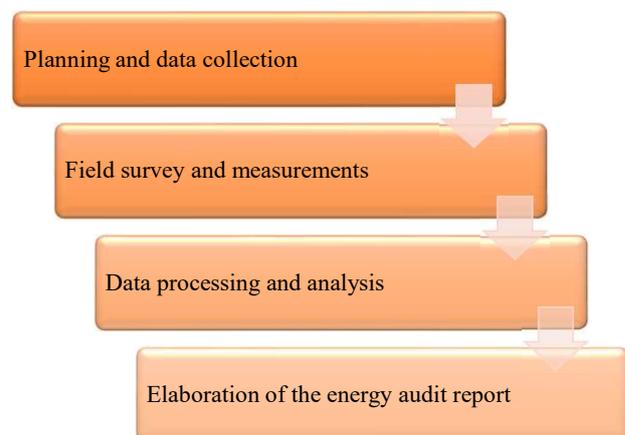


Fig. 2. Preparation steps of an energy audit

The ECRP is elaborated based on energy audits reports and includes minimum energy efficiency targets.

This plan also set targets related to Energy Intensity (EI), Carbon Intensity (CI) and Specific Energy Consumption (SEC), considering the indicators that are presented in the next subchapter. [9]

1) Energy indicators

Energy indicators are determinant for the analysis of the energy consumption of an installation and are calculated as follows:

- Energy Intensity (toe/€) – Measured by the quotient between the total energy consumption (toe) and the result of productive activities linked to the industrial installation (€).

$$EI = \frac{Energy}{Productive\ activities} \quad (1)$$

- Carbon Intensity (Tongas/toe) – Measured by the quotient between the tons of greenhouse gas emissions (gasTon/year) and the total energy consumption (toe).

$$CI = \frac{Greenhouse\ gas\ emissions}{Energy} \quad (2)$$

- Specific Energy Consumption (toe/m³) – Measured by the quotient between the total energy consumption (toe) and the production volume (m³).

$$SEC = \frac{Energy}{Production} \quad (3)$$

Targets are set for the energy indicators mentioned above in order to rationalize energy consumption. Those targets depend on the annual’s industrial facility’s energy consumption.

For annual energy consumptions equal or above 1 000 toe, the targets are: [6]



Fig. 3. Reduction targets for consumptions above 1000 toe

For annual energy consumptions between 500 and 1 000 toe, the targets are:

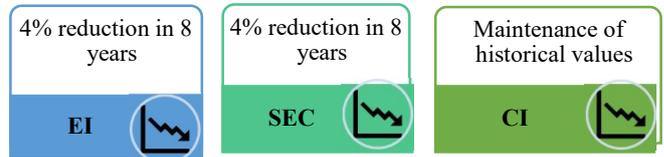


Fig. 4. Reduction targets for consumptions between 500 and 1 000 toe

III. METHODOLOGY

In order to elaborate an energy monitoring report under the EICMS, it is necessary to collect a set of the installation’s energy data to proceed with its analysis. Thus, the facility must send the invoices for each form of energy consumed as well as the production values.

The most common forms of energy consumed are electric energy, natural gas, diesel and fuel oil. In this way, all invoices are diverse and need different kinds of analysis. The begin of an energy study starts with the examination of electrical energy invoices because it’s the most consumed form of energy nowadays.

In addition to being essential to know the quantity of energy consumed, it is also necessary to identify the quantity of gas emissions that are emitted due to energy consumption.

That way, it is essential to know all the values about energy consumption, production, emission of polluting gases in order to calculate energy indicators.

After calculating energy indicators, the results are analyzed in the Implementation and Progress Reports. This report should be delivered in each biennium of the ECRP, that is, every two years it’s necessary to send it.

IV. CASE STUDY

This chapter refers to the set of procedures that are necessary to obtain the results of energy monitoring. In this

case, the analyzed installation was only able to accomplish two of the objectives set for energy indicators.

This installation has as main activity the production of furniture for offices and commerce. Its first energy audit was elaborated in 2010, so 2009 is the reference year. The values of energy consumption in the reference year are shown in the following subchapter.

A. Reference year

The reference year is the previous year relative to the year in which the energy audit was realized. This installation consumes energy in several ways, such as electricity, natural gas and diesel.

The energy consumption of the installation in the reference year is shown in table I, as well as its value in toe and tons of CO₂ that were emitted.

TABLE I. ENERGY CONSUMPTION IN THE REFERENCE YEAR

	Consumption	Toe	Ton CO ₂
Electricity	2 606 276 kWh	560	1 225
Natural gas	267 ton	287	771
Diesel	53 ton	55	171
Total		903	2 167

Analyzing the data above, the installation has a consumption lower than 1000 toe. So, according to laws and to figure 4, it's mandatory for the installation to reduce energy indicators in, minimum, 4%. This reduction is converted into a decrease of about 40 toe in the energy consumption value.

In the following tables (II, III and IV the indicators that will be monitored are presented, as well as their respective reduction objectives at the end of the plan.

TABLE II. ENERGY INTENSITY REDUCTION

Energy Intensity Reduction: 4%/8 years				
Energy (toe/year)	Productive activities (€/year)	Energy Intensity (kgtoe/€)	Energy Intensity Reduction (kgtoe/€)	Energy Intensity at the end of the reduction years (kgtoe/€)
903,0	1 511 226,0	0,597	0,024	0,574

TABLE III. SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION REDUCTION

Specific Energy Consumption Reduction: 4%/8 years				
Energy (toe/year)	Production (m3)	Specific Energy Consumption (kgtoe/ m3)	SEC Reduction (kgtoe/ m3)	SEC in the end of the reduction years (kgtoe/€)
903,0	176 229,0	5,123	0,205	4,919

TABLE IV. CARBON INTENSITY REDUCTION

Carbon Intensity Reduction: Maintenance of historical values/8 years			
CO ₂ emissions (tCO ₂ /year)	Energy (toe/year)	Carbon Intensity (tCO ₂ /toe)	Carbon Intensity that should be achieved in 8 years (tCO ₂ /toe)
2 167,2	903,0	2,4	2,4

B. Energy efficiency solutions implemented

All eight measures proposed in the ECRP were implemented. These measures were: steam generator regulation and isolation, steam leakage removal, valve and steam pipe isolation, purge control, elimination of compressed air leaks, energy management system guidance. This measure's implementation caused a saving of 33.901,00€ to the installation and a total reduction of 45,4 toe and 107,9 tons of CO₂.

C. Energy consumption evolution

As said previously, the forms of energy consumed for this installation are electrical energy, natural gas and diesel. The total energy consumption values of each form are shown in the tables 2,3,4. For a clear interpretation, the results are indicated in toe because it is a conventional energy unit.

TABLE V. EVOLUTION OF ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION

	2009	2011	2013	2015	2017
	Toe	Toe	Toe	Toe	Toe
Total	560,0	868,0	724,0	529,0	621,0

TABLE VI. EVOLUTION OF NATURAL GAS CONSUMPTION

	2009	2011	2013	2015	2017
	Toe	Toe	Toe	Toe	Toe
Total	287,0	409,0	428,0	382,0	309,0

TABLE VII. EVOLUTION OF NATURAL GAS CONSUMPTION

	2009	2011	2013	2015	2017
	Toe	Toe	Toe	Toe	Toe
Total	55,2	69,1	58,1	62,0	55,1

Interpreting the results of tables V, VI and VII, it is possible to affirm that the vectors of electricity and natural gas increased in the last biennium (2017) compared to the reference year (2009). The energy vector of diesel was the only exception because it got a slight decrease.

Observing the total values of table VIII, in the last biennium (2017), the installation had a total energy consumption of 985,56 toe. Analyzing this table, it can be concluded that energetic consumption suffered some discrepancies over the years, oscillating between consumption increases and decreases.

TABLE VIII. TOTAL ENERGY CONSUMPTION

	2009	2011	2013	2015	2017
	Toe	Toe	Toe	Toe	Toe
Total	903,0	1 346,0	1 210,0	973,0	986,0

To calculate energy indicators, it is also necessary to know some values about the installations' production, as well as the monetary result of productive activity. In the graphic below (figure 3) is shown the production's evolutions along the years of Energy Consumption Rationalization Plan, relatively to each month.

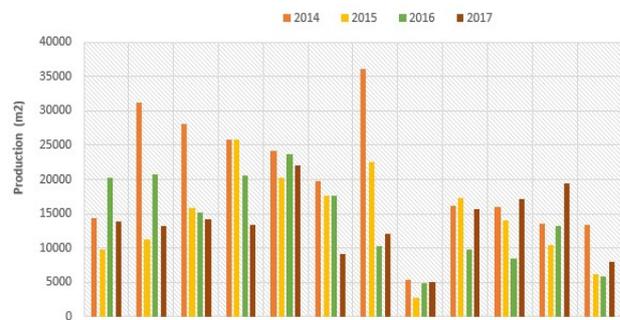


Fig. 5. Graphic of productions' evolution

In the final year (2017), the production suffered a decrease of about 8% in comparison to the reference year. Just as energy consumption, the production also had inconsistent values. If the production decreases, the energy consumption will also decrease, so these two variables are associated with each other.

In similarity with production, the monetary result of productive activity also revealed inconsistent values, as it is possible to see in table IX.

TABLE IX. PRODUCTIVE ACTIVITY EVOLUTION

	Productive activity (€)
2009	1 511 225,5
2011	5 274 313,0
2013	4 589 390,0
2015	2 691 591,0
2017	3 857 538,0

After gathering all the necessary information (energy consumptions, production and productive activity) for the calculus of energy indicators, those calculated values will be analyzed in chapter V.

V. ANALYSIS OF ENERGY INDICATORS

The evolution of the energetic indicators (EI, CI, SEC) in the final year (2017) of the ECRP is presented in tables X, XI and XII. These values are calculated through the equations (1),(2) and (3).

The energy indicators' analysis is realized using the expected values for each year of the Energy Consumption Rationalization Plan and the calculated values for the corresponding biennium.

As shown below, the variation is obtained through the difference between the expected value and it is possible to conclude whether there was a positive or negative variation.

TABLE X. ENERGY INTENSITY EVOLUTION

	Biennium 4 - 2017		
	Energy (toe)	Productive activity (€)	Energy Intensity (kgtoe/€)
Expected values	821	1 511 226	0,543
Obtained values	986	3 857 538	0,260
Variation	20%	155%	-53%

According to the analysis of table X, the obtained value of Energy Intensity was reduced in more than half (53%) compared to the expected value, despite the energy consumption increase in that year.

This indicates that there was a very positive variation of this indicator, which is related to the significant increase in productive activity.

TABLE XI. SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION EVOLUTION

	Biennium 4 - 2017		
	Energy (toe)	Production (kg)	Specific Energy Consumption (kgtoe/kg)
Expected values	821	176 229	4,657
Obtained values	986	163 122	6,042
Variation	20%	-7%	30%

Relatively to the Specific Energy Consumption indicator, the obtained value was about 30% higher than the expected value. Due to the increase in energy consumption, this indicator didn't reach its target.

TABLE XII. CARBONIC INTENSITY EVOLUTION

	Biennium 4 - 2017		
	Energy (toe)	Gas emissions (tonCO ₂)	Carbon Intensity (tonCO ₂ /toe)
Expected values	821	1 965	2,39
Obtained values	986	2 359	2,39
Variation	20%	20%	0%

According to table XII, the indicator Carbon Intensity didn't have a significant variation, maintaining the same value, as it was supposed. The energy consumption and the gas emissions had the same variation, causing a zero variation of this indicator.

Concluding, the objectives set for Energy Intensity and Carbon Intensity were achieved. Given that Specific Energy Consumption suffered a significant increase, the targets were not achieved.

VI. CONCLUSIONS

Through the energetic analysis of this installation, the energy management system has demonstrated satisfactory outcomes, decreasing the energy consumption of a few years of the Energy Consumption Realization Plan. This decrease is due to the implementation of several measures to rationalize energy use. However, in some cases the indicators' targets were not achieved, obtaining unfavourable energy results.

Concluding, the energy efficiency in industry and sustainability are, nowadays, progressing themes due to climate change issues. Therefore, energy efficiency is seen as a big challenge for the future.

REFERENCES

- [1] "ERSE," Novembro 2019. [Online]. Available: <http://www.erse.pt/consumidor/eficienciaenergetica/Paginas/default.aspx>.
- [2] "Energy Intensive Industry," [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energy-intensive-industry>. [Acedido em Outubro 2019].
- [3] M. Kott e J. Kott, "Indicators of energy intensity in industry," 2014.
- [4] "Diário da República Eletrónico," [Online]. Available: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/249821/details/maximized>. [Acedido em Novembro 2019].
- [5] "Diário da República Eletrónico," [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/257073/details/maximized>. [Acedido em Novembro 2019].
- [6] "SGCIE - ADENE," [Online]. Available: <https://www.sgcie.pt/sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia/o-regulamento/enquadramento-e-objectivos/>. [Acedido em Novembro 2019].
- [7] S. K. Rajput e O. Singh, "Energy audit in textile industry: a study with ring frame motor," 2016.
- [8] "EDP Distribuição," [Online]. Available: <https://www.edpdistribuicao.pt/pt-pt>. [Acedido em Novembro 2019].
- [9] M. Vaz, "Estudo dos consumos energéticos de Empresas," Insituto Superior de Engenharia do Porto, 2016 .

NOTA DISPERSA

O IEP como Organismo de Normalização Sectorial coordena perto de cinco dezenas de Comissões Técnicas de Normalização Eletrotécnica (CTE).

Para além de elaborarem as normas portuguesas (NP) do sector elétrico e de participarem na elaboração das normas europeias (Cenelec) e internacionais (IEC), as CTE emitem pareceres técnicos sobre assuntos da sua competência específica e produzem documentos que auxiliam os profissionais e as empresas a terem cada vez mais qualidade e eficiência no seu trabalho.

Uma dessas Comissões, a CTE 81 – Proteção contra descargas atmosféricas e seus efeitos, elaborou recentemente o Guia Técnico de Apoio à Utilização da série de normas NP EN 62305 – Proteção contra Descargas Atmosféricas.

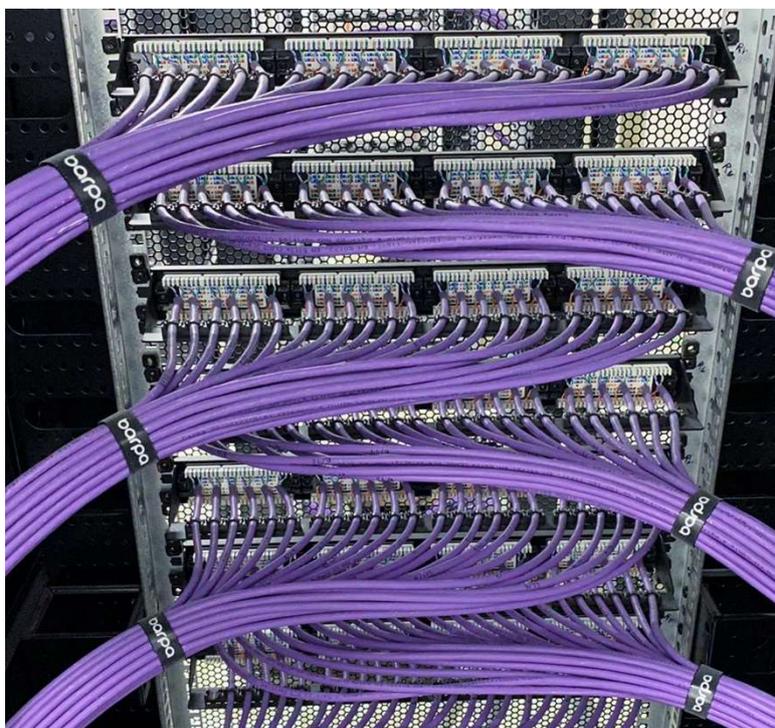
O Guia pode ser obtido gratuitamente no sítio de internet do IEP, sendo constituído pelas seguintes partes: [Introdução](#); [Parte 1](#); [Parte 2](#); [Parte 3](#); [Parte 4](#).



Dossier

Telecomunicações

- SOLUÇÕES QUITÉRIOS PARA REDES DE TELECOMUNICAÇÕES – CAIXAS E ARMÁRIOS – ITED 4 85
Quitérios - Fábrica de Quadros Elétricos, Lda
- Redes GPON (Gigabit Passive Optical Network) 91
José Couto, TEKA Portugal S.A.
- Cabos Coaxiais chegam mais longe com o ITED 4 95
Hélder Nelson Moreira Martins, Televés Electrónica Portuguesa, S.A
- Sistemas de condução de cabos nas ITED 99
César Oliveira, UNEX
- Minimizar o aumento de temperatura em soluções PoE (*Power Over Ethernet*) 113
José Pedro Ferreira Perdiz, BARPA



SOLUÇÕES QUITÉRIOS PARA REDES DE TELECOMUNICAÇÕES – CAIXAS E ARMÁRIOS – ITED 4

O novo Manual ITED 4, que entrou em vigor a 01 de abril 2020, apresenta soluções inovadoras e simplifica alguns procedimentos com o objetivo de melhorar a eficiência e a adaptabilidade das infraestruturas de telecomunicações aos avanços tecnológicos.

No novo Manual ITED 4 é possível verificar algumas alterações nos requisitos das caixas e armários para as infraestruturas de telecomunicações - nomeadamente ao nível das dimensões mínimas, dos equipamentos a instalar nos armários - bem como o aparecimento de novas caixas como, por exemplo, a CAM – Caixa de Acesso Multioperador. Tendo como foco principal o cumprimento dos requisitos normativos, aliado a uma capacidade inovadora no desenvolvimento de produtos, a Quitérios dispõe de soluções que respondem aos requisitos do novo Manual ITED 4.

CAM - Caixa de Acesso Multioperador

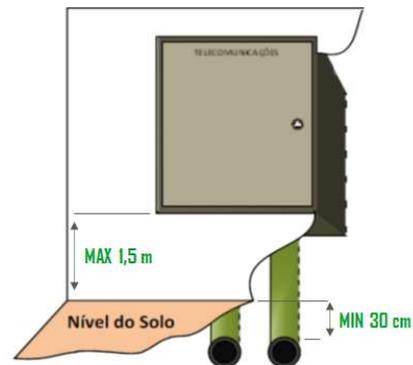
A Caixa de Acesso Multioperador surge pela primeira vez no Manual ITED 4 e corresponde a um compartimento de acesso aos troços de tubagem subterrâneos, para uso exclusivo dos edifícios, através do qual é possível fazer a ligação às redes de operador.



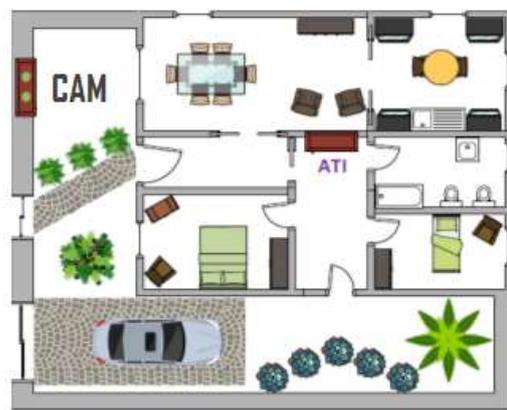
A CAM é constituída por uma caixa com dimensões mínimas de L220xA220xP90mm e por 2 tubos com dimensões mínimas de Ø63mm que prolongam a sua face inferior até ao subsolo.

A CAM está prevista para instalação em parede, no limite da propriedade com abertura para o interior ou para o exterior, como alternativa à CVM.

- Se instalada num muro limite de uma propriedade, não coincidente com a parede de um edifício, a sua abertura tanto poderá ser efetuada para o interior, como para o exterior;
- Se o limite da propriedade for a parede exterior de um edifício, a abertura da CAM será efetuada para o exterior;



Fonte: Figura 4.9 do Manual ITED 4 (alterada)



Fonte: Figuras 4.10 e 4.11 do Manual ITED 4

A CAM deve ser identificada com a palavra “Telecomunicações” ou com a letra “T”. Deve incluir ainda um dispositivo de fecho com segredo - como por exemplo a fechadura do tipo RITA - caso seja instalada num local público no exterior do edifício, ou sem segredo - fechadura do tipo puxador ou triangular - caso seja instalada no interior do edifício.

A ligação entre a CAM/ CVM e o ATE/ATI deve garantir dimensionamento mínimo definido na tabela seguinte:

DIMENSIONAMENTO MÍNIMO DAS CONDUTAS DE INTERLIGAÇÃO ENTRE A CVM/CAM E O ATE/ATI	
Tipo de edifício	Tubos (mm)
Edifícios de 1 fogo	1x Ø40
Edifícios de 2 a 20 fogos	2 x Ø40
Edifícios com mais de 20 fogos	3 x Ø63

Fonte: Tabela 4.8 do Manual ITED 4

Solução CAM Quitérios

- Caixa base em plástico ou metal, aro e porta em alumínio com placa de montagem metálica
- Barramento terra 6F
- Fechadura com chave triangular plástica ou fechadura ITED
- IP54 e IK07



CÓDIGO	DESIGNAÇÃO
0009416	CX CAM/ COLUNA/ CEMU 250x375x125 INT
0009417	CX CAM/ COLUNA/ CEMU 250x375x125 EXT
00087410	CX CAM/ COLUNA 275x325x120 INT
00087412	CX CAM/ COLUNA 275x325x120 EXT
00087420	CX CAM/ COLUNA/ ATE_SUP 400x500x150 INT
00087422	CX CAM/ COLUNA/ ATE_SUP 400x500x150 EXT
00087430	CX CAM/ COLUNA/ ATE_SUP 500x600x165 INT
00087432	CX CAM/ COLUNA/ ATE_SUP 500x600x165 EXT

ATE - Armário de Telecomunicações de Edifício

O Armário de Telecomunicações integra os Repartidores Gerais (RG) para as 3 tecnologias - Par de Cobre (PC), Coaxial (CC) e Fibra Ótica (FO) - e funciona como Ponto de Distribuição (PD) onde se efetua a transição entre as redes de operador e as redes de edifício.

De acordo com o Manual ITED 4, o ATE será parte integrante da rede coletiva dos edifícios. Assim, não poderá ser instalado em edifícios residenciais e não residenciais de um só fogo.

O ATE deverá cumprir com as seguintes dimensões mínimas:

N.º DE FOGOS	ATE - DIMENSÕES MÍNIMAS INTERNAS (LxAxPmm)
2 a 10	500x600x200
11 a 22	800x900x200
Mais de 23	800x1000x200

Fonte: Tabela 4.17 do Manual ITED 4

No dimensionamento do ATE, deve ser previsto 50% do espaço de reserva para colocação, por parte dos operadores, os primários dos Repartidores Gerais – RG’s de cada tecnologia. Quanto aos secundários dos RG’s devem ser dimensionados de acordo com o número de frações do edifício e instalados o mais próximo possível da tubagem da Coluna Montante.

Os secundários dos RG's podem ser construídos com recurso a um chassi e painéis (ATI_RACK® ou RAQUITED®), para equipar com os conectores RJ45 (RG-PC), fichas tipo F/F (RG-CC) e adaptadores de FO duplos SC/APC protegidos (RG-FO).

Solução ATE Quitérios

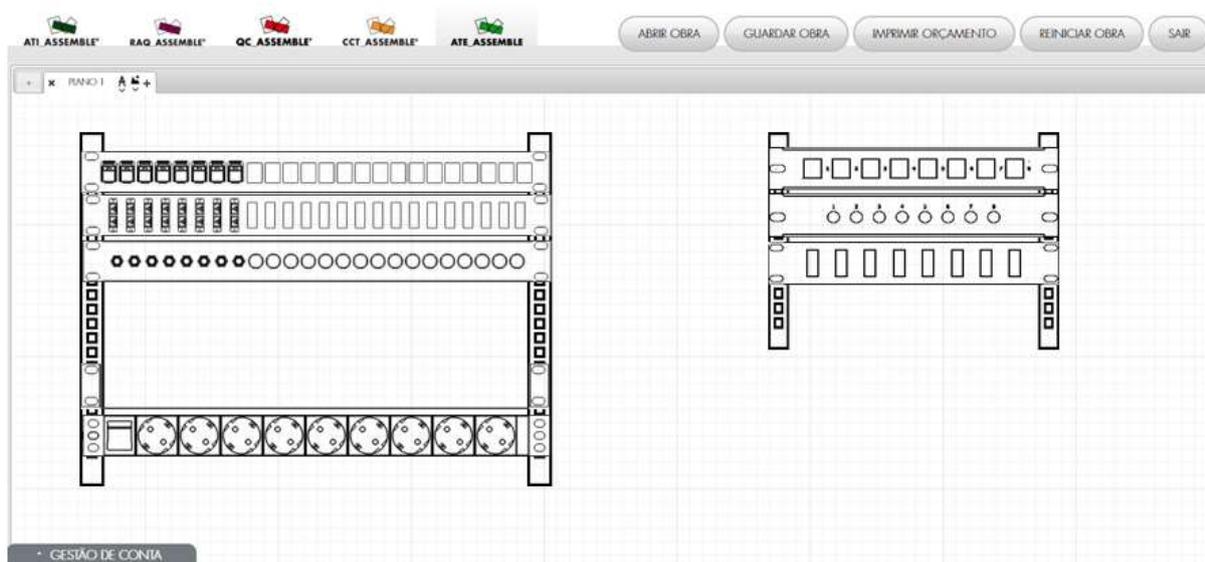
- Caixa base em metal com placa de montagem metálica, aro e porta em alumínio
- Barramento terra 6F
- Fechadura ITED
- IP42 e IK07
- Diversidade de chassis e painéis para os secundários dos RG's



CÓDIGO	DESIGNAÇÃO
00087434	CX ATE/ COLUNA 500x600x200 INT
00087436	CX ATE/ COLUNA 500x600x200 EXT
00087440	CX ATE/ COLUNA 600x600x200 INT
00087442	CX ATE/ COLUNA 600x600x200 EXT
00087450	CX ATE/ COLUNA 700x900x200 INT
00087452	CX ATE/ COLUNA 700x900x200 EXT
00087460	CX ATE/ COLUNA 900x800x200 INT
00087462	CX ATE/ COLUNA 900x800x200 EXT
00087470	CX ATE/ COLUNA 800x1000x200 INT
00087472	CX ATE/ COLUNA 800x1000x200 EXT

Caixa de Coluna

A Caixa de Coluna destina-se à passagem de cabos da coluna montante das três tecnologias (Pares de Cobre, Cabo Coaxial e Fibra Ótica) e permite a derivação de cabos para os fogos do edifício. As dimensões mínimas definidas no Manual ITED 4 são de L220xA220xP90mm, iguais às dimensões mínimas previstas para a CAM.



Utilize o software ATE_ASSEMBLE® para construir e orçamentar uma solução de ATE equipado com o secundário dos RG's.

Em edifícios de três ou mais pisos, deve ser prevista uma caixa de coluna por piso. No entanto, quando um único fogo é constituído por vários pisos apenas é obrigatória uma caixa de coluna num dos pisos.

ATI - Armário de Telecomunicações Individual

O Armário de Telecomunicações Individual integra a rede individual de tubagens, para a transição entre a rede coletiva ou do operador e a rede individual, tornando-se, deste modo, o ponto de centralização e flexibilização de toda a infraestrutura de telecomunicações, com o objetivo fundamental da gestão das comunicações eletrónicas no fogo.

O ATI é de instalação obrigatória em todos os fogos e em todos os edifícios de um só fogo, residenciais e não residenciais. É recomendada a instalação de ATI do tipo bastidor (ATI_RACK ou RAQUITED), sendo este facto especialmente relevante nos edifícios não residenciais.

O ATI poderá ser composto por um armário ou vários que irão alojar repartidores de cliente (RC) para as 3 tecnologias (PC, CC e FO), com espaço de reserva para alojar no seu interior equipamentos ativos, com um mínimo de 5dm³ e mínimo de L150xA200xP100mm.

O Repartidor de Cliente de Par de Cobre - RC-PC deverá ser constituído por conectores RJ45 fêmea, possibilitando a distribuição de sinal pelas TT em Pares de Cobre e permitir o estabelecimento de uma rede local com base em equipamentos ativos.

O Manual ITED 4 recomenda “que o RC-PC possibilite a distribuição de serviço de telefone fixo pelas TT de pares de cobre”.

O Repartidor de Cliente de Cabo Coaxial - RC-CC poderá ser constituído por um único repartidor, para distribuição dos sinais de S/MATV ou de CATV, por todas as TT.

O Repartidor de Cliente de Fibra Ótica - RC-FO é constituído por adaptadores SC/APC, possibilitando a distribuição de sinal pelas TT de Fibra Ótica. De acordo com o ITED 4 é obrigatório a passagem de cablagem de FO do ATI até à ZAP.

Solução ATI_RACK® RJ_FLEX®

- Caixa base em plástico com placa de montagem metálica e aro porta em alumínio
- Solução de aro porta vazio ou equipado com as tecnologias de PC, CC e FO
- RJ_FLEX® - A única solução modular composta por conectores independentes de entrada e de saída para gestão das comunicações de voz e dados – Patente nº 110078
- Barramento terra 6F
- Tomada elétrica
- Puxador rotativo plano
- IP42 e IK07

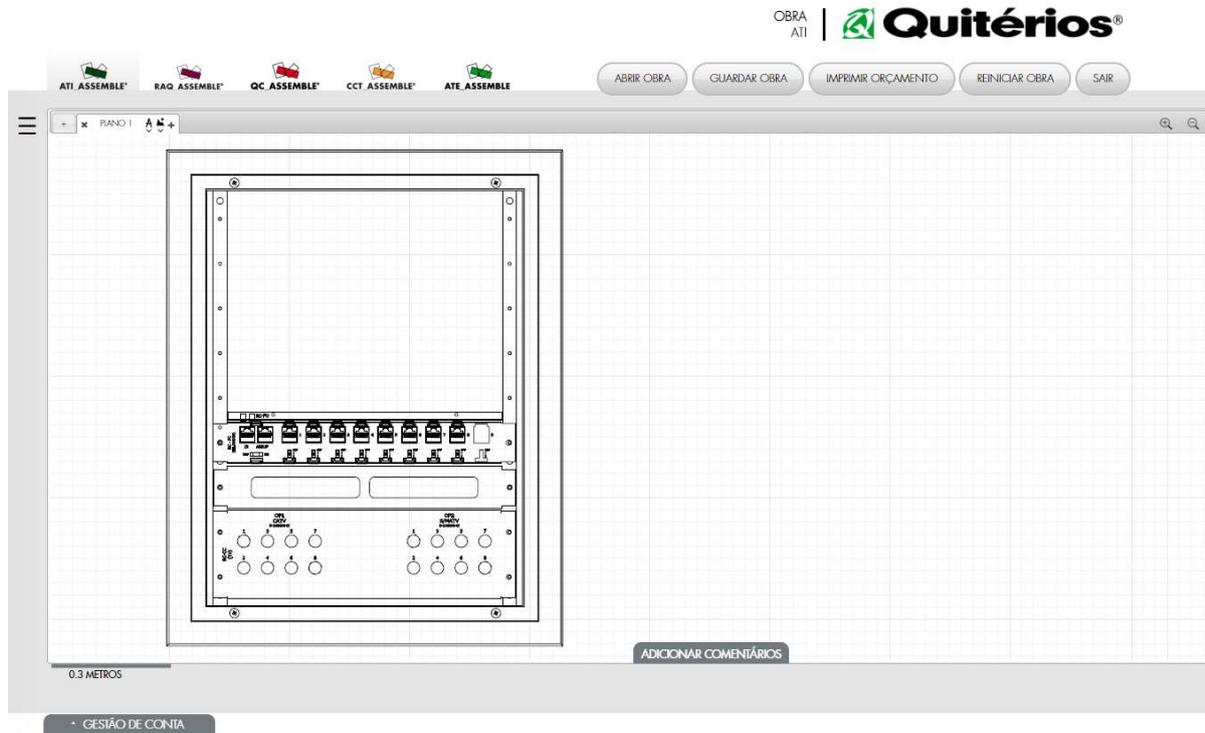


Solução ATI_RACK® RJ_FLEX® PC8 CC6 FO2

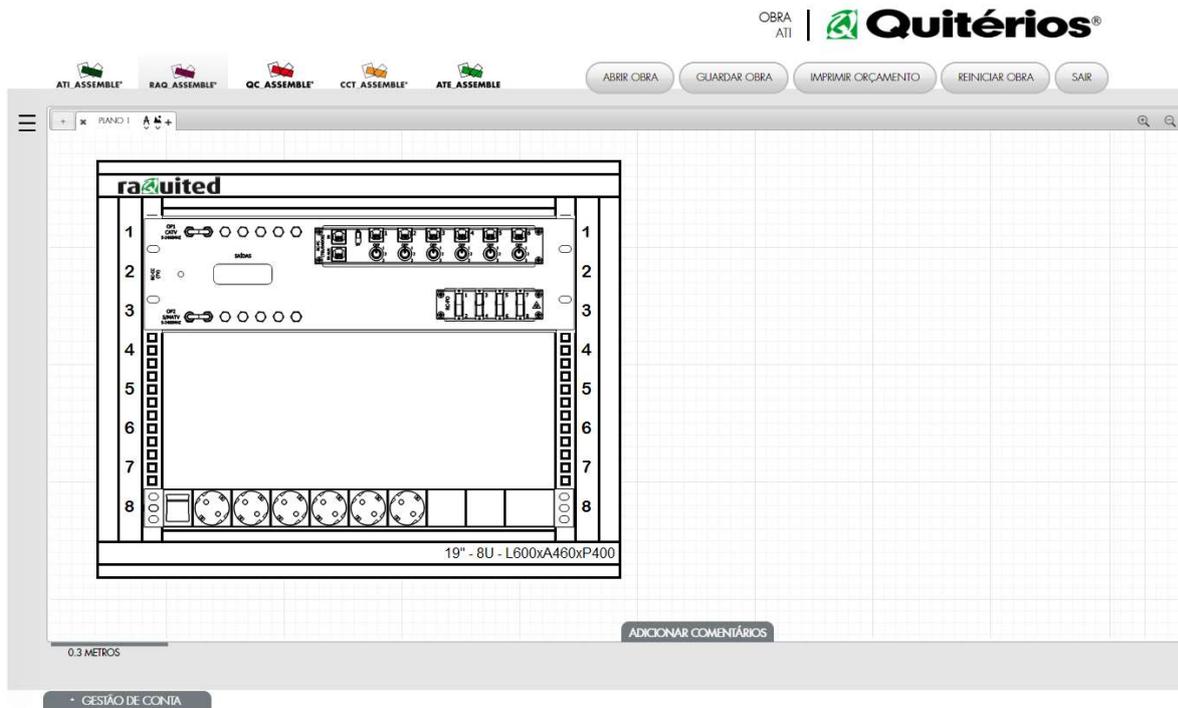
Quando o ATI for constituído por um bastidor, deve ser acompanhado por um esquema com a configuração pretendida.

Com recurso aos softwares online da Quitérios – ATI_Assemble® e RAQ_Assemble® - é possível configurar e

orçamentar, de uma forma rápida e prática, soluções para ATI_RACK® e Bastidores.



ATI_ASSEMBLE® - Software de apoio à construção e orçamentação de ATI_RACK



RAQ_ASSEMBLE® - Software de apoio à construção e orçamentação de bastidores RAQUITED®

ITED4a

Para a reconstrução, o Manual ITED 4 prevê que os edifícios e fogos residenciais possam ser dimensionados de acordo com o ITED4a (ITED 4 adaptado), porém recomenda a execução do projeto de acordo com o ITED 4. Tratando-se de edifícios e fogos não residenciais, os mesmos devem ser sempre dimensionados de acordo com o ITED 4.

PTI - Ponto de Transição Individual

O Ponto de Transição Individual é instalado nos edifícios residenciais em reabilitação (ITED 4a), para interligação das três tecnologias (PC, CC e FO) entre a rede coletiva ou de operador e a rede individual.

O PTI pode ser instalado na zona coletiva ou na zona individual, em local a definir pelo projetista, o mais próximo possível da zona de fronteira. Em situações onde a reformulação da rede coletiva e individual é executada na mesma fase de construção, a instalação do PTI é opcional.



Solução PTI cód. 0023310

PCS - o de Concentração de Serviços

O Ponto de Concentração de Serviços é utilizado nos edifícios residenciais em reabilitação, como elemento da rede individual, e permite a centralização dos cabos provenientes da rede coletiva ou de operador e a distribuição dos sinais por diversas áreas, para as 3 tecnologias (PC, CC e FO).

O Manual ITED 4 define que o PCS é composto por um conector RJ45, dois conectores F/F e um adaptador SC/APC duplo e por vários conjuntos de um conector RJ45 e um conector F/F, tantos quantos os pontos de utilização, para ligação dos cabos provenientes das tomadas finais (TT).

A localização do PCS é da responsabilidade do projetista no entanto, o local de instalação será considerado como uma das áreas de utilização.

ATI TIPO PCS

A solução do ATI tipo PCS representa uma solução mais simples, com os requisitos mínimos do PCS, mas desenvolvida num armário, com espaço para os painéis de Par de Cobre, Coaxial, Fibra Ótica e equipamentos ativos. A vantagem desta solução está relacionada com a funcionalidade do produto, que permite seleccionar diferentes painéis, de acordo com o projeto - Construção Modular.

Num ATI tipo PCS é possível configurar um painel para repartição de um sinal de TV (CATV ou MATV), nomeadamente, a distribuição de um sinal de TDT por todas as tomadas de coaxial da casa, o que constitui uma solução não prevista no PCS convencional.



Solução ATI_RACK® tipo PCS

Para mais informações, consulte www.quiterios.pt.

REDES GPON (GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK)

As redes de telecomunicações são para as empresas um investimento estratégico que se pretende “future-proof”. O investimento em redes de alto débito que permitam garantir a incorporação de serviços futuros com exigência de elevada largura de banda é assim crucial.

Assegurar que a infraestrutura é um meio seguro, de elevada fiabilidade assume também fator decisivo.

A diferenciação em mercados competitivo, a satisfação das expectativas dos utilizadores, conseqüente eficiência, produtividade e fidelização no caso por exemplo do sector da hospitalidade, são outros fatores determinantes.

E por último, mas não menos importante, os aspetos económicos relativos ao investimento (CAPEX) e custos operacionais (OPEX) são naturalmente requisitos de elevada preponderância.

É neste contexto que as redes GPON (*Gigabit Passive Optical*

Network), redes de alto débito, *future-proof*, assentes numa infraestrutura passiva com capacidade para suportar a evolução dos standards [XG-PON (10Gbps – 2,5 Gbps), XGS-PON, TWDM-PON (10Gbps-10Gbps) e os futuros > 40G & 100G], fiáveis, com garantia de desempenho e imunidade a interferências eletromagnéticas (EMI) e de rádio frequência (RFI), revelam atualmente grande expansão e popularidade em diversos sectores de atividade tais como: Hotéis, Saúde, Educação, Escritórios, Indústria, Gestão pública, Hospitais...

Desenvolvem-se da sala técnica, com origem no OLT (*Optical Network Termination*), que controla todo o protocolo, a jusante servindo os clientes e colaboradores e a montante gerindo os serviços a disponibilizar, utiliza como meio de distribuição uma rede ótica passiva (PON) que segue uma arquitetura P2MP (ponto-multiponto), e termina no ponto de interface do cliente com a rede (*User Network Interface*) onde é instalado o ONT (*Optical Network Termination*).

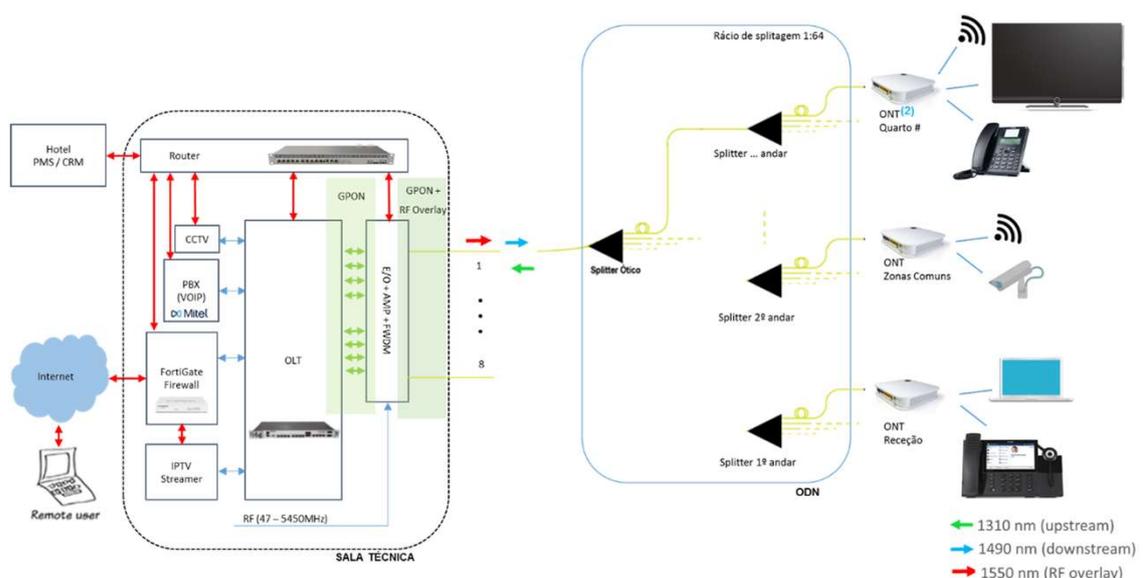


Fig.1 Arquitetura de uma rede GPON (FTTR – Fiber to the Room)

A rede de distribuição ótica (ODN) é completamente passiva, somente constituída por fibra e *splitters* óticos passivos.

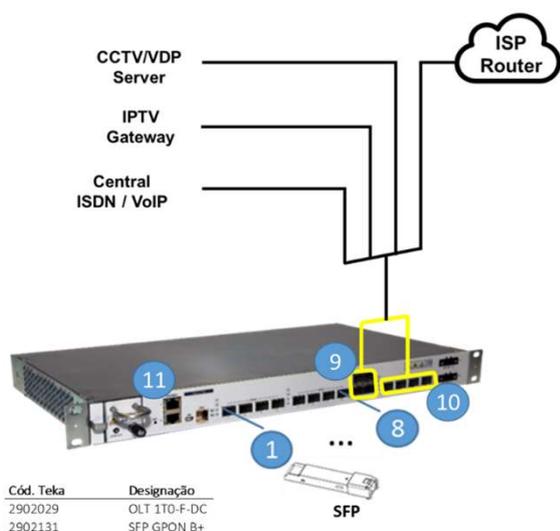
Os rácios de *splitagem* poderão ser 1:64 ou 1:128, o que permite que um OLT com 8 portas PON suporte respetivamente 512 (8 x 64) ou 1024 (8 x 128) ONT's.

Ao nível do (User Network Interface) o ONT serve os aposentos do hóspede com HSI (Internet de alta velocidade),

Voz (VoIP), Wi-Fi, Televisão (IPTV ou RF Overlay).

O ONT dispõe de duas portas FXS, para, por questões económicas ou de outra índole, permitir a utilização de terminais de voz analógicos.

O ONT poderá servir igualmente as partes comuns do edifício disponibilizando serviços condizentes com as suas necessidades, tais como CCTV ou outros.



Ter presente que o OLT disponibiliza
8 portas PON
8 x 2.5Gbps = **20 Gbps**
Quando se decide o rácio de *splitagem*

- 1 .. 8 Interfaces de linha : 8 x GPON (Class B+ ou C+ para maiores distâncias
Rácio de Splitagem 1:128 (8 x 128 = 1024 ONT's)
- 9 Interfaces Uplink : 4 x GbE (4xSFP)
- 10 Interfaces Uplink: 4 x GbE/10GbE (4xSFP+)
- 11 Interfaces de Gestão: 2 x Ethernet

Fig.2 - OLT

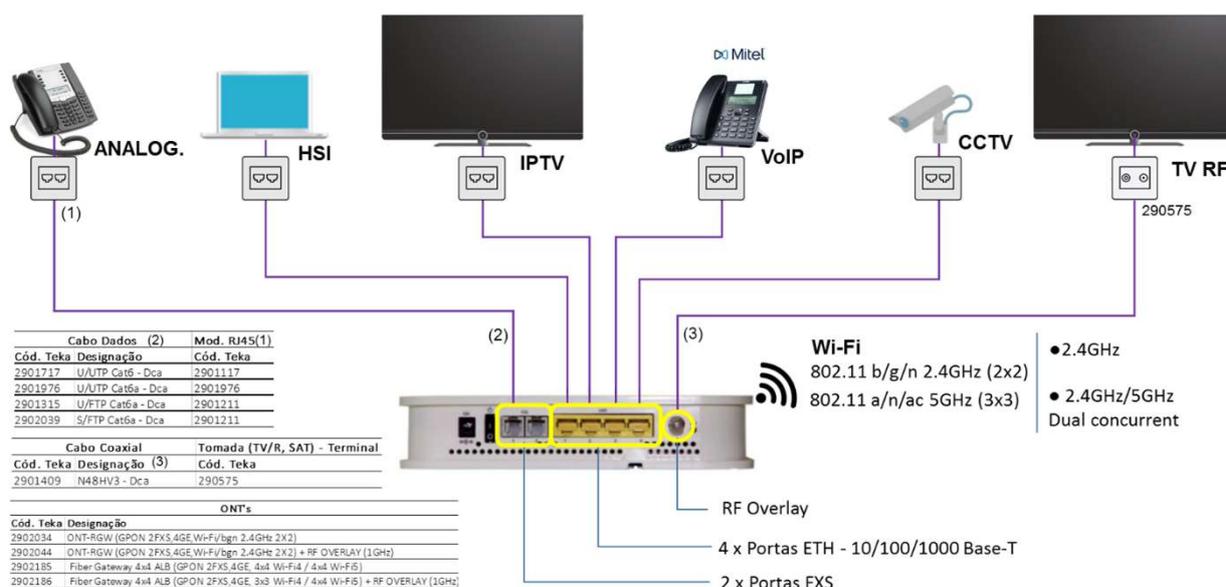
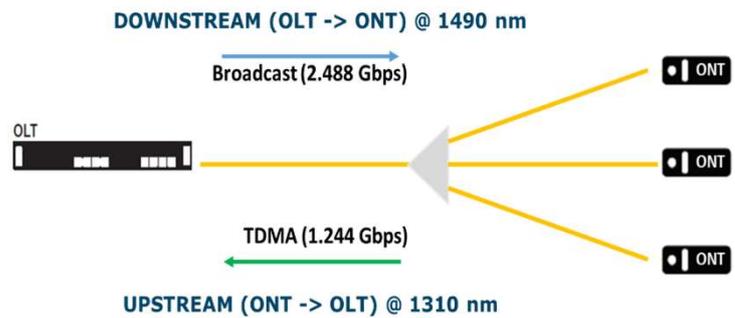


Fig.3 ONT

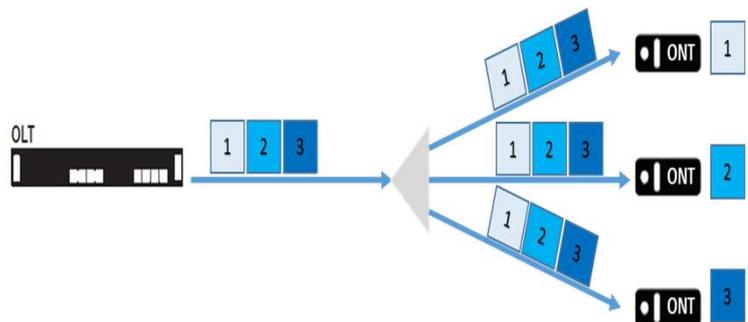
O Protocolo:

O protocolo utiliza Multiplexagem por Divisão de Comprimento de Onda (WDM) para permitir bidirecionalidade *Upstream/Downstream* sobre fibra única.



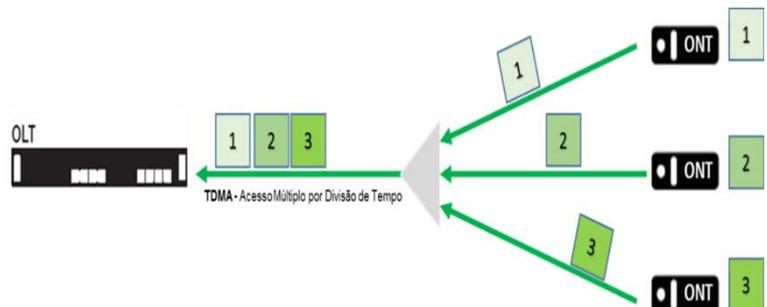
DOWNSTREAM (OLT -> ONT) @ 1490 nm

O tráfego *downstream* (OLT -> ONT) é efetuado no comprimento de onda de 1490 nm com taxa de transmissão de 2,5Gbps e em *broadcast*, ou seja o OLT envia pacotes de dados continuamente para todos os ONT's ligados a um mesmo porto do OLT e cada ONT filtra os pacotes de dados específicos que lhe são destinadas, descartando os restantes.



UPSTREAM (ONT -> OLT) @ 1310 nm

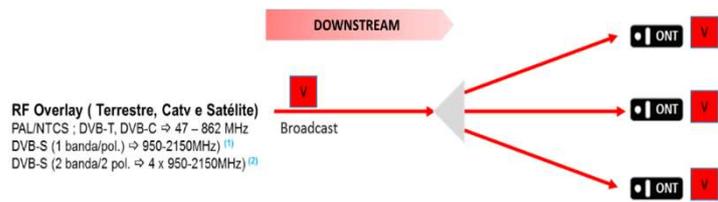
O tráfego *upstream* (ONT -> OLT) é efetuado no comprimento de onda de 1310 nm com taxa de transmissão de 1,25Gbps. O OLT controla que ONT ganha acesso ao *upstream* em cada instante particular. Ao ONT é assim atribuída uma janela no tempo que lhe é dedicada. O ONT tem nessa janela temporal oportunidade para enviar as solicitações à redes que armazenou em buffer.



O tráfego do *upstream* não é contínuo, é intermitente, constituído por bursts.

DOWNSTREAM (RF OVERLAY) @ 1550 nm

O protocolo suporta um outro comprimento de onda, 1550nm, onde é possível transmitir sinais RF de Televisão.



RF Overlay (Terrestre, Catv e Satélite)
 PAL/NTCS ; DVB-T, DVB-C → 47 – 862 MHz
 DVB-S (1 banda/pol.) → 950-2150MHz⁽¹⁾
 DVB-S (2 banda/2 pol. → 4 x 950-2150MHz)⁽²⁾

⁽¹⁾ Para ONT's (47 a 2150MHz)
⁽²⁾ Requer elementos adicionais como: WDM; Conv. O/E e MSW
⁽³⁾⁽²⁾ Requer STB:Set Top Box
 WDM: Multiplexer por Divisão de Comprimento de Onda
 MSW: Multiswitch

Taxa de transmissão	(Downstream: OLT -> ONU) = 2.488 Gbits/s (Upstream: ONU -> OLT) = 1.244 Gbits/s
Alcance lógico máximo	60km (imposto p/ protocolo e não budget de potência)
Distância diferencial máxima	20km
Rácio de splitagem	1:64 / 1:128
Arquitetura	P2MP (ponto-multiponto)
Standard de normalização	Recomendação ITU-T G.984.x

Fig.4 GPON – Resumo características gerais

Vantagens:

- Investimento estratégico “future-proof”
 - Rede de alto débito que permite garantir a incorporação de serviços futuros com exigência de elevada largura de banda.
 - Elevada fiabilidade: Imunidade a interferências eletromagnéticas (EMI) e de rádio frequência (RFI). As Redes de cobre deficientemente instaladas podem radiar ou ser impactadas por interferência EMI/RFI presentes no seu percurso.
 - Sabe-se que a maioria de problemas que ocorrem nas redes de cobre se relacionam com interferência EMI, *crossstalk* e desadaptação de impedância, nenhuma das quais afeta a fibra.
 - Evolutivo: a mesma infraestrutura pode suportar novos standards como: XG-PON(10Gbps-2.5Gbps), XGS-PON, TWDM-PON (10Gbps-10Gbps) e os futuros > 40G & 100G
- Redução significativa de custos CAPEX e OPEX
 - Redução da cablagem, caminho de cabos e de topologias físicas complexas: Menores custos de instalação e manutenção.
 - Sendo a rede GPON uma rede passiva, não requer equipamentos ativos entre o OLT, instalado na sala técnica e o ONT, instalado do lado da (UNI - User Network Interface) e que permite a interface do utilizador com a rede.
 - Desta forma, reduz-se a necessidade de espaço e consequentemente a complexidade dos bastidores dos PD's (Pontos de Distribuição). Tratando-se de equipamentos passivos deixa de ser necessário a instalação de climatização, contribuindo adicionalmente para redução do consumo energético e das necessidades de manutenção.
 - Menor complexidade e requisitos de espaço da sala técnica e PD's
 - Menor consumo de energia.
 - Gestão centralizada da rede: redução de custos e de complexidade operacional e de manutenção.

- Satisfação das expectativas dos utilizadores

- Largura de banda mínima garantida aos utilizadores com possibilidade de marcação de serviços prioritários.
- QoS [P-bit (0..7) define prioridade do tráfego de ingresso e CIR - *Committed Information Rate* - atribui largura de banda]
- Maior velocidade ao acesso à informação.
- Qualidade e fiabilidade do serviço.
- Melhor experiência de utilização dos serviços IPTV, VoIP e acesso à Internet via WiFi

Nota: Enquadramento GPON com a prescrições técnicas ITED

No contexto da alteração das prescrições e especificações técnicas que regem as Infraestruturas de Telecomunicações em Edifício (ITED), aprovadas pela Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), com entrada em vigor a 1 de abril de 2020 e período transitório, até 31 de julho de 2020, as redes GPON passam a ter enquadramento. Onde no ITED 3º edição se lê a obrigatoriedade de passagem, entre ATI-PD (Armário de Telecomunicações Individual – Ponto de Distribuição) e PD-PD, de cabos das 3 tecnologias (Coaxial, Pares de Cobre e Fibra), no ITED 4ª edição é deixado ao critério do projetista tendo em conta o fim a que o edifício se destina.

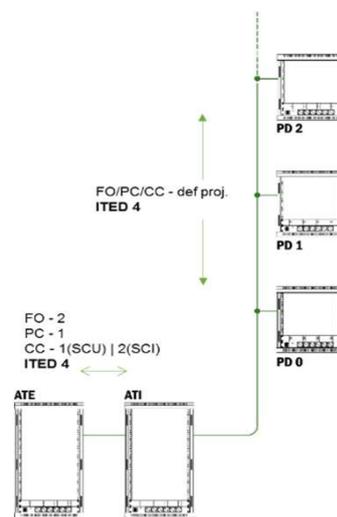


Fig.5 ITED – Redes de cabo (Prescrições

CABOS COAXIAIS CHEGAM MAIS LONGE COM O ITED 4



O Novo Manual ITED 4 em vigor desde o dia 01 de abril de 2020 traz alterações significativas relativamente à edição ITED 3 anterior, sendo estas relevantes no que refere ao dimensionamento da tecnologia de cabo coaxial.

O Cabo Coaxial é o elemento fundamental de uma rede de S/MATV ou CATV, sendo o responsável pela transmissão dos sinais de radio frequência. A atenuação que lhe é associada deverá ser a mais baixa possível, de forma a garantir a transmissão do sinal protelando a inclusão de etapas de amplificação na rede.

A alteração do valor limite da resistência máxima (condutor central + externo) ou também conhecida como resistência de lacete de $12\Omega/100\text{m}$ para $9\Omega/100\text{m}$ vem contribuir para uma maior qualidade das redes de cabo coaxial nas ITED. Diminuindo-se à resistência óhmica, a qualidade dos cabos coaxiais terá de ser superior, com menos aço e mais cobre, e consequentemente as atenuações serão inferiores.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	ITED 4	ITED 3
Resistência máxima: Condutor central + externo	$9\ \Omega / 100\ \text{m}$	$12\ \Omega / 100\ \text{m}$

Tabela 1 - Resistência de Lacete

As ligações permanentes do cabo coaxial no ITED 3 obedecem à classe de ligação TCD-C-H em que o comprimento máximo da ligação respetiva é de 96m. No ITED 4 a classe de ligação passa a ser TCD-C-M, não existindo contudo qualquer limitação de comprimento máximo do cabo. Na prática, a limitação em distância é definida pela atenuação das ligações permanentes.

Cabo Coaxial	ITED 4	ITED 3
Classe de Ligação	TCD-C-M	TCD-C-H
Comprimento Máximo	Sem Limite*	96 m
* Limitado por atenuação máxima da ligação permanente		

Tabela 2 - Classes de Ligação do Cabo Coaxial

O cálculo das atenuações permanentes são fundamentais para o desenvolvimento dos restantes cálculos a apresentar no projeto ITED 4 que não são mais do que o somatório das atenuação dos cabos coaxiais e das tomadas caso existam.

O material com que um cabo coaxial é constituído é fundamental, nomeadamente ao que respeita o condutor central e malha. Os cabos T100 e T200 são 100% em Cobre, garantem excelentes prestações na atenuação e caracterizam-se pelo seu excelente comportamento em DC, assim como no transporte do sinal em frequências altas e baixas, em oposição aos cabos em aço cobreado que não os recomendamos para ITED. Para que os cabos coaxiais garantam patamares de qualidade elevados devem possuir dielétrico de expansão física de polietileno expandido através da injeção de gás no seu interior, ao qual se poderá demonstrar que quando submetidos sob os mais rigorosos testes de durabilidade, a atenuação do cabo não aumenta mais que 5 % nos piores casos.

Talvez e de forma similar ao que acontece aos cabos Par de cobre, os cabos coaxiais deveriam também ser fabricados integralmente em cobre para as ITED. Cabos Coaxiais com o condutor central integralmente fabricado em cobre, é um fator fundamental para o bom comportamento do cabo e garantir longevidade na qualidade da instalação.

Como carácter de exemplo, comparam-se 5 cabos coaxiais para ITED 4, de forma a ter-se uma noção das diferenças de atenuação e comprimentos máximos consequentes das ligações permanentes respetivas.

O TR-165 é um cabo Coaxial que apesar de ser o detentor do record de distância máxima percorrida numa ligação

permanente, é um cabo que origina uma mão-de-obra mais onerosa, sendo a espessura da bainha considerável, obrigando ao cumprimento de raios de curvaturas maiores, não esquecendo a impossibilidade da sua ligação a tomadas terminais.

O T200 Plus é um cabo coaxial Premium de elevada fiabilidade e blindagem para as ITED. O seu elevado desempenho faz este cabo coaxial, chegar mais longe simultaneamente nas redes coletivas como individuais. Sendo um cabo coaxial com CPR D_{ca-s_2,d_2,a_1} torna-o polivalente para qualquer tipo de instalação.

O T100 Plus é sem dúvida o cabo coaxial mais conhecido no mercado pela sua qualidade e comportamento, tendo provas dadas em instalações já com algumas décadas de existência. O CXT apesar de se posicionar neste comparativo em último lugar, é um cabo coaxial com malha em alumínio, tendo no entanto condutor central integralmente fabricado em cobre. Garante ligações de atenuação permanentes até 75m e facilmente se destaca em qualidade dos demais. No entanto, e neste comparativo a concorrência acaba por ser desleal, não estivesse a competir com a gama T100 e T200.

O valor limite para cada ligação permanente do canal é de 13.8dB aos 862MHz e 23.8dB aos 2150MHz, sendo necessário calcular sempre os valores de Slope que não deve exceder os 10.8dB e 8.4 dB para as frequências de 47 MHz a 862 MHz e 950 MHz a 2150 MHz respetivamente.

REDE COLETIVA



Figura 1 - Comprimentos máximos do Cabo Coaxial em função dos limites de atenuação e Slope do ITED4

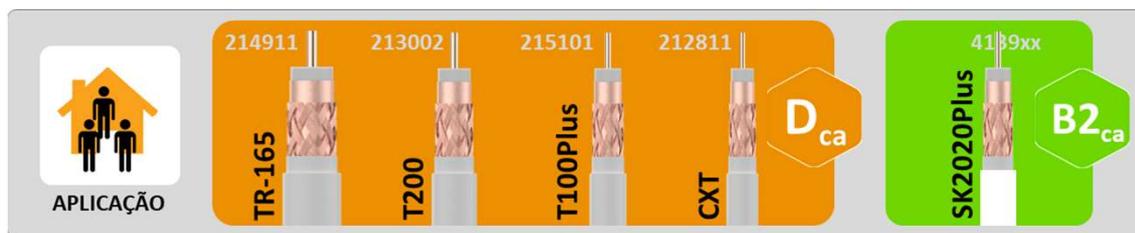


Figura 1 - Local que recebe público

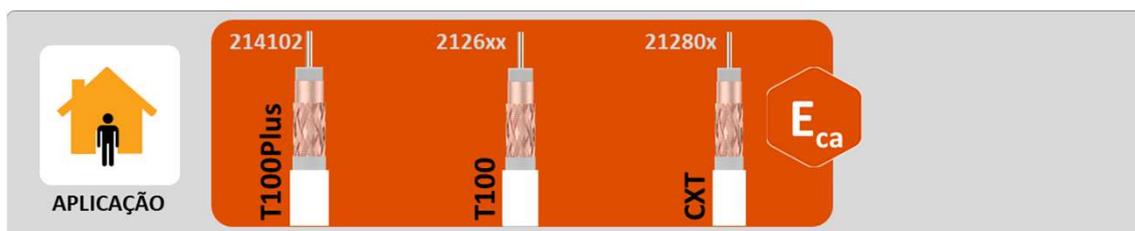


Figura 2 - Local que não recebe público



Figura 3 - Aplicação em exterior entubado (para todos os locais)

O somatório das atenuações das ligações permanentes com a atenuação dos dispositivos de repartição designa-se por Atenuação das Ligações que fazem parte do cálculo necessário.

Através dos valores de Atenuação das Ligações é possível determinar as tomadas (+F) e (- F) de cada fração, assim como a tomada (++) e (--F) de toda a instalação.

Com base nos valores anteriormente obtidos é possível determinar para S/MATV o nível de sinal da Cabeça de Rede e das tomadas respetivas.

Ao desaparecer a limitação do comprimento máximo do cabo coaxial, é possível “chegar mais longe” numa rede de cabo coaxial ITED4. Para tal bastará considerar no projeto um cabo coaxial de melhores prestações ao nível da atenuação, e consequentemente melhor qualidade.

FREQUÊNCIA	PARÂMETRO	VALOR LIMITE	
		INDIVIDUAL	COLETIVA
47 MHz a 862 MHz	Atenuação _{LP}	13,8 dB	
	Slope	10,8 dB	
	Atenuação _{L (col+ind)}	(++) e (--F)	
	Atenuação _{L (ind)}	(+) e (-F)	-
	Atenuação _{L (CR→TT)}	(++) e (--F)	
	Sinal _{CR}	Min. e Máx.	
	Sinal _{TT}	Min. e Máx.	
950 MHz a 2150 MHz	Atenuação _{LP}	23,4 dB	-
	Slope	8,4 dB	-
	Atenuação _{L (ind)}	(+) e (-F)	-
	Atenuação _{L (CR→TT)}	(++) e (--F)	
	Sinal _{CR}	Min. e Máx.	
	Sinal _{TT}	Min. e Máx.	

Tabela 3 - Tabela resumo dos parâmetros e valores limite dos cálculos de cabo coaxial para ITED 4

Título: Instalações Elétricas de Média Tensão – Postos de Transformação e Seccionamento
Autor: António Augusto Araújo Gomes, José António Beleza Carvalho
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2017
ISBN: 9789897232541
Nº Páginas: 195
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o projeto, execução e exploração de postos de transformação e seccionamento aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.

António Augusto Araújo Gomes
 José António Beleza Carvalho

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO
POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E SECCIONAMENTO

Sobre o livro

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o projeto, execução e exploração de postos de transformação e seccionamento aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.

Sobre os autores

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Licenciado e Mestre (em Habilitação em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Células na CIBERBUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro à Terra – Gabinete de Engenharia Lda (2000 a 2006). Prestação de serviços de formação e/ou projeto e/ou assessoria e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, interconexões, segurança, gestão de energia, eletrónica/energética, a diversas entidades, nomeadamente NERFAM – Consultores de Engenharia, SA, Schurnal – Engenharia e Serviços, Lda, ENERDO – Consultores de Engenharia, Lda, EQ – Instituto de Segurança e Qualidade, Quaternos – Indústria de Químicos Elétricos, SA, EP – Instituto Eletrotécnico Português, CENBITEC – Centro de Energia e Tecnologia/ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações, IIT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico, IEM – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.

José António Beleza Carvalho

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento. Integra a direção da Escola Tecnológica de Vale de Camba como representante do Instituto Politécnico do Porto. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista Neutro à Terra e integrou vários juries de provas públicas de doutoramento e para a carreira do ensino superior.



SISTEMAS DE CONDUÇÃO DE CABOS NAS ITED



Fabricante especialista, desde 1964, em soluções isolantes flexíveis para a condução e fixação de cabos em instalações.

A proximidade diária com os nossos clientes, os mais de 50 anos de experiência no setor elétrico e a nossa presença nos comités normativos internacionais permitem-nos conhecer as necessidades do setor e adaptarmo-nos a elas. Por essa razão, a Unex formula as suas próprias matérias-primas.

Formulação própria e melhorada de matérias-primas

U23X	U24X	Base PVC				
U41X	U42X	U43X	U48X	Sem halogéneos		
U60X	U61X	U62X	U63X	U64X	U71X	Sem halogéneos

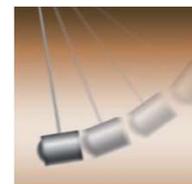
O benefício proveniente da conceção e desenvolvimento das nossas próprias matérias-primas, é a obtenção de um produto com características técnicas acima do padrão de mercado, no que concerne a:



Respeito
meio-ambiental



Resistência à
carga



Resistência ao
impacto



Resistência à
corrosão



Bom comportamento
à intempérie



Resistência a altas
temperaturas



Comportamento
ao fogo



Segurança e
responsabilidade



Confiança

Marcas de Qualidade

Um valor acrescentado sobre a marcação CE.

Uma marca de qualidade é a certificação, por parte de um organismo independente, da conformidade de um produto com uma norma nacional, europeia ou internacional, em matéria de qualidade (segurança, uso adequado) e durabilidade.

A qualidade das soluções Unex está acreditada pelo cumprimento estrito das normas de produto e instalação, e pela obtenção de Homologações e Marcas de Qualidade. Instalar um produto com Marcas de Qualidade é a melhor garantia de que este cumpre a normativa vigente e que os seus dados técnicos são verificados por um organismo de controlo externo.



Instalações de Telecomunicações em Edifícios

Aprovado e publicado em março de 2020, entrou em vigor a 1 de abril de 2020 a 4ª edição do Manual ITED.

Com a publicação de novos requisitos mínimos relativos às prescrições técnicas a aplicar nas Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED), novos e construídos, pretende-se:

- contemplar soluções inovadoras, com base nos recentes desenvolvimentos tecnológicos;
- atualizar as prescrições de acordo com a normalização europeia;
- promover a reabilitação de edifícios construídos;
- reduzir os custos de implementação da infraestrutura.

Os tipos de edifícios, novos ou construídos, são caracterizados pelo uso a que se destinam e podem dividir-se em:



Para o caso específico dos edifícios já construídos aplicam-se:

- Edifícios e fogos do tipo residencial podem ser dimensionados de acordo com o ITED4a – ITED4 adaptado);
- Edifícios e fogos não residenciais são dimensionados de acordo com o ITED4;
- Edifícios mistos, a rede coletiva pode ser dimensionada de acordo ao ITED4a. Aos fogos residenciais pode aplicar-se o ITED4a, sendo obrigatório aplicar-se o ITED4 aos fogos não residenciais.

Fazem parte das ITED de um edifício:

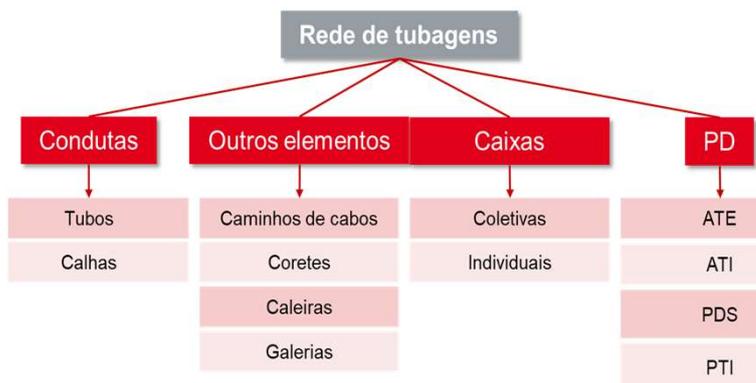
- os espaços para a instalação das redes de tubagem;
- as redes de tubagem;
- os sistemas de cablagem.

A existência de uma rede de tubagens comum, que inicialmente poderá estar vazia, permite aos distintos operadores proporcionarem o seu serviço a cada fração, de uma maneira racional, económica e que não desmerece a estética do edifício.

Com o objetivo de facilitar o acesso aos vários serviços de telecomunicações, dos vários operadores, a Unex oferece sistemas de condução de cabos flexíveis com as suas calhas em material isolante.

Caraterização da rede de tubagens

- Os equipamentos e dispositivos que constituem as redes de cabos devem ser alojados adequadamente de forma a não permitir acessos indevidos.
- Os cabos de pares de cobre, coaxiais e fibras são instalados em tubagem que permita a sua proteção, através da sua acomodação em condutas ou outros elementos.



O novo manual ITED4 destaca a solução de calhas: “As calhas, onde se inclui a solução de calha de rodapé, devem ser consideradas em todas as situações, tanto em edifícios novos como em alterações aos edifícios construídos. Questões estéticas, facilidade de instalação e acesso aos cabos são uma melhor alternativa, nomeadamente face à instalação de tubos à vista.”

Características técnicas mínimas

Calhas técnicas



Involúcro fechado com tampa removível, composto por um ou vários compartimentos, destinado à proteção dos condutores isolados ou cabos, ou alojamento de equipamentos. Considera-se que cada compartimento é equivalente a um tubo. Deve estar em conformidade com as normas da série EN 50085.

Características		Classificação
Material		Isolante / Metálico
Temperatura mínima/máxima de utilização		-5 °C a +60 °C
Retenção da tampa		Abertura com auxílio de ferramenta
Propagação da chama		Não propagador de chama
Proteção contra choques mecânicos	Locais que recebem público	IK08
	Locais que não recebem público	IK07
Proteção contra penetração de corpos sólidos	Instalação abaixo de 2,5 m	1 mm (IP4X)
	Instalação acima de 2,5 m	12,5 mm (IP2X)

Caminhos de cabos



Suporte de cabos constituído por uma base contínua e abas, sem tampa, perfurado ou em rede. Deve cumprir com a norma EN 61537

Características		Classificação
Material		Isolante / Metálico
Temperatura mínima/máxima de utilização		-5 °C a +60 °C
Propagação da chama		Não propagador de chama
Proteção contra choques mecânicos	Locais que recebem público	5 J
	Locais que não recebem público	2 J

Diferenças entre uma calha e um caminho de cabos

Todos os sistemas de caminhos de cabos são IPOX, não têm característica de envolvente, pelo que não proporcionam proteção mecânica nem impedem o acesso aos cabos.

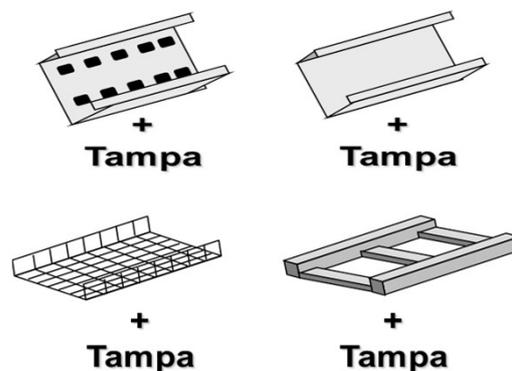
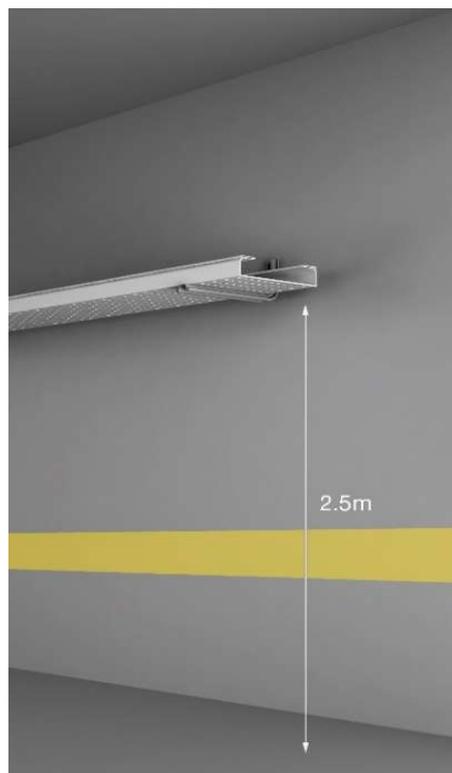
A sua função é apenas de suporte dos cabos.

Nos casos em que se pretende instalar caminhos de cabos para condução de cabos de telecomunicações e em que seja necessária a proteção dos mesmos, deverá ser utilizado um dos seguintes meios:

- Colocar o caminho de cabos numa zona que não se encontre sujeita a riscos mecânicos e em que os cabos não sejam acessíveis. As soluções adotadas devem ser justificadas em projeto;
- Dispor de algum tipo de proteção adicional, pelo menos nas zonas em que o caminho de cabos ou os cabos se encontrem sujeitos a algum tipo de risco mecânico, ou caso sejam facilmente acessíveis.

Para que um produto seja considerado como calha deve cumprir a norma europeia de calhas EN 50085. Entre outras características deve:

- Ser composto por uma base e uma tampa;
- Garantir um grau de proteção mínima IP20.
- Quando é que um caminho de cabos com tampa é considerado uma calha protetora?



	Grau IP	Calha
Caminhos de cabos 66 perfurado + tampa	IP2X	✓
Caminhos de cabos 66 liso + tampa	IP3X	✓
	IPXXD*	✓
Caminhos de cabos de varão + tampa	IPOX	✗
Caminhos de cabos de escada + tampa	IPOX	✗

* Proteção contra a acessibilidade a corpos de diâmetro superior a 1 mm

Dimensionamento de tubos e calhas

Fórmulas de dimensionamento segundo a 4ª edição do Manual ITED:

Tubos

$$D_{tubo} \geq 2 \times \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}$$

D_{tubo} : diâmetro mínimo do tubo (mm)

d_n : diâmetro externo do cabo n (mm)

Calhas

$$S_u \geq \frac{\pi}{2} \times (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2)$$

S_u : secção útil mínima do compartimento da calha (mm²)

d_n : diâmetro externo do cabo n (mm)

Dimensões exteriores mínimas dos tubos:

Na rede coletiva as dimensões exteriores mínimas dos tubos é de Ø 40 mm e na rede individual de Ø 20 mm.

Para efeito de equivalência, e onde o Manual ITED4 estabelece requisitos mínimos designando os diâmetros de tubos, considera-se que um compartimento interno de uma calha será equivalente a um tubo com a seguinte secção:

Diâmetro comercial de um tubo mm	Secção de um compartimento de calha mm ²
20	89
25	139
32	227
40	355
50	555
63	881
75	1249
90	1798
110	2686

Para o calculo dos Caminho de cabos, utiliza mesmo método que para os compartimentos de calha.

Diferenças entre uma calha e um tubo

O uso de tubos implica:

- Enfiamento dos cabos: maiores esforços aplicados aos cabos suscetíveis de lhe causarem danos;
- Limitação do comprimento dos troços: recomenda-se o uso de caixas de visita para percursos maiores ou sempre que existam curvas acentuadas;
- Maior necessidade de espaço: nas instalações à vista, e para a mesma situação, a solução em tubo ocupa mais espaço do que a solução em calha uma vez que, nos tubos, só é possível aproveitar uma parte da sua secção real para permitir o enfiamento dos cabos;



O uso de calhas permite:

- Acessibilidade em toda a sua extensão: maior facilidade na instalação, alteração e ampliação das redes de cabos, com menor esforço aplicado aos cabos e sem recorrer a caixas de visita;
- Instalações superficiais em obras novas ou remodelações: execução da instalação de forma simples e rápida, sem roços, sem perda de resistência das paredes do edifício e sem diminuição do isolamento térmico e acústico;
- Integração: perfis construtivos neutros de linhas retas, de fácil pintura e com distintas possibilidades de tratamento superficial.

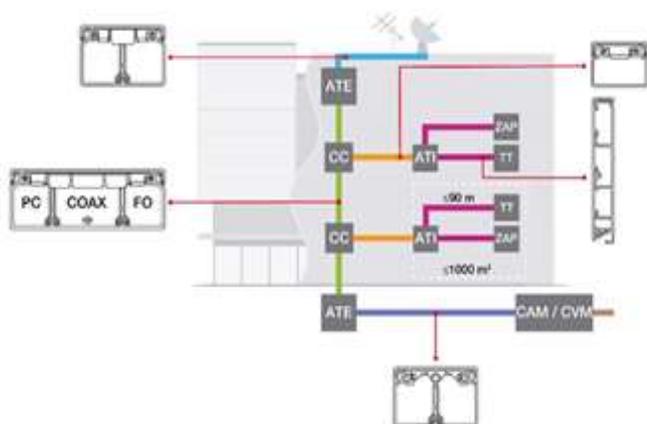


Rede de tubagem de um edifício

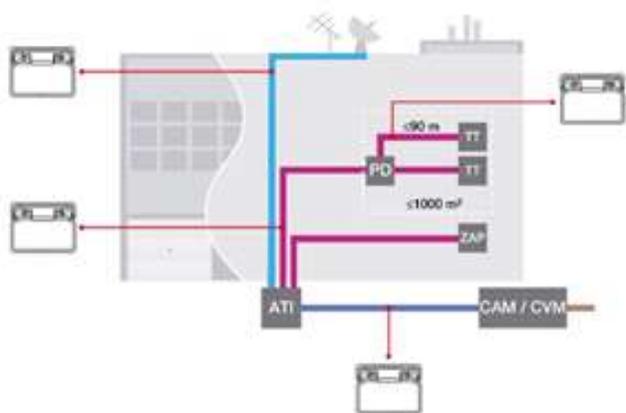
Identificado o tipo de edifício, de acordo com o uso a que se destina, e o número e as características dos fogos, define-se a arquitetura da rede.

Exemplos de edifícios:

- Edifício misto



- Edifício profissional (1fogo)



ITUR	CVM Caixa de Visita Multioperador
Interligação CVM - ATE	CAM Caixa de Acesso Multioperador
Coluna Montante	ATE Armário de Telecomunicações do Edifício
PAT	CC Caixa de Coluna Montante
Interligação CM - ATI	PD Ponto de Distribuição
Rede Individual	PAT Passagem Aérea de Topo
	ATI Armário de Telecomunicações Individual
	TT Tomada Terminal
	ZAP Zona de Acesso Privilegiado

Seleção do sistema de condução de cabos

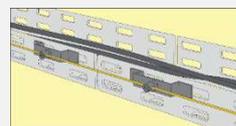
As instalações de telecomunicações estão expostas a possíveis perturbações elétricas e eletromagnéticas que podem provocar um mau funcionamento das instalações e, inclusive, danificar os equipamentos.

De acordo com as normas, no que concerne ao ponto de vista de interação das canalizações com os campos eletromagnéticos e com as condições de segurança elétrica, contemplam-se dois tipos de soluções: os sistemas de condução de cabos isolantes e os metálicos.

Por segurança elétrica:

Proteção contra contactos indiretos:

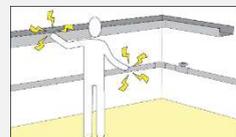
Os elementos com condutividade elétrica devem ligar-se à terra. Não poderão utilizar-se como condutores de proteção. As massas dos equipamentos devem ser ligadas a condutores de proteção e não devem ligar-se em série. Deve também ser garantida a continuidade elétrica entre os vários elementos constituintes do sistema, ao longo da vida útil da instalação, evitando eventuais deteriorações provocadas pela corrosão ou quebras da continuidade provenientes de futuras manipulações.



SISTEMAS METÁLICOS

Equipotencialidade:

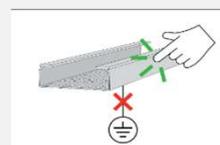
Os elementos condutores acessíveis devem estar interligados, por forma a que não existam diferenças de potencial perigosas entre elementos condutores que se possam tocar simultaneamente. A união de equipotencialidade pode ser assegurada por elementos condutores não desmontáveis, por elementos condutores suplementares, ou pela combinação de ambos.



SISTEMAS ISOLANTES

Não necessita de ligação à terra:

Por não existir possibilidade de correntes de fuga eliminam-se os riscos de contactos indiretos. Adicionam também um isolamento suplementar à instalação, que é inalterável no tempo. O corte e a manipulação não produzem rebarbas que possam danificar os cabos. Inexistência de correntes parasitas.

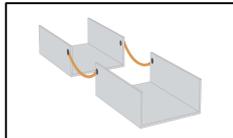


Por compatibilidade eletromagnética:

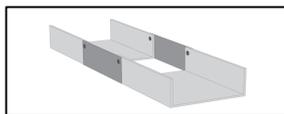
Com o objetivo de reduzir as perturbações capacitivas e indutivas sobre os cabos de telecomunicações que não são imunes, são estabelecidas distâncias mínimas de separação entre os circuitos de potência e de telecomunicações.

No caso de um sistema de condução de cabos metálico, para além da distância de separação, há que garantir uma adequada continuidade elétrica entre os elementos de caminhos de cabos ou calhas, tampas, uniões e outros elementos metálicos, bem como a união ao condutor de equipotencialidade e assegurar que estas ligações se mantêm funcionais ao longo do tempo, resistindo à corrosão e a possíveis manipulações.

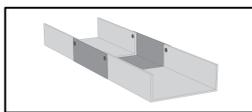
Durante o desenho e a instalação do sistema, e por indicação do Manual ITED, deverão ser seguidos os requisitos e recomendações previstos nas normas EN 50174-2 e EN 50310.



Não conforme



Conforme, mas não recomendado



Conforme

A vantagem de um sistema de condução de cabos isolantes, está refletida na norma EN 50174-2:2018, os sistemas de condução não metálicos são produtos neutros desde o ponto de vista eletromagnético, pelo que não proporcionam uma barreira às interferências, mas também não produzem perturbações nas redes de cabos de dados por transferência de correntes induzidas ou de correntes de fuga.

Neste caso, durante o desenho e a instalação só há que manter a distância de separação.

Cálculo das distâncias de separação

Os requisitos de separação entre os cabos de telecomunicações e os cabos de energia dependem:

- da imunidade dos cabos de telecomunicações;
- da quantidade e do tipo de circuitos de energia;
- do tipo de sistema de condução (de cabos) onde são colocados os cabos de telecomunicações ou de energia.

Este método de cálculo de distâncias de separação está previsto na norma EN 50174-2 e pode resumir-se nas duas tabelas que se seguem:

Distância de separação básica S em função da classificação dos cabos de telecomunicações e dos sistemas de condução de cabos				
Tipo de cabo	Sem barreira eletromagnética	Contentor metálico A ^a	Contentor metálico B ^b	Contentor metálico sólido ^c
Cabos de pares de cobre cat. 6, não blindados	100	75	50	0
Cabos de pares de cobre cat. 6, blindados (atenuação de blindagem ≥ 55 dB)	50	38	25	0
Cabos de pares de cobre cat. 7, blindados Cabos coaxiais	10	8	5	0

Notas:

^a Equivalente a um caminho de cabos em rede de malha de aço com dimensões de 50 mm x 100mm (excluídas escadas), ou um caminho de cabos metálico, com perfuração da base superior a 20% e distribuída equitativamente, e espessura de parede inferior a 1 mm;

^b Equivalente a um caminho de cabos metálico, com perfuração da base inferior a 20% e distribuída equitativamente, e espessura de parede igual a 1 mm. A parte superior da superfície dos cabos instalados neste contentor deve estar, pelo menos, 10 mm abaixo do limite da aba do caminho de cabos;

^c Tubo metálico com paredes de 1,5 mm de espessura.

Fator corretor P a aplicar à distância de separação em função do número de circuitos de potência próximos		
Tipo de circuito elétrico	Quantidade de circuitos	Fator corretor P
230 V (AC) 20 A 1 fase	1 a 3	0,2
	4 a 6	0,4
	7 a 9	0,6
	10 a 12	0,8
	13 a 15	1
	16 a 30	2
	31 a 45	3
	46 a 60	4
	61 a 75	5
> 75	6	

Notas:
Para a contabilização do número de circuitos deve tomar-se em conta:

- os circuitos trifásicos são tratados como três circuitos monofásicos;
- os circuitos com corrente nominal superior a 20 A devem ser considerados como múltiplos de 20 A;
- os circuitos com tensão inferior a 230 V (AC ou DC) devem ser baseados na corrente, isto é, um circuito de 50 V, 100 A (DC) é equivalente a 5 circuitos de 20 A (P=0,4).

Fórmula de cálculo de distâncias de separação: $D = S \times P$

Exemplo de cálculo de distâncias de separação:

Circuitos de energia:

- 5 circuitos monofásicos 230 VAC – 20 A
- 1 circuito trifásico 230/400 VAC – 25 A
- Circuitos de telecomunicações (ITED):
- Cabos de pares de cobre cat. 6 blindado



Cálculos:

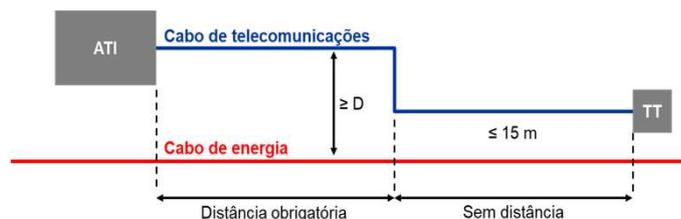
Distância de separação básica S para calha isolante Unex: 50 mm

Cálculo do fator corretor P: 5 circuitos + 6 circuitos = 11 circuitos → P = 0,8

$$A = S \times P = 50 \text{ mm} \times 0,8 = 40 \text{ mm}$$

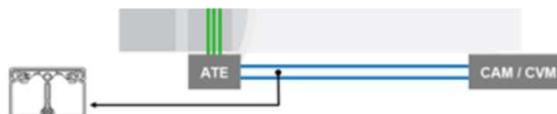
Condições de separação zero:

Não existe a necessidade de distância de separação entre os cabos elétricos e os de telecomunicações, nos últimos 15 metros de ligação às TT. Mantém-se, em qualquer caso, a proibição da partilha do mesmo tubo ou do mesmo compartimento de calha, pelos dois tipos de cabos referidos.



Rede de tubagem de um edifício:

Interligação CAM/CVM e o ATE/ATI:



A interligação à CAM/CVM é aquela que suporta os cabos entre o ATI e a CAM/CVM, ou entre o ATE inferior e a CAM/CVM. Esta parte da rede de tubagem do edifício é dimensionada em função do tipo de edifício e do número de frações do mesmo. Caso a instalação possa ser realizada de forma saliente ou suspensa, poderão ser instaladas calhas que proporcionarão proteção mecânica e restrição ao acesso aos cabos.



Tipo de edifício	Tubo	Calha
Moradia unifamiliar	1x Ø40	30x40 
Edifícios de 1 fogo	1x Ø40	30x40 
Edifícios de 2 a 20 fogos	2x Ø40	40x60 
Edifícios com mais de 20 fogos	2x Ø63	40x90 

Coluna Montante

A coluna montante é a que suporta a distribuição principal do edifício, normalmente na vertical, e que interliga os ATE inferior e superior. É constituída por 3 condutas, uma por cada tecnologia (pares de cobre, cabo coaxial e fibra ótica). Na utilização de calhas, poderá ser utilizada uma calha com 3 compartimentos, em que cada compartimento deverá ter uma área mínima de 355 mm².

Nos edifícios onde não existam zonas coletivas aptas para a instalação da coluna montante, pode considerar-se a utilização das zonas individuais para passagem de cabos da rede coletiva.

Para a dificuldade anteriormente referida, pode também ser considerada a instalação à vista, recorrendo às paredes exteriores do edifício. Não é permitido, no entanto, a instalação nas fachadas principais.



Distribuição horizontal – interligação da coluna montante ao ATI

A interligação da coluna montante ao ATI é constituída por uma conduta que suporta os cabos de uma fração. Neste caso poderá ser utilizada uma calha com um compartimento, de área mínima de 355 mm².



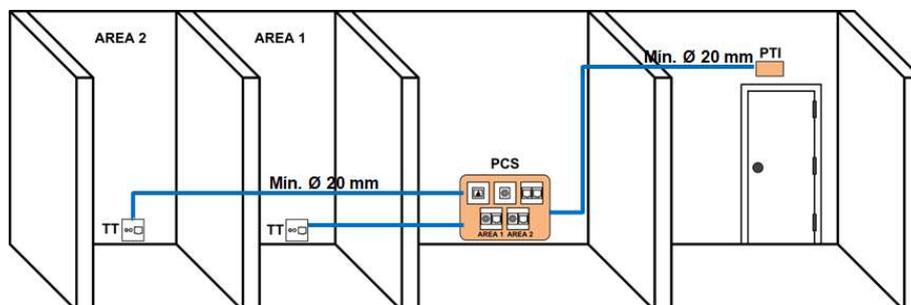
PAT (Passagem Aérea de Topo)

Permite a passagem dos cabos desde o ATE superior até ao exterior do topo do edifício, para ligação às antenas. Permite igualmente a passagem a partir do ATE inferior, nos casos onde é utilizado o sistema coaxial único (SCU).

Nº de fogos	Tubo	Calha
1	1 x Ø40	30x40 
2 ou mais	2 x Ø40	40x60 

Rede individual

A rede individual é a que suporta as redes de cabos dentro do interior da fração e que permite distribuir os cabos desde o ATI até aos pontos de acesso terminais. Ou, no caso de um edifício construído onde se aplique o ITED4a, suporta as interligações entre o PCS e as tomadas terminais.



A dimensão mínima de cada compartimento de uma calha é de 89 mm² e permite albergar os diversos tipos de cabos utilizados nas ITED.

O sistema de Rodapé 80, permite aproveitar o espaço dedicado ao rodapé decorativo convencional para distribuir, pelo seu interior, todos os serviços elétricos e de telecomunicações necessários, e alimentar os mecanismos, nos diferentes espaços de uma habitação, loja, hotel ou pequeno escritório.



- Eletricidade
- Pares de cobre
- Cabo coaxial
- Fibra ótica

Soluções para edifícios com espaços de trabalho

As soluções Unex permitem resolver os problemas de gestão da cablagem e adaptação de mecanismos, desde o ponto de distribuição até ao local de conexão, ajustando-se às necessidades específicas dos diferentes tipos de espaços profissionais.

Soluções para a distribuição:

Caminhos de cabos isolantes com tampa 66

Cinzentos
U23X
U48X



Calhas 73

Branco
U23X
U43X



Molduras 78

Branco
U23X
U41X
U43X



Soluções para a alimentação de espaços de trabalho:

Calhas 93

Cinzentos
U23X



Rodapé 80

Cinzentos
U23X



Colunas 50

Cinzentos
ALU



Alimentação de mobiliário 51

Antracite Cinzentos
U24X



Mini-Colunas 50

Antracite Cinzentos
U24X

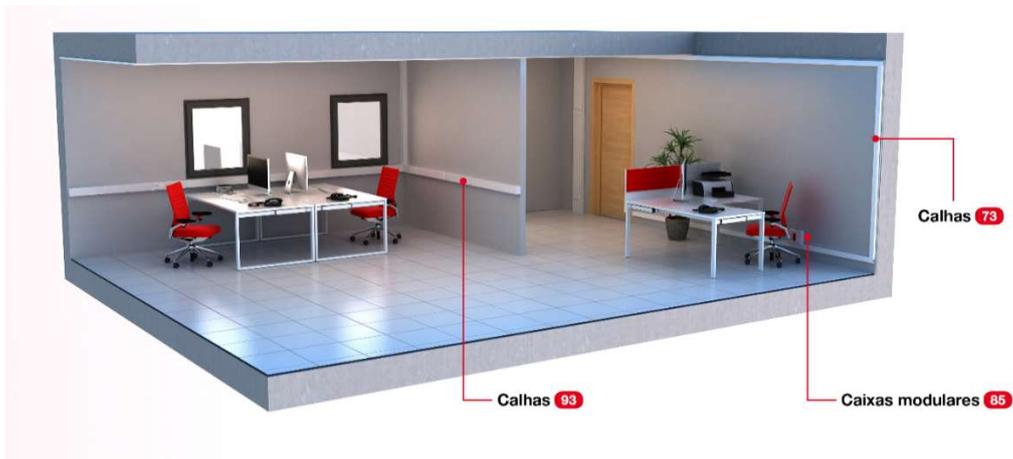


Caixas modulares 85

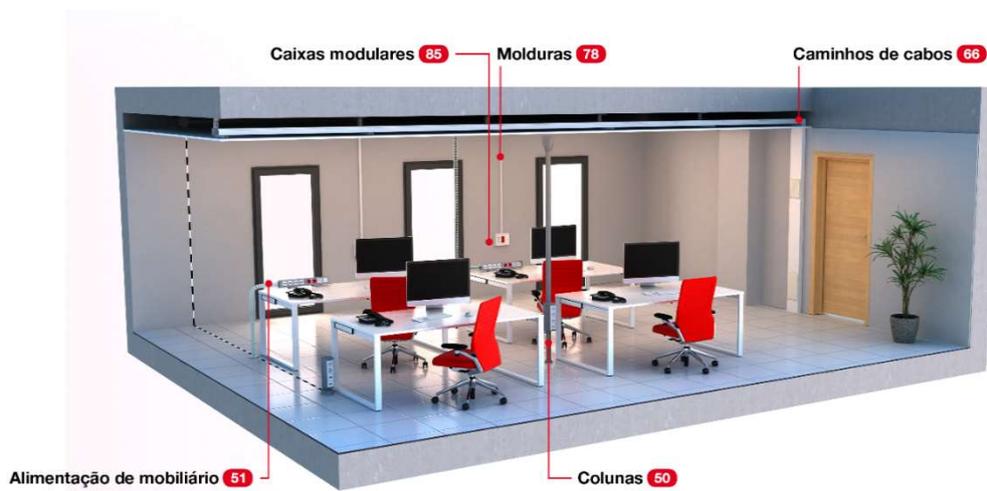
Branco
U24X



Espaços de trabalho por parede



Espaços de trabalho por teto ou teto falso



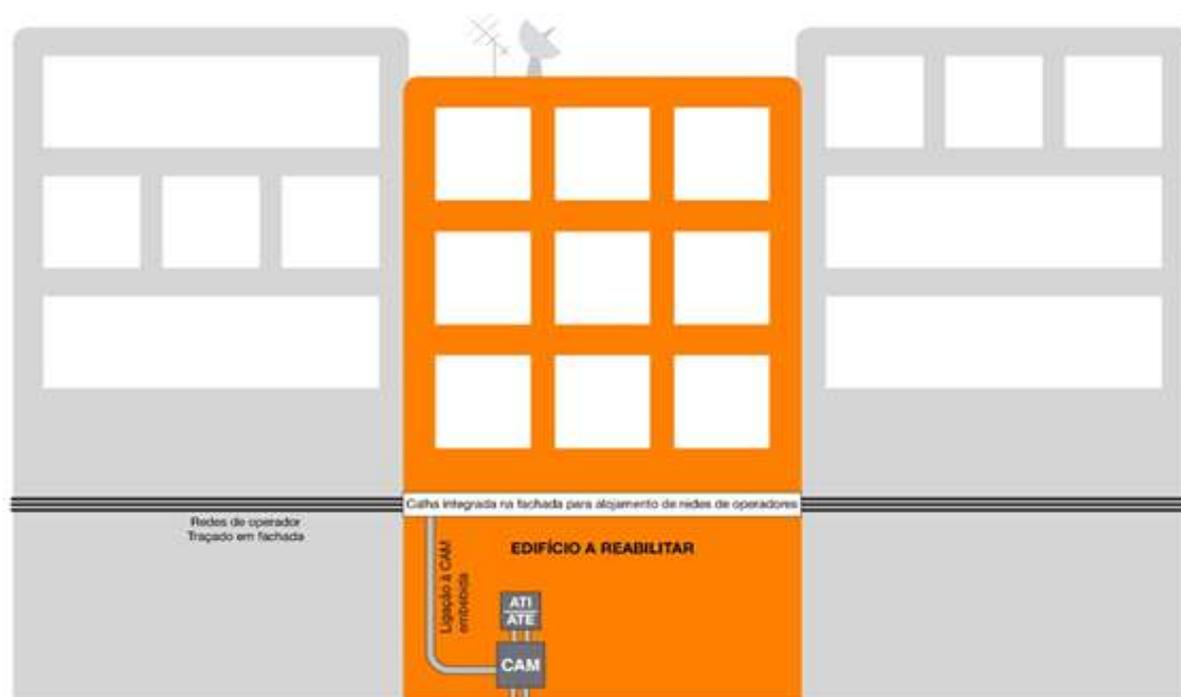
Espaços de trabalho por pavimento ou pavimento técnico



Soluções para a distribuição de cabos em fachadas

Para o caso dos edifícios novos ou alterados, onde existam traçados das redes públicas instalados em fachada, é admitida a utilização de condutas verticais e horizontais que garantam o acesso ao edifício através da CAM e que permitam a passagem das redes de operador, instalados na fachada.

Para isso podem ser utilizadas condutas embebidas na construção, ou instaladas à vista desde que integradas na própria arquitetura.



Caso sejam aplicadas condutas à vista, estas devem ter o comportamento adequado à aplicação, nomeadamente no que respeita à resistência a choques mecânicos, vento, formação de gelo, temperatura mínima e máxima e radiação solar. (soluções Unex:IK10/IK08; -25°C a +60°C).

A solução permite manter o traçado horizontal das redes de operador, através da sua proteção em calha técnica, diminuindo consideravelmente o impacto visual resultante do atravessamento dos cabos.



Vantagens dos sistemas superficiais isolantes Unex

Flexibilidade

As calhas isolantes Unex oferecem a possibilidade de obter uma instalação cuja rede de cabos pode ser modificada e ampliada de forma fácil, já que é uma instalação superficial facilmente operável por um técnico competente.

Integração

As calhas isolantes Unex são um elemento neutro e de fácil pintura com diferentes possibilidades de tratamento superficial.

Adaptam-se a todo o tipo de obra, já que é possível a sua combinação com os diferentes materiais da construção como, por exemplo, o betão, o gesso e a madeira.

Construção sustentável

As calhas Unex são totalmente recicláveis. As nossas matérias-primas, assim como o produto final, cumprem com a Diretiva RoHS (isentas de substâncias perigosas como o chumbo, o cádmio, o crómio hexavalente, o mercúrio, o bifenil polibromado e o éter difenil polibromato).

O uso de produtos RoHS contribui para uma construção sustentável, preservando a segurança das pessoas e do meio-ambiente, já que se eliminam substâncias consideradas perigosas pela União Europeia.

Os produtos Unex são de montagem superficial, como tal:

- evita-se a geração de resíduos construtivos (ex.: roços e ruídos);
- poupa-se em recursos energéticos (ex.: água, argamassas e limpeza).



Construção agregativa

Ao não necessitar de roços, a sua instalação é de execução simples e rápida sem produzir desconforto aos utilizadores.

Desta forma não se provoca o debilitamento das paredes do edifício, evitando a perda de resistência e a diminuição do isolamento térmico e acústico.

Evolução

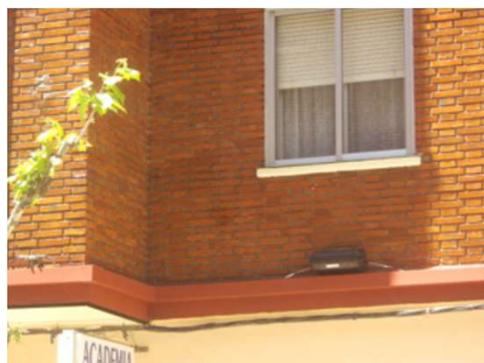
Atualmente, as instalações ITED, são aquelas que mais se modificam ao longo da vida útil do edifício.

A utilização das calhas Unex, reflete o desejo de utilizar sistemas que permitam realizar futuras ampliações ou modificações evitando:

- a obsolescência prematura do edifício;
- a perda de valor do edifício.

Otimização de custos

Ao tratar-se de uma instalação superficial, a modificação e ampliação das redes de cabos pode ser realizada mais facilmente, diminuindo o custo da operação e os problemas para os utilizadores, já que para realizar esta intervenção necessita-se de muito menos tempo, recursos humanos e materiais.



Na Unex apostamos nas novas tecnologias, oferecendo-lhe ferramentas úteis e eficazes. Entre na nossa web e experimente.



www.unex.pt

Informação técnica:

- Catálogos
- Fichas técnicas
- Instruções de montagem
- Vídeos de montagem

Exemplos de aplicações

Uneproject e configurador:

- Dimensionamento e configuração de produtos

Outros elementos de apoio:

- Bibliotecas BIM (para Revit)
- Bibliotecas 2D, 3D e STEP (para Autocad, Inventor ou SolidWorks).

MINIMIZAR O AUMENTO DE TEMPERATURA EM SOLUÇÕES POE (POWER OVER ETHERNET)

1. Introdução

A tecnologia PoE (*Power Over Ethernet*) permite a transmissão de energia elétrica e de dados, em simultâneo, através do cabo de pares de cobre, eliminando a necessidade de infraestrutura elétrica, minimizando os custos de instalação.

O conceito de *Power Over Ethernet* está forçosamente relacionado com Alexander Bell e a telefonia analógica, uma vez que o telefone é definido como um aparelho eletroacústico que permite a transformação de energia acústica em energia elétrica no emissor, e a transformação dessa energia elétrica em acústica no recetor; assim, é possível a troca de informação, falada e ouvida, entre dois ou mais assinantes. O sinal elétrico era comutado por uma central telefónica analógica que gerava uma corrente de chamada para uma linha analógica, linha essa que utilizava o cabo de cobre como meio de transmissão.

Com grande aceitação da indústria foi necessário a normalização do PoE. Publicado em 2003, o padrão IEEE 802.3af normalizou a técnica de transmissão de energia elétrica via cabo pares de cobre. Fornece um máximo de 15,4W por porta, enquanto suporta protocolos 10BASE-T e 100BASE-T, utilizando dois dos quatro pares do cabo Cat.5 ou superior.

Com o aparecimento exponencial de equipamentos que suportam esta funcionalidade, como os telefones VoIP ou as Câmaras de Vídeo Vigilância, foi necessário gerar maior potência. Surge, em 2009, a publicação do padrão IEEE 802.3at (PoE+) promovendo um aumento da capacidade de alimentação para até 30W por porta; suportava protocolos 1000BASE-T Cat.5 ou 6, mantendo a utilização de dois dos quatro pares do cabo.

Em 2013, o IEEE anunciou o grupo de estudo para a criação da 802.3bt. Finalizado em Setembro de 2018, definia dois tipos de PoE: Tipo 3 (suporta até 60W) e Tipo 4 (suporta até 100W). Suporta protocolos 10GBASE-T, 5GBASE-T e 2.5GBASE-T em Cat.5e ou superior, utilizando os quatro pares do cabo para transmitir, simultaneamente, dados e energia elétrica.

Incorporado nas atualizações dos standards internacionais e norte-americanos (ISO/IEC 11801 e ANSI/TIA-568), em Portugal deve-se cumprir e atender às especificações técnicas da 4.ª edição do Manual ITED – Prescrições e especificações técnicas das Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios, com entrada em vigor no passado dia 1 de abril de 2020.

Incorporado nas atualizações dos standards internacionais e norte-americanos (ISO/IEC 11801 e ANSI/TIA-568), em Portugal, deveremos cumprir e atender às especificações técnicas da 4.ª edição do Manual ITED – Prescrições e especificações técnicas das Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios, com entrada em vigor no passado dia 1 de abril de 2020. Neste contexto, é apresentado na secção 3.2.1.3 do documento, a tecnologia PoE como solução a ter em conta em sistemas de segurança e comunicação.

2. Arquitetura do Sistema PoE

O sistema PoE apresenta dois tipos de dispositivos: um PSE (*Power Source Equipment*), que transmite energia, podendo ser um equipamento de comunicação *ethernet (switch)* com capacidade de gestão de energia em cada porta física ou um injetor PoE que recebe os dados do *switch* sem suporte PoE e injeta a corrente necessária à alimentação do dispositivo; o dispositivo que recebe a energia é um PD (*Powered Device*).

	PoE	PoE+	4PPoE	
Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Padrão	IEEE 802.3af	IEEE 802.3at	IEEE 802.3bt	IEEE 802.3bt
Potência Máxima Saída PSE	15,40 W	30 W	60 W	100 W
Potência Mínima PD	12,95 W	25,50 W	51 W	71 W
Gama Tensão (PSE)	44,0 – 57,0 V	50,0 – 57,0 V	50,0 – 57,0 V	52,0 – 57,0 V
Gama Tensão (PD)	37,0 – 57,0 V	42,5 – 57,0 V	42,5 – 57,0 V	41,1 – 57,0 V
Corrente Máxima	350mA	600mA	600mA/ par	960mA/ par

Tabela 1 - Características dos Equipamentos PoE

O incremento na capacidade máxima de alimentação, em termos de potência (IEEE 802.3bt), leva a um aumento de temperatura no interior do cabo, devido à resistência do condutor, podendo afetar o desempenho da ligação.

3. Construção Cabo

- **Tamanho do Condutor**

Quando é selecionado um cabo que permite a transmissão de energia elétrica e de dados, em simultâneo, é preciso ter em conta os seguintes aspetos, tendo como premissa a mitigação do aumento de temperatura. Neste sentido, uma das estratégias é o aumento da secção do cobre de cada condutor; tipicamente, quanto menor for o AWG, maior é a secção de cobre (mm). O equilíbrio térmico é um fator importante principalmente no PoE de alta potência.

Current per Pair	26 AWG		Category 5e 24 AWG		Category 6 23 AWG		Category 6A 23 AWG		Category 8 23 AWG	
	Air	Conduit	Air	Conduit	Air	Conduit	Air	Conduit	Air	Conduit
600 mA	141	79	214	146	281	205	349	272	1039	580
720 mA	86	45	136	90	183	128	227	171	660	359
1000 mA	33	16	58	36	81	53	101	71	280	144

Figura 1 - Variação do número de cabos pares de cobre para um aumento de 15° de temperatura em relação à temperatura ambiente (20°) [1]

- **Separação dos cabos pares de cobre**

Outra forma de reduzir significativamente a temperatura é reduzindo o conjunto de cabos optando ou por os separar ou por os agrupar em grupos mais pequenos. Quanto menor for o conjunto de cabos e maior a distância de separação entre eles, melhor será o desempenho da ligação.

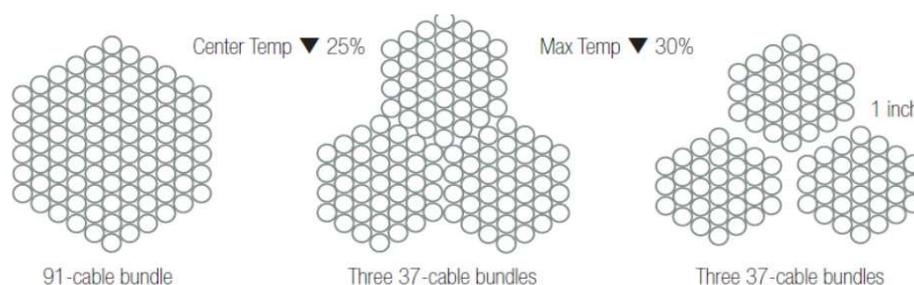


Figura 2 - Impacto da redução do número de cabos e separação (assumindo cabos Cat. 6A, 1000mA 4 pares) [1]

• **Classificação da temperatura do cabo**

A classe de temperatura do cabo indica a temperatura suportada pelo revestimento.

Os cabos usados para PoE apresentam uma classificação superior a 60°.

INSTALAÇÃO

Gama Temperatura (Operação)	-20°C a +75°C
Raio Mínimo Curvatura (Operação)	4D, D é o diâmetro final
Gama Temperatura (Instalação)	0°C a +50°C
Tensão Máxima (Instalação)	100N

Figura 3 - Características técnicas Cabo Cat.6A S/FTP LSZH CU 4P AWG23 barpa

• **Blindagem e conectividade**

Os produtos blindados apresentam uma maior capacidade de dissipar calor através dos elementos metálicos presentes na constituição do cabo.



Figura 4 - Imagem técnica Cabo Cat.6A S/FTP LSZH CU 4P AWG23 barpa

Quando um *patch cord* é removido de uma ligação a PoE em funcionamento forma-se um arco elétrico entre a ficha e o módulo RJ45. Embora não ocorra dano imediato, a integridade da conexão pode sair enfraquecida devido a inúmeras conexões/desconexões, podendo mesmo danificar os contactos do conector e causar problemas de transmissão.

De maneira a adicionar proteção e longevidade à conexão é necessário o uso de conectores que apresentem contactos com banho a ouro de 50µm. Estes devem estar em conformidade com as normas IEC 60512-9-3 e IEC 60512-99-001.



Figura 5 - Módulo RJ45 STP Cat.6A Keystone Tool-Less barpa

Aprovada inicialmente pela TIA-568.2-D surge o conceito de MPTL ou Modular *Plug Terminated Link*. Com a convergência de algumas áreas tecnológicas (Wi-Fi6, IoT e *Smart Buildings*) surge a necessidade de terminar diretamente o cabo pares de cobre numa ficha RJ45 macho que liga diretamente ao equipamento terminal. A tomada terminal e o *patch cord* são eliminados, melhorando o desempenho e fiabilidade de ligação, ideal para soluções que requerem altos débitos de potência e largura de banda elevada como Câmaras de Vídeo Vigilância (PTZ) ou Iluminação LED.



Figura 6 - Ficha RJ45 barpa The Lyra Cat.6A STP

4. Conclusão

Para minimizar o aumento de temperatura no interior do cabo e, conseqüentemente, melhorar a qualidade das ligações, é necessário considerar alguns fatores no dimensionamento de um sistema PoE:

- Categoria 6A ou superior, pois para além de suportarem os variados tipos de PoE, também operam com altos débitos de transmissão de dados (10GBASE-T). Um exemplo desta aplicação é o tão falado Wi-Fi6 (802.11ax) que necessita de altos débitos de transmissão (10GBASE-T) sendo que os *Access Points* necessitam de maiores débitos de potencia para funcionarem.
- Optar por soluções de cabos blindados (U/FTP ou S/FTP), minimizando o aumento de temperatura, sendo que estas soluções deverão apresentar AWG 23 ou 22. O uso de conetores blindados garante uma maior capacidade de dissipação de calor devido ao seu corpo metálico.
- No dimensionamento das calhas técnicas, caminho de cabos e rede de tubagem optar por soluções mais arejadas, dentro do possível, deixando sempre uma reserva de 50% para futuras ampliações ou manutenção, optando sempre por distribuir os cabos espaçados pelo volume disponível. Deve igualmente ser minimizado o número de abraçadeiras evitando que estas causem deformação ou esmagamento do cabo. Deve dar-se preferência à utilização de abraçadeiras de velcro.

A barpa oferece uma solução de cablagem robusta que atende à necessidade de maior largura de banda e energia, enquanto limita o aumento de temperatura no cabo.

Cumpra todas as obrigatoriedades legais, equacionando o futuro que, nesta área, está em constante evolução.

Referências

- [1] - TIA-TSB-184-A, "Guidelines for Supporting Power Delivery Over Balanced Twisted-Pair Cabling", February 2019

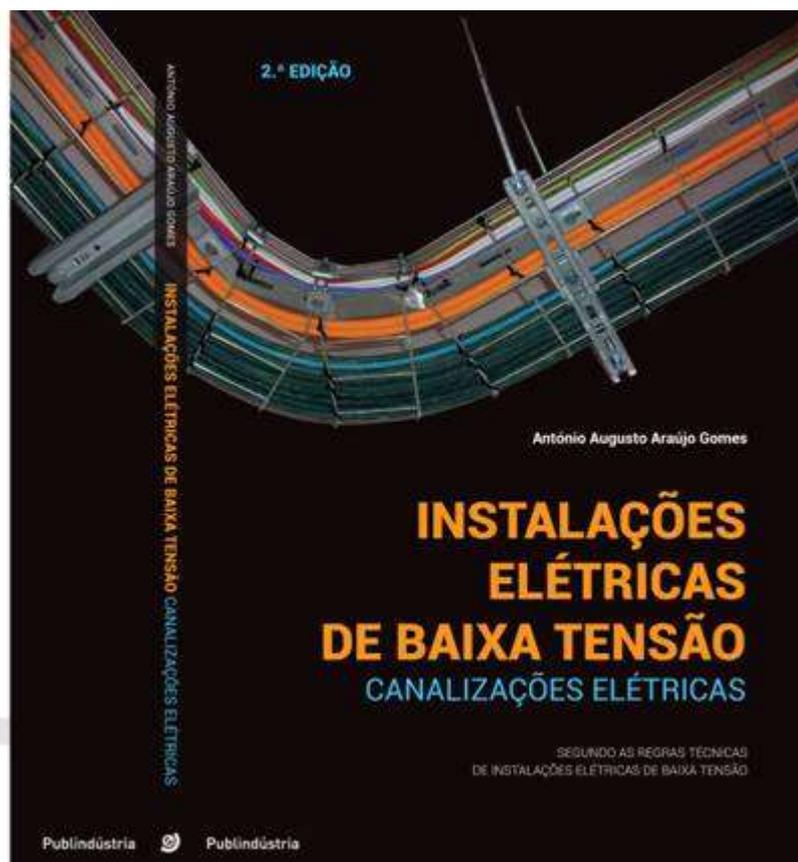


Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Canalizações elétricas
Autor: António Augusto Araújo Gomes
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2015
ISBN: 9789897230752
Nº Páginas: 151
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas.

Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre as canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.



COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:

César Oliveira

UNEX

coliveira@unex.pt

<https://www.unex.net/>

Hélder Nelson Moreira Martins

Televés Electrónica Portuguesa, S.A

helmar@televes.com

<https://www.televes.com/pt/>

Henrique Ribeiro da Silva

Professor Adjunto - Instituto Superior de Engenharia do Porto

hjs@isep.ipp.pt

www.isep.ipp.pt

Inês Vieira Tavares

Aluno - Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

Instituto Superior de Engenharia do Porto

1161211@isep.ipp.pt

José Alberto de Sousa Afonso

Aluno - Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

Instituto Superior de Engenharia do Porto

1920123@isep.ipp.pt

José António Beleza Carvalho

Professor Coordenador - Instituto Superior de Engenharia do Porto

jbc@isep.ipp.pt

www.isep.ipp.pt

José Couto

TEKA Portugal S.A.

<https://www.tekaelectronics.com/>

José Pedro Ferreira Perdiz

Networking System Consultant – BARPA

jose@barpa.eu

<https://barpa.eu/>

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:

Manuel Maria Pereira de Azevedo

Professor Coordenador - Instituto Superior de Engenharia do Porto

mpa@isep.ipp.pt

www.isep.ipp.pt

Miguel Alexandre Ferreira Alves Pereira

Aluno - Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Instituto Superior de Engenharia do Porto

1161224@isep.ipp.pt

Kevin Duarte Tomaz

Aluno - Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Instituto Superior de Engenharia do Porto

1190036@isep.ipp.pt

Quitérios - Fábrica de Quadros Elétricos, Lda

<https://www.quoterios.pt/>

