

Como tem sido habitual nos últimos quinze anos, voltamos à vossa presença com mais uma publicação da nossa revista “Neutro-à-Terra”. Num contexto mundial sem precedentes, em que todos vivemos em sobressalto, abalados pelas consequências de uma pandemia, uma guerra na Europa, os problemas climáticos e ambientais, deixa-nos a todos muito preocupados sobre o que será o nosso futuro. Os assuntos relacionados com a energia, a sua utilização eficiente e a sua obtenção de forma sustentável em termos ambientais, são atualmente um problema crucial e determinante para o nosso futuro. No âmbito do nosso espaço de intervenção, continuaremos a promover a discussão destes problemas, publicando artigos técnicos e científicos que sejam mais um contributo na solução destes problemas com que todos nos deparamos atualmente.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor

Edição Especial | Instalações Eléctricas



Máquinas e Veículos Eléctricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



Instalações Eléctricas



Telecomunicações



Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica

ÍNDICE

- Editorial	3
- Regulamentos técnicos no âmbito das instalações elétricas	5
António Augusto Araújo Gomes	
- Esquemas de Ligação à Terra e Proteção das Pessoas em Instalações Elétricas de Baixa Tensão	13
José António Beleza Carvalho	
- Instalações Elétricas em Hospitais, Clínicas Privadas, Centros Médicos e Dentários, Centros de Tratamento e Similares	23
Henrique Ribeiro da Silva	
- Instalações de ligação à terra	59
António Augusto Araújo Gomes	
- Correntes de Curto-Circuito em Sistemas Trifásicos. Cálculo de correntes de acordo com a norma IEC 60909	67
Filipe Miguel Tavares de Azevedo	
- Interruptores (mecânicos) para uso industrial ou instalações semelhantes	81
António Augusto Araújo Gomes	
André Fernando Ribeiro de Sá	
Sérgio Filipe Carvalho Ramos	
- Infraestruturas de Carregamento de Veículos Elétricos em Ambiente Residencial e Similar	87
Paulo Alexandre Caldeira Branco	
- Graus de Proteção Assegurados pelos Invólucros	93
António Augusto Araújo Gomes	
Sérgio Filipe Carvalho Ramos	
- Lista de Autores	97

Estes artigos não substituem a legislação, regulamentos, normas ou outros documentos, nem exclui a sua consulta, ou a consulta das entidades neles mencionadas, uma vez que apesar de todo o esforço dos autores na sua elaboração, são suscetíveis de conter imprecisões e omissões, além de poder não abranger todos os aspetos relevantes das temáticas tratadas.

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
CONTACTOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

Estimados leitores

Como tem sido habitual nos últimos quinze anos, voltamos à vossa presença com mais uma publicação da nossa revista “Neutro-à-Terra”. Num contexto mundial sem precedentes, em que todos vivemos em sobressalto, abalados pelas consequências de uma pandemia, uma guerra na Europa, os problemas climatéricos e ambientais, deixa-nos a todos muito preocupados sobre o que será o nosso futuro. Os assuntos relacionados com a energia, a sua utilização eficiente e a sua obtenção de forma sustentável em termos ambientais, são atualmente um problema crucial e determinante para o nosso futuro. No âmbito do nosso espaço de intervenção, continuaremos a promover a discussão destes problemas, publicando artigos técnicos e científicos que sejam mais um contributo na solução destes problemas com que todos nos deparamos atualmente.

Esta edição da revista é subordinada ao tema das instalações elétricas. Tal como o assunto da edição anterior, sobre máquinas elétricas, este é também um assunto fundamental na área da Engenharia Eletrotécnica. As instalações elétricas estão relacionadas com a facilidade, a comodidade e a segurança de como utilizamos a energia elétrica. Estas instalações podem ser de locais residências e habitacionais, mas também em locais destinados a atividades industriais, de serviços, centros comerciais, centros de saúde, clínicas e edifícios hospitalares.

As instalações elétricas são caracterizadas pelos níveis de tensão e potência elétrica em que são alimentadas, podendo ser alimentadas em alta tensão (ex: 60 kV), em média tensão (ex:15 kV), ou baixa tensão (230/400 V). A potência elétrica está relacionada com a quantidade, dimensões e características dos recetores elétricos, sendo a potência dos equipamentos instalados relevante para a potência que será contratada ao comercializador de energia elétrica.

A qualidade da conceção das instalações elétricas, e o respetivo projeto elétrico das mesmas, é determinante na utilização da energia elétrica de forma segura, eficiente e cómoda no local em que é pretendida. Para tal ser possível, existem um conjunto de regulamentos, normas e diretivas que quem concebe a instalação elétrica, quem a executa e quem a vai explorar tem de conhecer, de forma que a autoridade competente possa certificar a instalação e autorizar a alimentação em energia elétrica da mesma.

A questão da segurança das pessoas é, neste caso, um fator crítico a ter em conta na conceção das instalações elétricas. Por estas razões, os Engenheiros Eletrotécnicos que exercem esta atividade profissional devem ser pessoas altamente especializadas e sempre disponíveis para atualização de conhecimentos, quer ao nível da legislação eletrotécnica, quer ao nível científico e técnico deste assunto.

Em todas as edições anteriores foram publicados artigos sobre instalações elétricas. É um assunto crucial no âmbito da Engenharia Eletrotécnica. Nesta edição da revista publica-se uma coletânea de artigos sobre instalações elétricas que entendemos serem relevantes neste assunto.

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

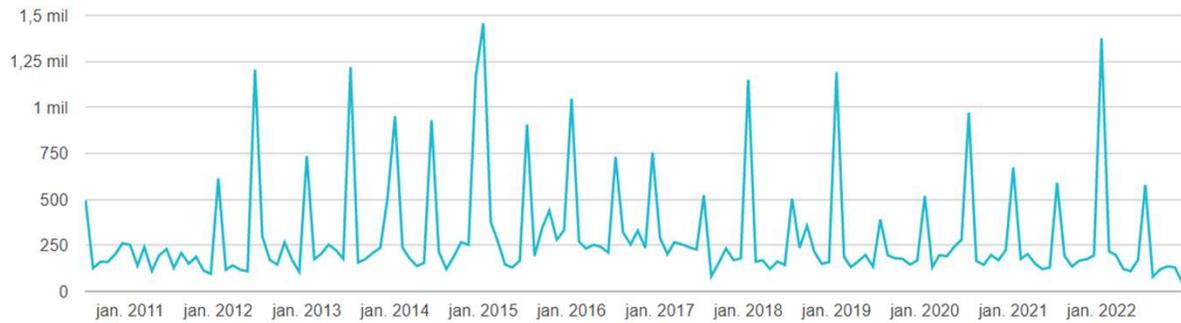
Porto, 15 de dezembro de 2022

José António Beleza Carvalho

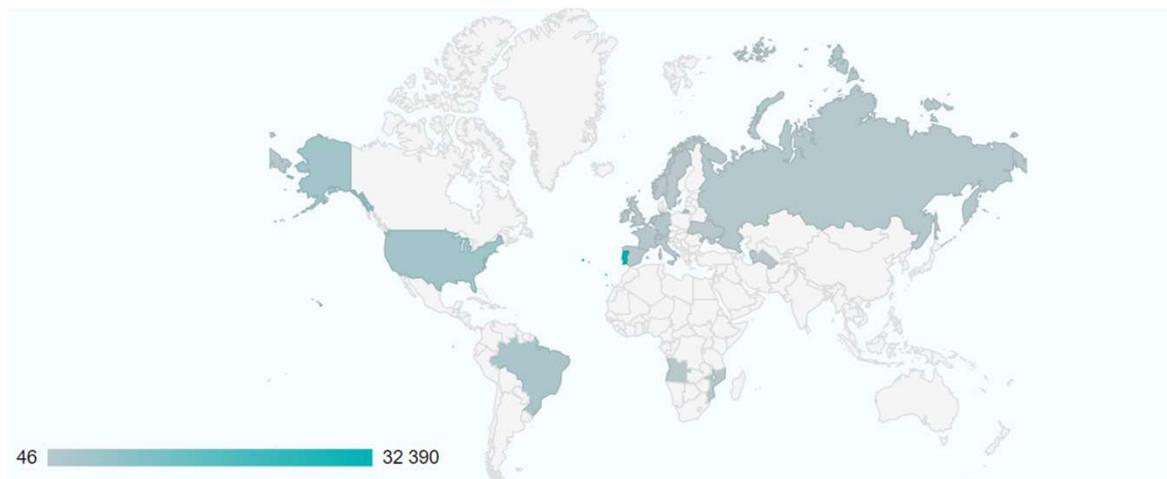
www.neutroaterra.blogspot.com



Histórico de visualizações: 45 181



Localizações principais de visualizações



REGULAMENTOS TÉCNICOS NO ÂMBITO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

1. Aspetos gerais

A atividade de técnico responsável por instalações elétricas ⁽¹⁾ é, e será sempre, cada vez mais, uma atividade estimulante e com constante necessidade de atualização e evolução.

Trata-se de uma atividade extremamente vasta e diferenciada, requerendo, por um lado, um profundo conhecimento, relativamente a normas, regulamentos, materiais, equipamentos, soluções técnicas e tecnologias e, por outro lado, a intervenção numa diversificada área de instalações.

A segurança dos utilizadores, das instalações e dos equipamentos elétricos é a preocupação primeira e fundamental dos técnicos responsáveis pelo projeto (projetistas), pela execução e pela exploração das instalações elétricas.

Ao técnico responsável pelo projeto de instalações elétricas, é exigido encontrar a melhor solução técnico-económica para a instalação em questão, considerando como fator preponderante a segurança de pessoas e bens.

O projeto de instalações elétricas deverá ser objeto de um estudo específico de forma a que a solução final proposta traduza as necessidades e características próprias da instalação, e não que o mesmo não se confine a uma mera cópia adaptada de um outro de uma instalação semelhante, deve, ainda, funcionar como um elemento dinamizador da aplicação de novos aparelhos, equipamentos e conceitos até então desconhecidos ou pouco aplicados, bem como uma

garantia superiormente fornecida acerca da correta utilização dos aparelhos, bom senso na conceção das instalações e adequada segurança e conforto dos utilizadores.

A existência de um projeto de instalações elétricas, deve conferir, por si só, uma garantia de qualidade, segurança e funcionalidade, flexibilidade e fiabilidade das instalações, bem como, por vezes, a diminuição dos custos de execução e exploração das mesmas.

Ao técnico responsável pela execução das instalações elétricas, é exigido a execução das instalações em conformidade com o definido no projeto, cumprindo a regulamentação e mais legislação aplicável e observando as boas regras da arte.

Ao técnico responsável pela exploração, é exigido verificar, através da realização de verificações periódicas, que as instalações mantêm as condições que permitam o seu funcionamento garantindo a segurança de pessoas, animais e bens.

2. Regulamentos no âmbito das instalações elétricas

Para se poder ser, de uma forma cabal, responsável pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas é imprescindível o conhecimento exato dos diversos diplomas legais, em vigor, que enquadram a instalação e a atividade em questão.

Seguidamente serão indicados os principais regulamentos no âmbito das instalações elétricas.

⁽¹⁾**Técnico responsável por instalações elétricas:** *Indivíduos que, preenchendo os requisitos fixados na Lei n.º 14/2015, 16 de março, podem assumir a responsabilidade pelo projeto, pela execução ou pela exploração de instalações elétricas.*

2.1. Subestações, postos de transformação e seccionamento

O Regulamento de Segurança e de Subestações, Postos de Transformação e de Seccionamento⁽²⁾, foi aprovado pelo Decreto N.º 42895, de 31 de março de 1960.

i. Campo de aplicação do Regulamento de Segurança e de Subestações, Postos de Transformação e de Seccionamento

O regulamento aplica-se às subestações e aos postos de transformação e de seccionamento a estabelecer ou explorados em locais públicos ou particulares do continente e ilhas adjacentes.

ii. Objetivo do Regulamento de Segurança e de Subestações, Postos de Transformação e de Seccionamento

O regulamento destina-se a fixar as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e a exploração das instalações elétricas indicadas anteriormente, com vista à proteção de pessoas e coisas e à salvaguarda dos interesses coletivos.

Quinta-feira 31 de Março de 1960		I Série—Número 75	
		DIÁRIO DO GOVERNO	
PREÇO DESTES NÚMERO — 320		PREÇO DESTES NÚMERO — 320	
<p>Toda a correspondência, que não seja, que relate a assuntos e a instituições do Diário do Governo, deve ser dirigida à Administração da Imprensa Nacional. As publicações inseridas de que se referem 3 exemplares anuais em gratificação.</p>		<p>As subscrições: — Ano 1960 A 1.ª série 1000 A 2.ª série 1000 A 3.ª série 1000</p> <p>Para o estrangeiro e ultramar soma-se o porte do correio</p>	
<p>O preço dos anúncios (pagamento adiantado) é de 4000 a linha, segundo do respectivo imposto de selo. Os anúncios que se referem ao texto do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 27 723, de 30 de Outubro de 1960, são a redução de 40 por cento.</p>		<p>As subscrições: — Ano 1960 A 1.ª série 8000 A 2.ª série 8000 A 3.ª série 8000</p>	
SUMÁRIO		Despesa	
<p>Ministério da Ultramar:</p> <p>Orçamento: Da receita e despesa para 1960 da missão geográfica de Timor.</p> <p>Ministério da Economia:</p> <p>Decreto n.º 42 895: Aprova o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento—Revoga o Decreto n.º 27 680 e as instruções para os primeiros socorros e prestar em acidentes pessoais produzidos por correntes eléctricas, aprovadas por Decreto de 28 de Junho de 1913.</p> <p>Portaria n.º 47 653: Aprova as instruções para os primeiros socorros em acidentes pessoais produzidos por correntes eléctricas.</p> <p>Ministério das Corporações e Previdência Social:</p> <p>Decreto-Lei n.º 42 896: Estabelece o modo de fixação e de distribuição da contribuição dos organismos de coordenação económica para os requerimentos das corporações.</p>		<p>CAPÍTULO ÚNICO</p> <p>Artigo 1.º «Despesas com o pessoal» 574.000/000 Artigo 2.º «Despesas com o material» 190.000/000 Artigo 3.º «Pagamento de serviços e diversos encargos» 536.000/000</p> <p style="text-align: right;">1.300.000/000</p> <p>Este orçamento foi elaborado pelo chefe da missão, que não assina por estar ausente em trabalhos de campo.</p> <p>Junta das Missões Geográficas e de Investigações do Ultramar, Comissão Executiva, 22 de Março de 1960.—O Presidente, <i>J. Carrington Simões da Costa</i>.</p> <p>Aprovado.—Em 22 de Março de 1960.—Pelo Ministro do Ultramar, <i>Carlos Krus Abecasis</i>, Subsecretário de Estado do Fomento Ultramarino.</p>	
MINISTÉRIO DO ULTRAMAR		MINISTÉRIO DA ECONOMIA	
Junta das Missões Geográficas e de Investigações do Ultramar		SECRETARIA DE ESTADO DA INDÚSTRIA	
Comissão Executiva		Direcção-Geral dos Serviços Eléctricos	
Missão geográfica de Timor		Decreto n.º 42 895	
Orçamento de receita e despesa para 1960		<p>1. E concluída em todo o Mundo a necessidade, imposta pela evolução permanente da técnica, de rever e actualizar periodicamente os regulamentos de segurança das instalações eléctricas. Essa revisão constitui trabalho árduo e por vezes melindroso, sobretudo no aspecto da indispensável conciliação entre as exigências de uma perfeita segurança da exploração e da vida humana e o interesse de reduzir dentro do possível o custo das instalações, que tem reflexo directo no preço da energia eléctrica e nas facilidades da sua utilização; e há sempre conveniência em que nessa revisão tenham audácia e sejam chamadas a discutir-lh as entidades e pessoas mais autorizadas e competentes.</p> <p>2. Com tal finalidade criou o Governo, por portaria de 30 de Julho de 1954, a comissão para o estudo e revisão dos regulamentos de segurança das instalações eléctricas, a cujos trabalhos o Decreto-Lei n.º 40 181, de 2 de Junho de 1955, facultando a utilização de determinadas verbas orçamentais, veio permitir dar o desenvolvimento requerido pelos objectivos definidos naquela portaria.</p> <p>3. Com base no conhecimento das instalações existentes, na experiência adquirida pela Realização do Governo e pelas empresas concessionárias do Estado e em numerosa documentação portuguesa e de países estrangeiros de reconhecido nível técnico, vem a comissão</p>	
RECEITA			
CAPÍTULO ÚNICO			
Artigo 1.º «Dotação inscrita no orçamento da província de Timor, nos termos do artigo 97.º do Decreto n.º 42 674, de 30 de Novembro de 1960, para 1960.»		400.000/000	
Artigo 2.º «Dotação em conta da verba inscrita no capítulo 13.º, artigo 131.º, n.º 1, do orçamento do Ministério do Ultramar para 1960.»		900.000/000	
		1.300.000/000	

Decreto N.º 42895, de 31 de março de 1960

iii. Diplomas revogados pelo Decreto N.º 42895, de 31 de março de 1960

O Decreto N.º 42895, de 31 de março de 1960 revogou o Decreto n.º 27680, de 5 de maio de 1937, e as instruções para os primeiros socorros a prestar em acidentes pessoais produzidos por correntes eléctricas, aprovadas pelo Decreto de 23 de junho de 1913.

⁽²⁾**Posto de Transformação:** Instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada directamente nos recetores, podendo incluir condensadores para compensação do fator de potência.

Subestação: Instalação de alta tensão destinada a algum ou alguns dos fins seguintes:

- Transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando o secundário de um ou mais desses transformadores se destinem a alimentar postos de transformação ou outras subestações.
- Transformação da corrente por retificadores, ondulaadores, conversores ou máquinas conjugadas.
- Compensação do fator de potência por compensadores síncronos ou condensadores

iv. Alterações ao Regulamento de Segurança e de Subestações, Postos de Transformação e de Seccionamento

Portaria N.º 37/70, de 17 de janeiro: Aprova as instruções para os primeiros socorros em acidentes pessoais produzidos por correntes elétricas e, igualmente, aprova o modelo oficial das referidas instruções para afixação obrigatória nas instalações elétricas, sempre que o exijam os regulamentos de segurança respetivos.

Decreto-Lei N.º 14/77, de 18 de fevereiro: Dá nova redação aos artigos 32.º, 38.º, 54.º, 61.º, 62.º e 67.º do Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento, aprovado pelo Decreto N.º 42895, de 31 de março de 1960.

Decreto Regulamentar N.º 56/85, de 5 setembro: Altera os artigos 34.º, 38.º, 42.º, 62.º, 63.º, 64.º e 65.º do Regulamento de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento, aprovado pelo Decreto-Lei N.º 42 895, de 31 de março de 1960.

2.2. Linhas elétricas de alta tensão

O Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão⁽³⁾ foi aprovado pelo Decreto Regulamentar N.º 1/92, de 18 de fevereiro, conforme estabelecido pelo Decreto-Lei N.º 180/91, de 14 de Maio.

960

DIÁRIO DA REPÚBLICA — I SÉRIE-B

N.º 41 — 18-2-1992

Ensaio	Preço
Granulado, regrunado e pó	
Massa volúmica	2 900\$00
Granulometria	3 870\$00
Humidade (por secagem) (cada três provetes)	2 580\$00
Humidade (método xilol) (cada três provetes)	4 840\$00
Condutibilidade térmica (regime permanente)	19 360\$00
Aglomerado negro acústico	
Absorção acústica (método tubo)	16 130\$00
Aglomerado negro térmico	
Humidade	2 580\$00
Massa volúmica	1 420\$00
Resistência à flexão	3 550\$00
Tensão de rotura paralela às faces (<i>shear strength</i>)	6 000\$00
Tensão de rotura perpendicular às faces (coesão)	6 000\$00
Condutibilidade térmica	23 220\$00
Deformação sob carga fixa	4 840\$00
Deformação sob carga móvel	4 840\$00
Propagação superficial da chama	16 130\$00
Absorção de água por imersão	3 230\$00
Absorção de água por capilaridade	3 230\$00
Resistência à água fervente	1 940\$00
Transmissão de vapor de água	23 220\$00
Grude animal	
Humidade	2 580\$00
Cinzas	1 416\$00
<i>pH</i>	3 870\$00
Absorção de água	3 230\$00
Ponto de fusão	3 230\$00
Tensão de gelia	4 840\$00
Viscosidade	7 740\$00
Recolha de amostras	
Efectuada por pessoal da EFN	1 500\$00
Ensaio	
Pez	
Densidade relativa	1 620\$00
Gráu	1 290\$00
Índice de acidez	1 940\$00
Índice de saponificação	1 940\$00
Poder rotatório	1 940\$00
Temperatura de amolecimento	1 620\$00
Tendência para a cristalização	1 940\$00
Teor em ácido sulfúrico	1 940\$00
Teor em cinzas	2 900\$00
Teor em cobre	3 550\$00
Teor em ferro	3 550\$00
Teor em impurezas insolúveis no éter de petróleo	2 990\$00
Teor em impurezas insolúveis no tolueno	1 940\$00
Teor em matérias insaponificáveis	2 900\$00
Teor em óleo volátil	2 260\$00
Aguarrás	
Análise cromatográfica	7 420\$00
Densidade relativa	1 940\$00
Destilação	3 550\$00
Índice de acidez	1 940\$00
Índice de refração	2 260\$00
Massa volúmica	2 900\$00
Poder rotatório	2 900\$00

Ensaio	Preço
Ponto de inflamação	2 900\$00
Resíduo de evaporação	3 230\$00
Resíduo de oxidação nítrica	4 510\$00
Solubilidade em álcool	2 900\$00
Gema	
Teor em água	2 260\$00
Teor em aguarrás	5 810\$00
Teor em impurezas	2 900\$00

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E ENERGIA

Decreto Regulamentar n.º 1/92

de 18 de Fevereiro

A regulamentação de segurança das instalações eléctricas reveste-se da maior relevância, não só em consideração à vida humana, como à actividade económica, e carece de constante actualização, decorrente da evolução da técnica e do aparecimento de novos materiais e equipamentos.

O anterior Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão, anexo ao Decreto n.º 46 847, de 27 de Janeiro de 1966, foi objecto de alterações parciais por intermédio dos Decretos Regulamentares n.ºs 14/77 e 85/84, de 18 de Fevereiro e de 31 de Outubro, respectivamente, carecendo, porém, de uma revisão global.

Dada a sua extensão e complexidade, esta revisão implicou um longo e laborioso trabalho realizado pela Direcção-Geral de Energia e teve parecer favorável da CORIEL — Comissão para o Estudo e Revisão dos Regulamentos de Segurança das Instalações Eléctricas.

O Regulamento que agora se publica destina-se, naturalmente, a substituir o que se encontra em vigor e contempla as muito altas tensões, a generalização da técnica dos trabalhos em tensão e a evolução da técnica entretanto verificada.

Assim:
Ao abrigo do disposto no artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 180/91, de 14 de Maio, e nos termos da alínea c) do artigo 202.º da Constituição, o Governo decreta o seguinte:

Artigo 1.º — 1 — É aprovado o Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão, anexo ao presente decreto regulamentar e dele fazendo parte integrante.

2 — Nas linhas eléctricas de alta tensão que, na data da entrada em vigor deste decreto regulamentar, já possuem licença de estabelecimento ou para as quais já tenha sido requerida vistoria, se não carecerem de licenciamento prévio, o cumprimento das disposições inovadoras deste Regulamento só será obrigatório relativamente às obras de ampliação, modificação ou renovação.

3 — Os serviços oficiais competentes poderão impor, de acordo com os preceitos deste Regulamento, a execução das modificações ou adaptações que se tornarem necessárias para a segurança das pessoas ou da exploração.

Decreto Regulamentar N.º 1/92, de 18 de fevereiro

i. Campo de aplicação do Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão

O regulamento aplica-se às linhas eléctricas de alta tensão, aéreas ou subterrâneas, que se designarão abreviadamente «linhas». Aplica-se também às linhas de telecomunicação adstritas à exploração das linhas eléctricas de alta tensão e estabelecidas nos mesmos apoios.

⁽³⁾Linha de alta tensão - linha eléctrica em que o alor eficaz ou o valor constante da tensão nominal excede os valores seguintes:

a) 1000 V: em corrente alternada;

b) 1500 V: em corrente contínua.

ii. Objetivo do Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão

O regulamento destina-se a fixar as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e a exploração das instalações elétricas indicadas anteriormente, com vista à proteção de pessoas e coisas e à salvaguarda dos interesses coletivos.

v. Diplomas revogados pelo Decreto-Lei N.º 180/91, de 14 de maio

O Decreto-Lei N.º 180/91, de 14 de Maio que previu a publicação do Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão, revogou o anterior Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão, anexo ao Decreto n.º 46847, de 27 de Janeiro de 1966, e posteriores alterações parciais realizadas por intermédio dos Decretos Regulamentares n.ºs 14/77 e 85/84, de 18 de Fevereiro e de 31 de Outubro.

2.3. Redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão

O Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão⁽⁴⁾ foi publicado pelo Decreto Regulamentar N.º 90/84, de 26 de dezembro.

i. Campo de aplicação do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão

I SÉRIE — N.º 297 — 26-12-1984

3871

Quadro de pessoal do Centro de Saúde Distrital de Viseu

Número de lugares	Categoria	Letra de vencimento
...	III — Pessoal técnico-profissional e administrativo	...
...	4) Pessoal técnico-profissional:	...
1	Técnico auxiliar sanitário coordenador	G
7	Técnico auxiliar sanitário principal	H
(a) 12	Técnico auxiliar sanitário de 1.ª classe	I
(a) 13	Técnico auxiliar sanitário de 2.ª classe	J

(a) Se das regras de transição constantes do artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 272/83, de 17 de Agosto, resultar a necessidade de integrar nestas categorias um número superior de funcionários, serão aditados os lugares por conta das vagas existentes nas categorias superiores, a extinguir quando vagarem.

MINISTÉRIOS DA AGRICULTURA E DO COMÉRCIO E TURISMO

Despacho Normativo n.º 177/84

AO abrigo do disposto nos n.ºs 1 e 3 do Decreto-Lei n.º 303/77, de 29 de Julho, e em aditamento à tabela n.º 2 — Produtos Fitofarmacêuticos, aprovada pelo Despacho Normativo n.º 346/80, publicado no *Diário da República*, 1.ª série, n.º 250, de 28 de Outubro de 1984, é autorizado o lançamento no mercado das embalagens com o conteúdo líquido (peso) de 200 g, 5 kg e 25 kg para os produtos fitofarmacêuticos com peso em manebe, formulados em pó, com o teor de 50 % (p/p) de substância activa.

Ministérios da Agricultura e do Comércio e Turismo, 3 de Dezembro de 1984. — O Ministro da Agricultura, *Álvaro Roque de Pinho Bissala Barreto*. — O Ministro do Comércio e Turismo, *Joaquim Martins Ferreira do Amaral*.

MINISTÉRIOS DA INDÚSTRIA E ENERGIA E DO EQUIPAMENTO SOCIAL

Decreto Regulamentar n.º 90/84 de 26 de Dezembro

A regulamentação de segurança das instalações eléctricas carece de constante actualização decorrente da evolução da técnica e do aparecimento de novos materiais e equipamentos.

O Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão, publicado em Janeiro de 1966, não podia fugir à regra. O trabalho da sua revisão foi iniciado há 7 anos pela CORIEL (Comissão para o Estudo e Revisão dos

Regulamentos de Segurança das Instalações Elétricas), mas só agora foi concluído.

O Regulamento que agora se publica destina-se, naturalmente, a substituir o que se encontra em vigor e contempla a utilização, nas redes aéreas, de condutores dotados de isolamento especial, resistente à intempérie, agrupados em feixe (forçada).

Aproveitou-se a oportunidade para elevar o limite da baixa tensão para 1000 V (entre fases), em corrente alternada, e para 1500 V, em corrente contínua, tendo assim em conta as prescrições internacionais.

Para assegurar a protecção das pessoas contra contactos indirectos nas redes de distribuição, à semelhança da prática usada em muitos países de técnica evoluída, prescreve-se a ligação das massas ao neutro e deste à terra, associada ao emprego de um aparelho de corte automático.

Ao capítulo da protecção das instalações foi dado um desenvolvimento compatível com a segurança e fiabilidade das instalações, matéria insuficientemente tratada no anterior Regulamento.

Finalmente, é de referir que foram tornadas obrigatórias as inspecções periódicas às redes de distribuição, com vista a garantir, ao longo do tempo, a sua segurança e a qualidade de serviço.

Nestes termos:

O Governo decreta, nos termos da alínea c) do artigo 202.º da Constituição, o seguinte:

Artigo 1.º — 1 — O estabelecimento e a exploração das redes de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão deverão obedecer às disposições do Regulamento anexo a este decreto regulamentar, que dele faz parte integrante.

2 — Nas redes de distribuição existentes, o cumprimento das disposições inovadoras do novo Regulamento só será obrigatório relativamente às obras de ampliação, modificação ou renovação.

3 — Nas redes de distribuição existentes, a fiscalização do Governo poderá impor, de acordo com os preceitos do novo Regulamento, a execução das modificações ou adaptações que se tornarem necessárias para a segurança das pessoas ou da exploração.

Art. 2.º Os projectos-tipo, as recomendações, os guias, as especificações ou as instruções técnicas elaborados e aprovados pela Direcção-Geral de Energia, depois de obtido o parecer da Comissão para o Estudo e Revisão dos Regulamentos de Segurança de Instalações Elétricas (CORIEL), serão divulgados através da publicação de um aviso no *Diário da República*, o qual indicará o grau de obrigatoriedade e o âmbito da sua aplicação.

Art. 3.º Os artigos 3.º e 4.º do Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro, passam a ter, respectivamente, a redacção constante dos n.ºs 25 e 24 do artigo 3.º do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão, anexo.

Art. 4.º Enquanto não forem revistos os restantes regulamentos de segurança das instalações eléctricas em vigor, considerar-se-á que uma instalação ou parte de instalação será de alta ou baixa tensão conforme o valor eficaz ou constante da sua maior tensão nominal excede ou não:

- a) Em corrente alternada: 1000 V;
- b) Em corrente contínua: 1500 V.

Decreto Regulamentar N.º 90/84, de 26 de dezembro

O regulamento aplica-se às redes de distribuição pública de energia eléctrica em baixa tensão, as quais deverão ainda obedecer, na parte aplicável e a que não se oponha este Regulamento, às demais prescrições de segurança em vigor e, bem assim, às regras da técnica.

O Regulamento aplica-se também, sem prejuízo da especificidade dessas instalações, às instalações de utilização de energia eléctrica, de corrente alternada ou de corrente contínua, com estrutura semelhante à das redes de distribuição, incluindo as instalações eléctricas de sinalização e ou de telecomando.

⁽⁴⁾ Rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão ou, simplesmente, rede de distribuição - Instalação eléctrica de baixa tensão destinada à transmissão de energia eléctrica a partir de um posto de transformação ou de uma central geradora, constituída por canalizações principais e ramaís.

ii. Objetivo do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão

O Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão destina-se a fixar as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e a exploração das instalações elétricas indicadas anteriormente, com vista à proteção de pessoas e coisas e à salvaguarda dos interesses coletivos.

vi. Diplomas revogados pelo Decreto Regulamentar N.º 90/84, de 26 de dezembro

O Decreto Regulamentar N.º 90/84, de 26 de dezembro revogou o Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão, aprovado pelo Decreto n.º 46847, de 27 de Janeiro de 1966, e o artigo 5.º do Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e Entradas, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro.

vii. Alterações de diplomas realizadas pelo Decreto Regulamentar N.º 90/84, de 26 de dezembro

O Decreto Regulamentar N.º 90/84, de 26 de Dezembro alterou os artigos 3.º e 4.º do Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e Entradas, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro, que passaram a ter, respetivamente, a redação constante dos n.ºs 25 e 24 do artigo 3.º do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão.

2.4. Instalações de utilização de energia elétrica em baixa tensão

As Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão foram publicadas pela Portaria N.º 949-A/2006 de 11 de setembro, conforme estabelecido pelo Decreto-Lei N.º 226/2005, de 28 de dezembro.

6682-(2)

Diário da República, 1.ª série N.º 175 11 de Setembro de 2006

MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO

Portaria n.º 949-A/2006

de 11 de Setembro

O Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de Dezembro, estabeleceu que as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão são aprovadas por portaria do ministro que tutela a área da economia, sob proposta do director-geral de Geologia e Energia.

As Regras Técnicas definem um conjunto de normas de instalação e de segurança a observar nas instalações eléctricas de utilização em baixa tensão.

Na sua elaboração foram considerados os documentos de harmonização relevantes do Comité Europeu de Normalização Electrotécnica (CENELEC) e da Comissão Electrotécnica Internacional (IEC), bem como utilizados termos contidos no Vocabulário Electrotécnico Internacional (VEI), que se reputam importantes para a compreensão daqueles textos.

Por esta razão, a ordenação das oito partes em que se subdividem as Regras Técnicas respecta a estrutura seguida pela IEC e adoptada pelo CENELEC, por forma a facilitar futuras actualizações decorrentes daqueles documentos de harmonização.

As Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão foram objecto dos procedimentos de notificação à Comissão Europeia previstos no Decreto-Lei n.º 58/2000, de 18 de Abril, que transpôs para o direito interno a Directiva n.º 98/34/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Julho.

Assim:

Manda o Governo, pelo Ministro da Economia e da Inovação, ao abrigo do n.º 1 do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de Dezembro, que sejam aprovadas as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão, que constam do anexo à presente portaria e que dela faz parte integrante.

Pelo Ministro da Economia e da Inovação, *António José de Castro Guerra*, Secretário de Estado Adjunto, da Indústria e da Inovação, em 20 de Abril de 2006.

ANEXO

Regras técnicas das instalações eléctricas de baixa tensão

1 — Generalidades.

11 — Campo de aplicação.

11.1 — As presentes Regras Técnicas aplicam-se às instalações eléctricas de:

- a) Edifícios de habitação;
- b) Edifícios de usos comerciais;
- c) Estabelecimentos recebendo público;
- d) Estabelecimentos industriais;
- e) Estabelecimentos agro-pecuários;
- f) Edifícios pré-fabricados;
- g) Caravanas, parques de campismo e instalações análogas;
- h) Estaleiros, feiras, exposições e outras instalações temporárias;
- i) Marinas e portos de recreio.

11.2 — Instalações (ou partes de instalação) a que se aplicam as presentes Regras Técnicas:

a) Circuitos alimentados a uma tensão nominal não superior a 1000 V em corrente alternada ou a 1500 V em corrente contínua; em corrente alternada, as frequências preferenciais consideradas no âmbito das presentes Regras Técnicas são 50 Hz, 60 Hz e 400 Hz; no entanto, não são excluídas outras frequências para aplicações específicas;

b) Circuitos funcionando a tensões superiores a 1000 V, alimentados a partir de instalações de tensão não superior a 1000 V em corrente alternada (como por exemplo, circuitos de lâmpadas de descarga, despojeiros electros-táticos, etc.), com excepção dos circuitos internos dos próprios aparelhos;

c) Canalizações que não sejam abrangidas por prescrições relativas aos aparelhos de utilização;

d) Instalações eléctricas (de utilização) situadas no exterior dos edifícios;

e) Canalizações fixas de telecomunicação, de sinalização ou de telemando, com excepção dos circuitos internos dos aparelhos;

f) Ampliações ou modificações das instalações, bem como partes das instalações existentes, afectadas por essas alterações.

11.3 — As Regras Técnicas não se aplicam a:

- a) Veículos de tracção eléctrica;
- b) Instalações eléctricas de automóveis;
- c) Instalações eléctricas a bordo de navios;
- d) Instalações eléctricas a bordo de aeronaves;
- e) Instalações de iluminação pública;
- f) Instalações em minas;
- g) Sistemas de redução das perturbações electromagnéticas, na medida em que estas não comprometam a segurança das instalações;
- h) Cercas electrificadas;
- i) Instalações de para-raios de edifícios (embora tenham em conta as consequências dos fenómenos atmosféricos nas instalações eléctricas, como por exemplo, na selecção de descarregadores de sobretensões).

11.4 — As presentes Regras Técnicas não se aplicam igualmente às instalações de produção, de transporte e de distribuição de energia eléctrica.

11.5 — As presentes Regras Técnicas apenas consideram os equipamentos eléctricos no que respeita à sua selecção e às suas condições de estabelecimento, incluindo o caso dos conjuntos pré-fabricados submetidos aos ensaios de tipo previstos nas prescrições que lhes são aplicáveis.

11.6 — A aplicação das presentes regras não dispensa o respeito pelas regras especiais relativas a certas instalações.

11.7 — A execução, a ampliação, a modificação ou a manutenção das instalações eléctricas, devem ser feitas por pessoas classificadas como BA4 ou como BA5 (veja-se 322.1) e nos termos da legislação vigente.

12 — Objectivo.

12.1 — As presentes Regras Técnicas indicam as regras para o projecto e para a execução das instalações eléctricas por forma a garantir, satisfatoriamente, o seu funcionamento e a segurança tendo em conta a utilização prevista.

Portaria N.º 949-A/2006 de 11 de setembro

i. Campo de aplicação:

As Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão aplicam-se às instalações eléctricas de:

- a) Edifícios de habitação;
- b) Edifícios de usos comerciais;
- c) Estabelecimentos recebendo público;

- d) Estabelecimentos industriais;
- e) Estabelecimentos agropecuários;
- f) Edifícios pré-fabricados;
- g) Caravanas, parques de campismo e instalações análogas;
- h) Estaleiros, feiras, exposições e outras instalações temporárias;
- i) Marinas e portos de recreio.

Instalações (ou partes de instalação) a que se aplicam as presentes Regras Técnicas:

- a) Circuitos alimentados a uma tensão nominal não superior a 1000 V em corrente alternada ou a 1500 V em corrente contínua; em corrente alternada, as frequências preferenciais consideradas no âmbito das presentes Regras Técnicas são 50 Hz, 60 Hz e 400 Hz; no entanto, não são excluídas outras frequências para aplicações específicas;
- b) Circuitos funcionando a tensões superiores a 1000 V, alimentados a partir de instalações de tensão não superior a 1000 V em corrente alternada (como por exemplo, circuitos de lâmpadas de descarga, despoeiradores electrostáticos, etc.), com exceção dos circuitos internos dos próprios aparelhos;
- c) Canalizações que não sejam abrangidas por prescrições relativas aos aparelhos de utilização;
- d) Instalações elétricas (de utilização) situadas no exterior dos edifícios;
- e) Canalizações fixas de telecomunicação, de sinalização ou de telecomando, com exceção dos circuitos internos dos aparelhos;
- f) Ampliações ou modificações das instalações, bem como partes das instalações existentes, afetadas por essas alterações.

As Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão não se aplicam a:

- a) Veículos de tração elétrica;
- b) Instalações elétricas de automóveis;
- c) Instalações elétricas a bordo de navios;
- d) Instalações elétricas a bordo de aeronaves;
- e) Instalações de iluminação pública;

- f) Instalações em minas;
- g) Sistemas de redução das perturbações eletromagnéticas, na medida em que estas não comprometam a segurança das instalações;
- h) Cercas eletrificadas;
- i) Instalações de pára-raios de edifícios (embora tenham em conta as consequências dos fenómenos atmosféricos nas instalações elétricas, como por exemplo, na seleção de descarregadores de sobretensões).

As Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão não se aplicam igualmente às instalações de produção, de transporte e de distribuição de energia elétrica.

ii. Objetivo

As Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão indicam as regras para o projeto e para a execução das instalações elétricas por forma a garantir, satisfatoriamente, o seu funcionamento e a segurança tendo em conta a utilização prevista.

iii. Diplomas revogados aquando da publicação Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

O Decreto-Lei N.º 226/2005, de 28 de dezembro, que estabeleceu os procedimentos de aprovação das regras técnicas das instalações elétricas de baixa tensão determinou a revogação do artigo 1.º do Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro, e os Regulamentos anexos ao mesmo diploma, a partir da data da publicação da portaria de publicação das Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

iv. Alterações à Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão

A Portaria n.º 252/2015, de 19 de agosto procedeu à alteração da Portaria n.º 949 -A/2006, de 11 de setembro, por aditamento da secção 722 à parte 7 das RTIEBT — Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

2.5. Parques de campismo e de marinas

O Regulamento de Segurança de Parques de Campismo e de Marinas foi publicado pelo Decreto-Lei N.º 393/95, de 9 de outubro.

3330 I SERIE — N.º 232 — 9-10-1985

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E ENERGIA

Decreto-Lei n.º 393/85
de 9 de Outubro

No estabelecimento e na exploração das instalações eléctricas de parques de campismo e de marinas tem sido aplicado o Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro.

A importância da matéria, tendo em conta a especificidade das instalações destinadas a fornecer energia eléctrica a caravanas, tendas de campismo e embarcações de recreio, bem como o perigo que essas instalações podem causar às pessoas e bens, torna indispensável a existência de um regulamento próprio, na elaboração do qual participou a Comissão para o Estudo e Revisão dos Regulamentos de Segurança das Instalações Eléctricas (CORIEL). Aliás, no âmbito da Comissão Electrotécnica Internacional já existe uma publicação (CEI-585-1) específica sobre esta matéria, que serviu de base ao Regulamento aprovado pelo presente diploma.

O Regulamento inclui ainda disposições sobre as instalações eléctricas interiores das caravanas, tendo em vista o aumento da sua segurança, bem como a dos seus utilizadores.

Em virtude das precárias condições em que se encontram muitas instalações eléctricas de parques de campismo, foi previsto um prazo de 3 anos para serem efectuadas as modificações indispensáveis à garantia da segurança das pessoas e bens.

Nestes termos:

O Governo decreta, nos termos da alínea a) do n.º 1 do artigo 201.º da Constituição, o seguinte:

Artigo 1.º — 1 — O estabelecimento e a exploração das instalações eléctricas de parques de campismo e de marinas que se destinam ao fornecimento de energia às caravanas, tendas e embarcações de recreio, bem como às instalações interiores das caravanas, deverão obedecer às disposições do Regulamento aprovado pelo presente decreto-lei e a ele anexo.

2 — Nas instalações eléctricas de parques de campismo e de marinas existentes o cumprimento das disposições inovadoras do Regulamento só será obrigatório relativamente às obras de ampliação, modificação ou renovação.

3 — Nas instalações eléctricas de parques de campismo e de marinas existentes a fiscalização do Governo poderá impor, de acordo com os preceitos do Regulamento, a execução das modificações ou adaptações que se tornarem necessárias para a segurança das pessoas ou da exploração.

Art. 2.º As instalações eléctricas de parques de campismo e de marinas existentes à data da entrada em vigor do presente decreto-lei deverão ser remodeladas no prazo máximo de 3 anos, por forma a satisfazerem, no mínimo, o disposto nos artigos 5.º, 7.º, 8.º, 15.º e 16.º do Regulamento.

Art. 3.º — 1 — Uma das inspecções previstas no artigo 15.º do Estatuto do Técnico Responsável por Instalações Eléctricas de Serviço Particular, aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 31/83, de 18 de Abril, deverá ser realizada obrigatoriamente nos meses de Abril ou Maio.

2 — O técnico responsável pela exploração e a entidade exploradora deverão providenciar para que na recepção do parque de campismo ou da marina existam sempre, devidamente actualizados, o projecto das instalações eléctricas e os relatórios anuais de exploração.

Art. 4.º As alterações ao Regulamento anexo serão aprovadas por decreto regulamentar.

Art. 5.º O presente decreto-lei será aplicável no território do continente e entrará em vigor 60 dias após a data da sua publicação.

Art. 6.º A aplicação do presente decreto-lei às regiões autónomas dependerá de diploma regional.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 22 de Agosto de 1985. — *Mário Soares* — *Rui Manuel Parente Chancelerelle de Machete* — *Eduardo Ribeiro Pereira* — *José Veiga Simão* — *Joaquim Martins Ferreira do Amaral* — *José de Almeida Serra*.

Promulgado em 27 de Setembro de 1985.

Publique-se.

O Presidente da República, *ANTÓNIO RAMALHO EANES*.

Referendado em 30 de Setembro de 1985.

O Primeiro-Ministro, *Mário Soares*.

Regulamento de Segurança de Instalações Eléctricas de Parques de Campismo e de Marinas (RPCM)

CAPÍTULO I

Disposições gerais

ARTIGO 1.º

Objectivo

1 — O presente Regulamento destina-se a fixar as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e a exploração das instalações eléctricas indicadas no artigo seguinte, com vista à protecção de pessoas e coisas e à salvaguarda dos interesses colectivos.

2 — A fiscalização técnica do Governo poderá autorizar variantes às disposições do presente Regulamento nos casos, devidamente justificados, em que dificuldades de execução, despesas inerentes ou a evolução da técnica ou das especificações vinculativas as aconselhem, desde que essas variantes não resultem em diminuição de segurança.

3 — Os comentários — que não constituem obrigação legal — têm por fim esclarecer as condições impostas nos artigos, indicar como devem ser verificados ou recomendar o sentido em que convém melhorá-los.

ARTIGO 2.º

Campo de aplicação

1 — O presente Regulamento aplica-se às seguintes instalações eléctricas:

a) Instalações fixas de parques de campismo e de marinas, para fornecimento de energia eléctrica em baixa tensão a caravanas, tendas de campismo e embarcações de recreio;

b) Cabos conectores para a interligação das instalações interiores das caravanas às instalações fixas;

c) Instalações interiores de caravanas alimentadas em baixa tensão e dimensionadas para uma potência de 3,3 kVA.

Decreto-Lei N.º 393/95, de 9 de outubro

i. Campo de aplicação

O Regulamento de Segurança de Parques de Campismo e de Marinas aplica-se às seguintes instalações eléctricas:

- a) Instalações fixas de parques de campismo e de marinas, para fornecimento de energia eléctrica em baixa tensão a caravanas, tendas de campismo e embarcações de recreio;

- b) Cabos conectores para a interligação das instalações interiores das caravanas às instalações fixas;
- c) Instalações interiores de caravanas alimentadas em baixa tensão e dimensionadas para uma potência de 3,3 kVA.

As referidas instalações deverão ainda obedecer, na parte aplicável e a que não se oponha este Regulamento, aos Regulamentos de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica/Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão e de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão, às demais prescrições de segurança em vigor e, bem assim, às regras da técnica.

Às instalações não incluídas nas alíneas a) e b), tais como restaurantes, supermercados, balneários, etc., aplica-se o Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica/ Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.

ii. Objectivo

O Regulamento de Segurança de Parques de Campismo e de Marinas destina-se a fixar as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e a exploração das instalações eléctricas indicadas anteriormente, com vista à protecção de pessoas e coisas e à salvaguarda dos interesses colectivos.

3. Conclusões

Apenas com o conhecimento atualizado dos regulamentos aplicáveis às instalações elétricas, é que os técnicos responsáveis podem exercer a sua profissão de forma adequada, garantido a segurança de pessoas, bens e instalações.

Embora o corpo regulamentar no âmbito das instalações elétricas tenha, em regra, um tempo de vigência bastante significativo, é importante garantir que se trabalha sempre com base na regulamentação em vigor.

Referências

- [1] Regulamento de Segurança e de Subestações, Postos de Transformação e de Seccionamento(2), Decreto N.º 42895, de 31 de março de 1960.
- [2] Portaria N.º 37/70, de 17 de janeiro.
- [3] Decreto-Lei N.º 14/77, de 18 de fevereiro
- [4] Decreto Regulamentar N.º 56/85, de 5 setembro
- [5] Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão, Decreto Regulamentar N.º 1/92, de 18 de fevereiro.
- [6] Decreto-Lei N.º 180/91, de 14 de Maio.
- [7] Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão, Decreto Regulamentar N.º 90/84, de 26 de dezembro.
- [8] Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão, Portaria N.º 949-A/2006 de 11 de setembro.
- [9] Decreto-Lei N.º 226/2005, de 28 de dezembro.
- [10] Portaria n.º 252/2015, de 19 de agosto.
- [11] Regulamento de Segurança de Parques de Campismo e de Marinas, Decreto-Lei N.º 393/95, de 9 de outubro.

HUMOR ELETRO



ESQUEMAS DE LIGAÇÃO À TERRA E PROTEÇÃO DAS PESSOAS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Resumo

Em todas as Instalações Elétricas se coloca a necessidade e a obrigatoriedade de implementação de sistemas de proteção eficazes, tendo como objetivo a sua exploração em condições de segurança. Nas Instalações Elétricas de Baixa Tensão (IEBT), as medidas de proteção que se devem considerar são, fundamentalmente, as que se referem à proteção das pessoas contra contactos (diretos e indiretos), a proteção contra sobrecorrentes e, sempre que seja necessário, a proteção contra sobretensões.

Os Esquemas de Ligação à Terra (ELT) estão diretamente associados às metodologias adotadas nas IEBT no âmbito da proteção das pessoas contra contactos indiretos. Estas metodologias também são por vezes denominadas como Regimes de Neutro, pois estão associadas à forma como o Neutro é utilizado na realização do sistema de proteção. No entanto, esta definição é muito redutora, pois existem muitas instalações em que o condutor neutro não é distribuído, e nem por isso deixa de ser obrigatório a existência de um sistema eficaz de proteção das pessoas contra contactos indiretos.

1. CONCEITOS GERAIS

A regra fundamental de proteção contra choques elétricos é fornecida pelo documento IEC 61140, que abrange as instalações e os equipamentos elétricos. Peças-livres-perigosas (elementos condutores ativos) não devem ser acessíveis e as partes condutoras acessíveis devem não ser perigosas (massas condutoras).

Este requisito deve-se aplicar em condições normais e condições de defeito simples. As medidas de proteção das pessoas contra contactos diretos assentam fundamentalmente em medidas passivas, como isolamento



Figura 1: Dispositivo de proteção sensível à corrente diferencial residual

das partes ativas dos equipamentos da instalação, utilização de barreiras ou invólucros, colocação de obstáculos entre as pessoas e as partes ativas da instalação. Adoção deste tipo de medidas esta detalhada na norma IEC 60364-4-41.

Existem outras medidas particulares, como alimentação de circuitos a tensão reduzida de segurança, em que o perigo de eletrocussão nunca excederá o estipulado para a tensão limite de segurança adotada para as condições do local da instalação. De acordo com a norma IEC 60479 a máxima tensão de contacto aceitável, pelo menos durante 5s, é definida como Tensão Limite Convencional (UL), e toma o valor de 50 V em locais sem riscos especiais, e 25 V nos restantes locais. Em locais especiais, com elevado risco de eletrocussão, também podem ser adotadas medidas ativas adicionais na proteção de pessoas contra contactos diretos. Estas medidas baseiam-se no corte da alimentação da energia elétrica através da utilização de dispositivos sensíveis à corrente diferencial residual de elevada sensibilidade, de 30 mA ou até valores inferiores.

De acordo com a norma IEC 60364-4-41, dispositivos de alta sensibilidade (30 mA) devem ser utilizados para proteção de sistemas alimentados por tomadas com corrente nominal inferior a 20 A.

Duas medidas de proteção contra contactos diretos são sempre necessárias, desde que a primeira medida não seja infalível: adoção de medidas passivas e corte automático da alimentação por dispositivos de elevada sensibilidade à corrente diferencial residual.

O tratamento da proteção de pessoas contra contactos diretos é completamente independente do ELT adotado na instalação para proteção das pessoas contra contatos indiretos. Neste âmbito, existem dois níveis de proteção:

- 1º nível: colocação à terra de todas as massas condutoras dos equipamentos elétricos, constituindo um circuito equipotencial;
- 2º nível: corte automático da alimentação elétrica na secção da instalação em defeito. O tempo de atuação do dispositivo de corte obedece a requisitos específicos de acordo com a amplitude da tensão de defeito.

A proteção de pessoas contra contactos indiretos pode ser conseguida pelo corte automático da alimentação elétrica, desde que todas as massas condutoras estejam devidamente colocadas ao potencial da terra. A forma de isto se realizar define o ELT adotado na instalação. Assim, os ELT caracterizam:

- O modo de ligação à terra de um dos pontos da alimentação, em geral o neutro;
- O meio de colocação à terra das massas dos equipamentos de utilização.

Os ELT adotados nas IEBT são o esquema TT, o esquema TN e o esquema IT. O significado das diferentes letras, de acordo com a norma IEC 60364-3-1 é a seguinte:

- Primeira letra - Situação da alimentação em relação à terra:
 - T – ligação direta de um ponto à terra;
 - I – isolamento de todas as partes ativas em relação à terra, ou ligação de um ponto à terra por meio de uma impedância.

- Segunda letra – Situação das massas da instalação em relação à terra:

T – massas ligadas diretamente à terra, independentemente da eventual ligação à terra de um ponto da alimentação:

N – ligação elétrica das massas ao ponto de alimentação ligado à terra (em corrente alternada, o ponto ligado à terra é, em regra, o ponto neutro ou, se este não for acessível, um condutor de fase).

- Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:
 - S – função de neutro e de proteção garantidas por condutores distintos (condutor N e condutor PE); é o caso do esquema TN-S;
 - C – função de neutro e de proteção combinadas num único condutor (condutor PEN); é o caso do esquema TN-C.

A escolha do ELT condiciona adoção das medidas de proteção de pessoas contra os contactos indiretos. Em critérios de segurança das pessoas, os três ELT são equivalentes se todas as regras forem respeitadas. São imperativos de continuidade de serviço e de condições de exploração da instalação que determinam a ou as escolhas dos ELT, por vezes também denominados regimes de neutro. Um defeito de isolamento num equipamento origina a circulação de uma corrente, que deve ser interrompida num tempo compatível com a segurança das pessoas. A medida de proteção baseia-se no corte automático da alimentação e na associação das seguintes condições:

- A realização ou a existência de um circuito designado por malha de defeito, que permita a circulação da corrente de defeito, dependendo a constituição desta malha do ELT (TT, TN ou IT) adotado na instalação;
- O corte da corrente de defeito seja efetuado por um dispositivo de proteção apropriado, num tempo que depende de parâmetros como a tensão de contacto e a classificação do local quanto às influências externas, associados ao conhecimento dos efeitos da corrente elétrica no corpo humano.

A norma IEC 60364-4-41 especifica os tempos máximos de atuação dos dispositivos de proteção contra contactos indiretos. No que respeita à segurança, todos os ELT são equivalentes, desde que as regras inerentes a cada um não sejam descuradas. No entanto existem situações especiais:

- O caso dos blocos operatórios dos hospitais, onde é impensável um corte ao primeiro defeito. Neste caso o único esquema possível é o IT.
- Os centros de informática, em que as correntes de fuga são elevadas, o esquema recomendado é o TN.
- Instalações cujo comprimento das canalizações é desconhecido e locais com risco de explosão, o esquema TT será o mais adequado.

2. ESQUEMA DE LIGAÇÃO À TERRA: TT

Neste esquema de ligação à terra, todas as massas dos equipamentos elétricos protegidos por um mesmo dispositivo de proteção devem ser interligadas por meio de condutores de proteção e ligadas ao mesmo eletrodo de terra. Ao mesmo tempo, deve ser ligado à terra o ponto neutro da alimentação, ou se este não existir, uma fase. Este esquema encontra-se representado na figura 2.

Atualmente, as instalações elétricas alimentadas diretamente por uma rede de distribuição (pública) de energia elétrica em Baixa Tensão (BT). são, por enquanto, apenas realizadas segundo o esquema TT.

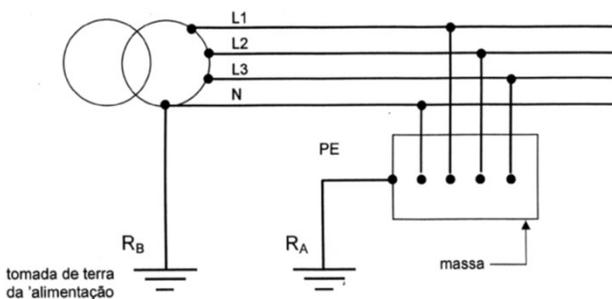


Figura 2: Esquema de Ligação à Terra TT

Neste esquema, os defeitos entre fase e massa originam a circulação de uma corrente de defeito na malha, que se fecha pela terra.

A impedância desta malha de defeito, constituída essencialmente pelas resistências dos eletrodos de terra das massas e da alimentação (neutro), limita o valor da corrente de defeito, o que torna, na prática, impossível garantir a proteção de pessoas contra os contactos indiretos com os tradicionais dispositivos de proteção contra sobreintensidades (disjuntores e fusíveis).

A figura 3 ilustra como é constituída a malha percorrida pela corrente de defeito quando se verifica um defeito entre uma fase e a massa de um aparelho alimentado por uma rede trifásica. Em regra, a soma das resistências dos eletrodos de terra das massas e da alimentação ($R_A + R_B$) é muito superior à impedância dos outros elementos da malha, pelo que a impedância total da malha é, praticamente, igual a ($R_A + R_B$).

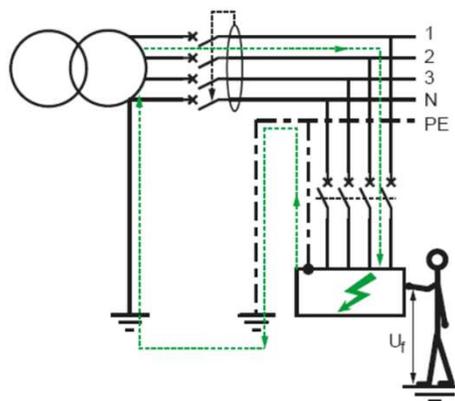


Figura 3: Malha de defeito no esquema TT (cortesia schneider electric)

A tensão de contacto presumida para o defeito será:

$$U_C = \frac{R_A}{R_A + R_B} \times U_0$$

Neste esquema TT, devem ser utilizados os seguintes dispositivos de proteção no corte automático da alimentação:

- Dispositivos diferenciais (preferencialmente);
- Dispositivos de proteção contra sobreintensidades, apenas quando as resistências dos eletrodos de terra tiverem valores muito baixos (solução que na prática tem pouca aplicabilidade).

De acordo com a normalização internacional, os dispositivos diferenciais (dispositivos sensíveis à corrente diferencial residual de defeito), encontram-se agrupados por “sensibilidades”, associadas ao valor da sua corrente diferencial estipulada ($I_{\Delta n}$).

A sensibilidade do dispositivo diferencial deve satisfazer a seguinte condição:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

onde o valor a considerar para a tensão limite convencional (U_L) depende da classificação dos locais quanto às influências externas.

O valor da sensibilidade do dispositivo diferencial é indiferente do valor da resistência do eletrodo de terra da alimentação (RB), dependendo, apenas do tipo de local (U_L) e da resistência do eletrodo de terra das massas (R_A).

Da expressão anterior e, caso não existam outros condicionalismos, também se pode obter o valor máximo admissível para a resistência do eletrodo de terra das massas (RA) em função do valor mais elevado da corrente diferencial estipulada ($I_{\Delta n}$), adotada nos dispositivos diferenciais dos diferentes circuitos da instalação elétrica. Assim, existem tabelas onde são indicados os valores máximos da resistência do eletrodo de terra das massas, para que a tensão de contacto (U_c) não ultrapasse a tensão limite convencional em instalações de corrente alternada ($U_L=25$ V ou $U_L=50$ V, consoante a classificação do local quanto às “influências externas”), em função do maior valor da corrente diferencial estipulada ($I_{\Delta n}$) a utilizar no dispositivo diferencial.

Para que a tensão de contacto não tome valores perigosos para as pessoas (tem que ser inferior à tensão limite convencional especificada para o local), o tempo de atuação do dispositivo de proteção tem que ser muito rápido e deve obedecer à normalização em vigor, de forma a evitar efeitos fisiopatológicos da corrente elétrica no ser humano.

O procedimento de cálculo do dispositivo diferencial deve assentar no seguinte:

$$U_c \leq U_L \quad I_{\Delta n} \leq I_d \quad I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

A norma IEC 60364-4-41 especifica o tempo máximo de atuação dos dispositivos de proteção contra contactos indiretos no esquema TT. Circuitos finais cuja corrente nominal não excede 32 A, o tempo de atuação não deve exceder 0,2 s. Em todos os outros circuitos, o tempo de atuação não deve exceder 1s, devendo-se garantir a seletividade entre dispositivos diferenciais no mesmo circuito de distribuição.

De acordo com a norma IEC 60364-4-41, dispositivos de alta sensibilidade (30 mA) devem ser utilizados para proteção de sistemas alimentados por tomadas com corrente nominal inferior a 20 A.

A utilização de dispositivos de elevada sensibilidade também é recomendada nos seguintes casos:

- Locais húmidos;
- Instalações elétricas temporárias alimentadas por tomadas;
- Lavandarias e piscinas;
- Caravanas, barcos de recreio;
- Instalações ambulantes, feiras.

3. ESQUEMA DE LIGAÇÃO À TERRA: TN

Este ELT caracteriza-se por todas as massas da instalação de utilização serem ligadas ao ponto da alimentação ligado à terra, próximo do transformador ou do gerador de alimentação da instalação, por meio de condutores de proteção.

O ponto da alimentação ligado à terra é, em regra, o ponto neutro. Caso não exista neutro, deve ser ligado à terra um condutor de fase, não podendo, em caso algum, este condutor ser utilizado como condutor PEN.

Nas instalações alimentadas diretamente por uma rede de distribuição (pública) em BT não é, por enquanto, possível a utilização do esquema TN nas instalações de utilização de energia elétrica em baixa tensão.

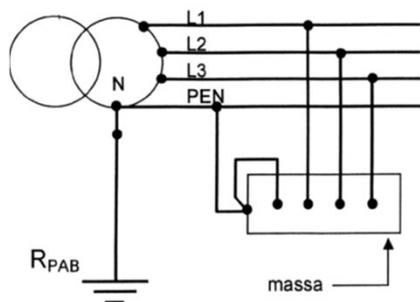


Figura 4: Esquema de Ligação à Terra TN-C

As medidas de proteção das pessoas contra contatos indiretos neste ELT podem ser realizadas dos seguintes modos:

- TN-C: as funções do condutor neutro (condutor N) e do condutor de proteção (condutor PE) estão combinadas num único condutor (condutor PEN) na totalidade do esquema;
- TN-S: as funções do condutor neutro (condutor N) e do condutor de proteção (condutor PE) são distintas na totalidade do esquema;
- TN-C-S: as funções do condutor neutro (condutor N) e do condutor de proteção (condutor PE) estão combinadas num único condutor (condutor PEN) numa parte da instalação e são distintas na restante instalação (condutor N e condutor PE).

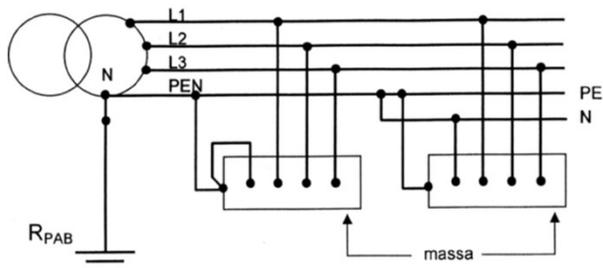


Figura 5: Esquema de Ligação à Terra TN-C-S

Nas instalações fixas, pode-se utilizar um só condutor com as funções de condutor de proteção e de condutor neutro (designado por condutor PEN) desde que o condutor de proteção tenha uma secção não inferior a 10 mm² se de cobre, ou a 16 mm² se de alumínio, e a parte da instalação comum (esquema TN-C) não esteja localizada a jusante de um dispositivo diferencial.

Os esquemas TN-C e TN-S podem ser utilizados numa mesma instalação desde que o esquema TN-C esteja a montante do esquema TN-S (caso em que constituem o esquema TN-C-S). Na prática, este é o esquema de ligações à terra mais utilizado nas instalações onde for adotado o sistema TN dado que, em regra nestas instalações, os circuitos de distribuição (alimentação a quadros elétricos) têm condutores de secção não inferior a 10 mm², apresentando obviamente os circuitos finais secção inferior. A ligação das massas ao condutor neutro depende do esquema utilizado.

No esquema TN-C a ligação das massas ao condutor PEN deve ser feita em pontos facilmente acessíveis, os quais devem permitir fazer as medições de isolamento (nos termos da legislação em vigor). Por forma a evitar qualquer risco de interrupção do condutor PEN, este condutor deve ter uma secção suficiente, do ponto de vista da resistência mecânica, o que é garantido com as secções mínimas normalizadas definidas para este condutor (10 mm²). Realmente, a interrupção do condutor PEN poderia colocar as massas dos equipamentos ao valor da tensão fase-terra da instalação que, no caso de a instalação ser alimentada a 230/400 V, atinge valores incompatíveis com a segurança das pessoas, onde a tensão de contacto (U_c) atingiria aproximadamente o valor de 230 V.

No esquema TN-S, o condutor de proteção deve ser ligado ao condutor neutro na origem da instalação (normalmente, o “quadro de entrada” das instalações elétricas). Normalmente, no esquema TN, os circuitos finais são realizados segundo o esquema TN-S (pois apresentam secção inferior a 10 mm², se de cobre ou a 16 mm², se de alumínio).

Os cabos flexíveis utilizados como canalizações móveis devem ter um condutor de proteção distinto do condutor neutro, qualquer que seja o esquema (TN-C, TN-S ou TN-C-S) utilizado na instalação fixa que os alimenta.

Em qualquer um dos sistemas TN adotados na instalação, qualquer defeito de isolamento à terra resulta num curto-circuito fase-neutro. A figura 6 apresenta a malha de defeito num esquema TN-C.

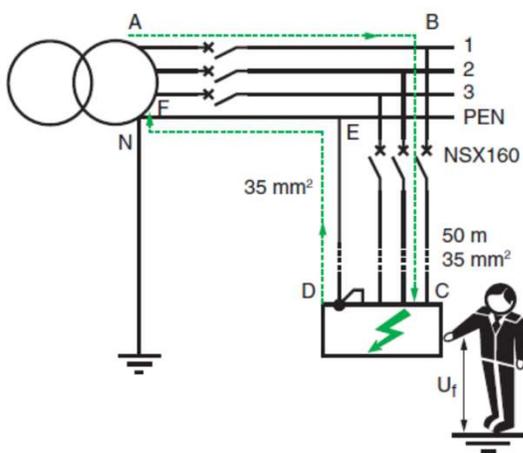


Figura 6: Malha de defeito no esquema TN
(cortesia schneider electric)

Como a corrente de curto-circuito toma valores muito elevados, o corte automático da alimentação pode ser garantido por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, ou dispositivos sensíveis à corrente diferencial residual, caso a corrente de defeito não seja suficientemente elevada.

A determinação das condições de proteção pode ser feita da seguinte maneira:

- Por cálculo, quando o condutor de proteção (PEN no esquema TN-C e PE no esquema TN-S) estiver, em toda a instalação, situado na proximidade imediata dos condutores ativos do circuito correspondente, sem interposição de elementos ferro magnéticos (situação mais usual);

- Por medição, no caso de não se verificarem as condições anteriores, onde é praticamente impossível determinar, por cálculo, a impedância da malha de defeito e apenas se pode conhecer o seu valor por recurso a medições após a execução da instalação.

Neste ELT um defeito de isolamento é similar a um curto-circuito fase neutro, e o corte deve ser assegurado pelo dispositivo de proteção contra curtos-circuitos, com um tempo máximo de corte especificado que é função da tensão limite convencional (U_L) admissível para o local da instalação, ou seja, 25 V ou 50 V em corrente alternada, sendo o valor definido pela classificação do local quanto às influências externas. Segundo a norma IEC 60364-4-41 o tempo de corte do dispositivo de proteção deverá ser de 0,4 s para $U_L=50$ V e 0,2 s para $U_L=25$ V.

Para se ter a certeza de que a proteção está realmente ativa é necessário que, seja qual for o ponto de localização do defeito, a corrente de defeito I_d seja superior ao limiar do valor estipulado para o aparelho de proteção I_a ($I_d > I_a$). Esta condição deve ser verificada aquando da conceção da instalação, pelo cálculo das correntes de defeito e para todos os circuitos de distribuição. O facto dos condutores ativos e o condutor de proteção terem o mesmo percurso, facilita este cálculo.

Quando a impedância da fonte de alimentação e dos cabos tem um valor elevado, deve-se associar dispositivos de proteção diferencial aos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos. A utilização dos dispositivos diferenciais tem a vantagem de tornar desnecessária a verificação da impedância da malha de defeito, vantagem que é interessante sobretudo quando a instalação é modificada ou aumentada. Evidentemente que esta solução não pode ser adotada no esquema TN-C, no qual o condutor de proteção está confundido com o condutor neutro.

Do exposto, quando no esquema TN for necessário recorrer à utilização de dispositivos diferenciais, não são recomendados dispositivos de sensibilidade elevada de corrente diferencial estipulada (30 mA ou 300 mA), pela eventualidade de disparos intempestivos, em regra, com graves consequências devido à quebra da continuidade de serviço nas instalações que utilizam

este esquema de ligação à terra. Nestas instalações recomenda-se dispositivos de baixa sensibilidade ($I\Delta n > 1$ A) sem que, contudo, os valores da tensão de contacto ultrapassem a tensão limite convencional admissível para o local da instalação.

4. ESQUEMA DE LIGAÇÃO À TERRA: IT

Este esquema de ligação à terra (ELT) caracteriza-se por todas as partes ativas da instalação se apresentarem isoladas da terra, ou religadas através de uma impedância de valor suficientemente elevado, e as massas da instalação de utilização estarem diretamente ligadas à terra. A figura 7 apresenta o ELT em IT, em situações com e sem o neutro distribuído.

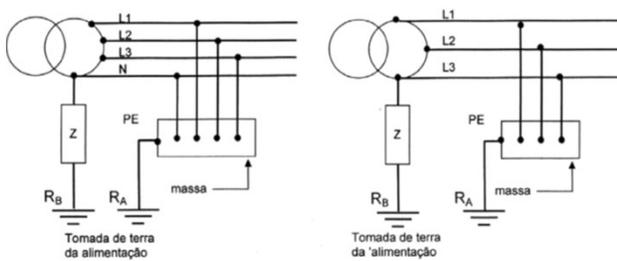


Figura 7: Esquema de Ligação à Terra IT, com e sem neutro distribuído.

Este ELT apresenta como principal vantagem a garantia de continuidade de serviço, em presença de um primeiro defeito de isolamento. Assim, há que eliminar todas as situações que possam contribuir para diminuir a fiabilidade do sistema. Em consequência, não se deve distribuir o condutor neutro, como se pretende demonstrar com o esquema representado na figura seguinte.

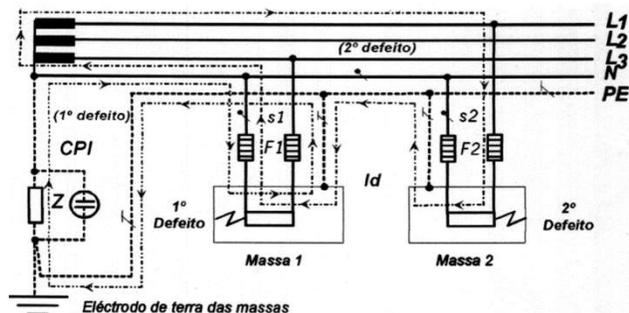


Figura 8: Esquema de Ligação à Terra IT, inconvenientes na distribuição do condutor neutro.

Na realidade, no esquema IT com o condutor neutro distribuído verificar-se-ia o seguinte:

- Se ocorresse um primeiro defeito na Massa 1, através do condutor neutro, não existiria corrente de defeito no circuito que originasse uma queda de tensão aos terminais da impedância Z, suscetível de fazer atuar o CPI (Controlador Permanente de Isolamento). Um primeiro defeito que envolvesse o condutor neutro poderia não ser visto pelo CPI. Este não o sinalizaria e quando aparecesse um segundo defeito que abrangesse um condutor de fase, por exemplo, na Massa 2 (curto-circuito L1 – PE – N), a sinalização seria transitória dado que, nessa situação e por a tensão de contacto poder assumir valores perigosos, o corte teria de ser “obrigatoriamente” feito, perdendo-se assim as vantagens do esquema IT.
- A necessidade de utilizar proteção contra sobrecorrentes no condutor neutro (idêntica à utilizada para os condutores de fase, ainda que estes condutores tenham a mesma secção), pois se não houvesse proteção neste condutor e os condutores do circuito 1 tivessem secção muito inferior à dos condutores do circuito 2 ($s_1 \ll s_2$), quando se verificasse um defeito duplo (que envolvesse o condutor neutro de secção s_1 e o condutor de fase de secção s_2), a corrente seria interrompida pelo dispositivo de proteção F2 (dimensionado para a secção s_2), por certo de corrente estipulada bem superior à adequada à proteção de condutores de secção s_1 .

Quando ocorrer um único defeito e forem cumpridas todas as regras relativas ao esquema IT, o corte não é “obrigatório” dado que a corrente de defeito resultante é de reduzido valor, e a tensão de contacto será sempre inferior à tensão limite convencional especificada para o local da instalação. No entanto, no caso de ocorrer um segundo defeito sem o primeiro ter sido resolvido, devem ser tomadas as medidas adequadas por forma a evitar riscos de efeitos fisiopatológicos perigosos para as pessoas suscetíveis de ficar em contacto com partes condutoras simultaneamente acessíveis.

Apesar de na situação de primeiro defeito o corte não ser “obrigatório” nem desejável, deve ser pesquisada e solucionada a avaria antes que surja um segundo defeito, onde a corrente de defeito tomaria valores muito elevados e perigosos, sendo nesta situação o corte “obrigatório”. Neste caso interrompe-se alimentação de energia elétrica, o que poderá ter consequências graves (caso, por exemplo, das instalações dos blocos operatórios, nos “locais de uso médico”). A monitorização e sinalização da existência de um primeiro defeito na instalação é efetuada pela utilização de um dispositivo Controlador Permanente de Isolamento (CPI), que é obrigatório nas instalações que adotam este ELT.

A forma de eliminação de um segundo defeito depende do modo de ligação das massas à terra:

- Se todas as massas, incluindo as da fonte, estiverem ligadas a um mesmo eletrodo de terra (situação corrente nas instalações em esquema IT). A proteção é garantida pelas mesmas condições indicadas para o esquema TN;
- Se as massas estiverem ligadas à terra, individualmente ou por grupos, o esquema da instalação (IT) transforma-se numa situação semelhante à do esquema TT. A proteção é então garantida pelas mesmas condições indicadas para o esquema TT.

Neste ELT a proteção das pessoas contra contactos indiretos é então garantida pela utilização dos seguintes dispositivos de vigilância e proteção:

- Controladores Permanentes de Isolamento (CPI). Estes dispositivos, embora destinados fundamentalmente à vigilância do primeiro defeito, poderão ser também utilizados como dispositivos de proteção, nas situações em que for necessário provocar o corte ao primeiro defeito;



Figura 9: CPI monitorização e sinalização de defeitos de isolamento à terra (cortesia schneider electric)

- Proteção contra sobrecorrentes (disjuntores e fusíveis). Estes dispositivos são utilizados nas situações em que, ao segundo defeito, sejam-lhes aplicadas as condições de proteção definidas para o esquema TN;
- Dispositivos diferenciais. Estes dispositivos são utilizados nas situações em que, ao segundo defeito, sejam-lhes aplicadas as condições de proteção para o esquema TT. Os dispositivos diferenciais podem ser utilizados como medida de recurso, quando os dispositivos de proteção contra as sobrecorrentes não garantem a proteção.

5. CONCLUSÕES

O Esquema das Ligações à Terra (ELT), ou regime de neutro, caracteriza:

- O modo de ligação à terra de um dos pontos da alimentação, em geral o neutro;
- O meio de colocação à terra das massas dos equipamentos de utilização.

A escolha do ELT condiciona as medidas de proteção de pessoas contra os contactos indiretos. Em critérios de segurança de pessoas, os três regimes de neutro são equivalentes se todas as regras da instalação forem respeitadas. São imperativos de continuidade de serviço e de condições de exploração que determinam a ou as escolhas dos ELT (ou regime de neutro).

Um defeito origina a circulação de uma corrente, que deve ser interrompida num tempo compatível com a segurança das pessoas.

A medida de proteção baseia-se no corte automático da alimentação na associação das seguintes condições:

- A realização ou a existência de um circuito designado por malha de defeito, que permita a circulação da corrente de defeito, dependendo a constituição desta malha do ELT (TT, TN ou IT)
- O corte da corrente de defeito seja efetuado por um dispositivo de proteção apropriado, num tempo que depende de parâmetros como a tensão de contacto e a classificação do local quanto às influências externas, associados ao conhecimento dos efeitos da corrente elétrica no corpo humano.

No que respeita à segurança, todos os ELT são equivalentes, desde que as regras não sejam descuradas. No entanto existem situações especiais:

- O caso dos blocos operatórios dos hospitais, onde é impensável um corte ao primeiro defeito. Neste caso o único esquema possível é o IT.
- Os centros de informática, em que as correntes de fuga são elevadas, o esquema recomendado é o TN.
- Instalações cujo comprimento das canalizações é desconhecido e locais com risco de explosão, o esquema TT será o mais adequado.

6. BIBLIOGRAFIA

"Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão" - (Decreto-Lei n.º 226/2005 de 28 de Dezembro).

"Instalações Eléctricas de Baixa Tensão. A Concepção e o Projecto" – Aulas de IELBT, José Beleza Carvalho, ISEP.

"Esquemas de Ligação à Terra em BT (Regimes de Neutro)" Caderno Técnico nº 172 - Bernard Lacroix e Roland Calvas. Edição: Schneider Electric.

"Guia das Instalações Eléctricas": Edição: Schneider Electric, 2019.

Instalações Eléctricas de Baixa Tensão. Projeto, Execução e Exploração". Constantino Soares. Edição CERTIEL.

"Instalações Eléctricas Especiais" – Aulas de INELE, José Beleza Carvalho, ISEP.

www.neutroaterra.blogspot.com



Título: Guia Profissional de Engenharia Eletrotécnica
 Aspectos Técnicos | Aspectos Jurídicos | Aspectos Formais

Autores: José Eduardo Neves dos Santos
 António Augusto Araújo Gomes

Edição: 1.^a

Ano da Edição: 2022

Chancela: Engebook

ISBN: 9789899017894

Nº Páginas: 788

Sinopse:

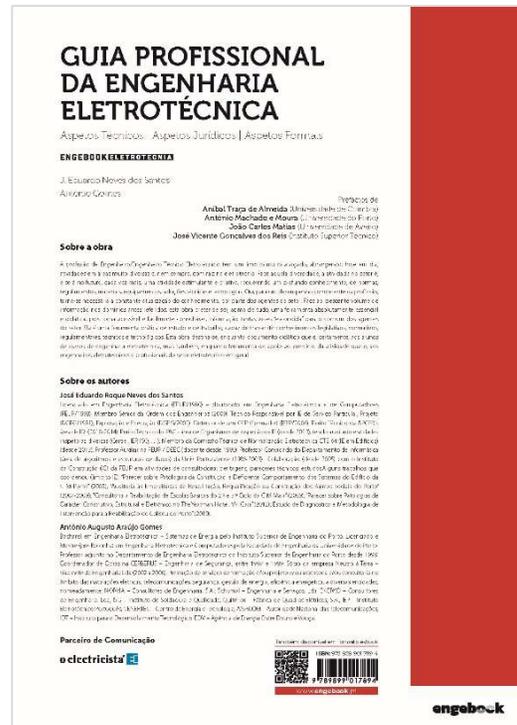
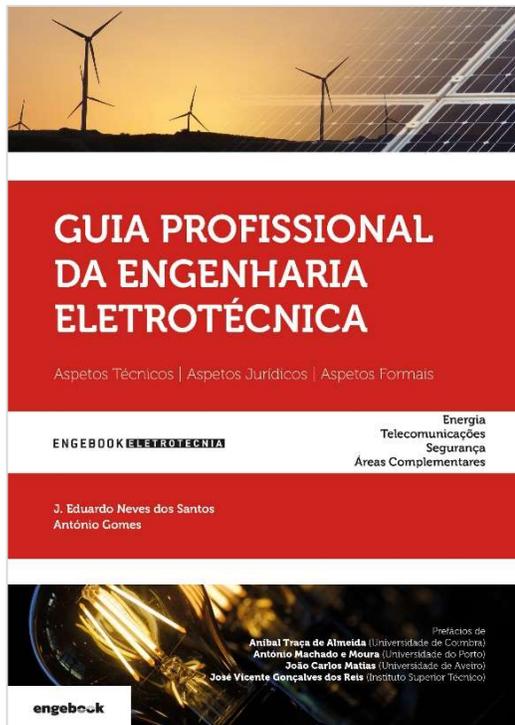
A profissão de Engenheiro Eletrotécnico tem um âmbito muito alargado, abrangendo, hoje em dia, atividades em áreas muito diversas e, nem sempre, com raiz na eletrotecnia.

Face aquela diversidade, a atividade no setor é, e será no futuro, cada vez mais, uma atividade estimulante e criativa, requerendo um profundo conhecimento, de normas, regulamentos, materiais, equipamentos, soluções técnicas e tecnologias.

Ora, para um desempenho competente da profissão, torna-se necessária a constante atualização do conhecimento, por parte dos agentes do setor.

Face ao crescente volume de informação nos domínios antes referidos, esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta absolutamente essencial e didática, pois torna acessível e facilmente consultável, informação tantas vezes “escondida” para o comum dos agentes do setor. Ela é uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos, legislativos, normativos, regulamentares, técnicos e tecnológicos.

Esta obra destina-se, enquanto documento didático que é, certamente, aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, mas também, enquanto ferramenta de apoio ao exercício da atividade que é, aos engenheiros eletrotécnicos e profissionais do setor eletrotécnico em geral.



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., o 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 Eléctricas 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.

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

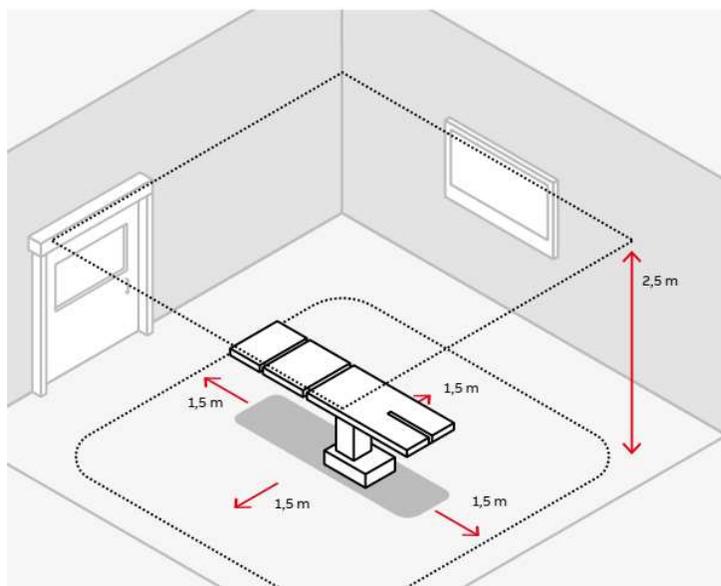
- a) não possui mais que uma ligação a uma fonte particular de alimentação
- b) é destinado pelo fabricante para:
 - 1) diagnóstico, tratamento e monitorização de um paciente
 - 2) compensação ou alívio de uma doença, ferimento ou incapacidade (EN 60 601-1)

- 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).

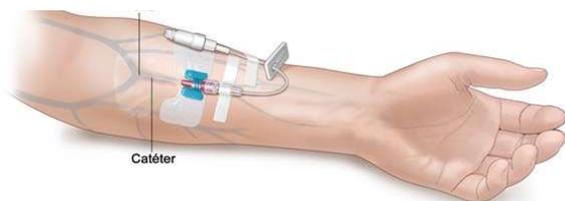
Convencionalmente, considera-se que o espaço acima de 2,5 m do chão não é local de uso médico.



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).

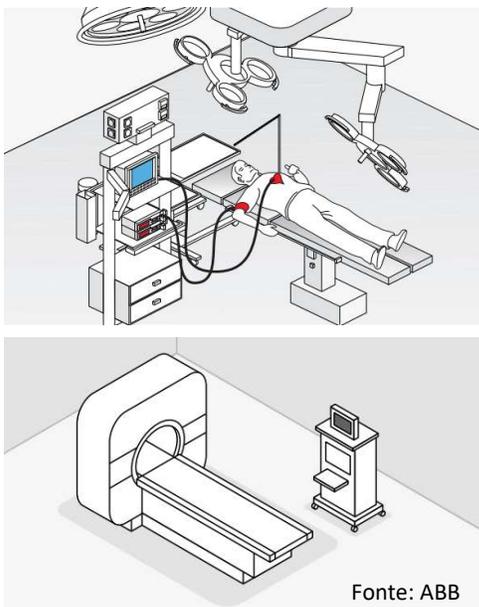


Os quadros elétricos de distribuição devem obedecer às normas da série EN 60 439.

- **Parte Aplicada**

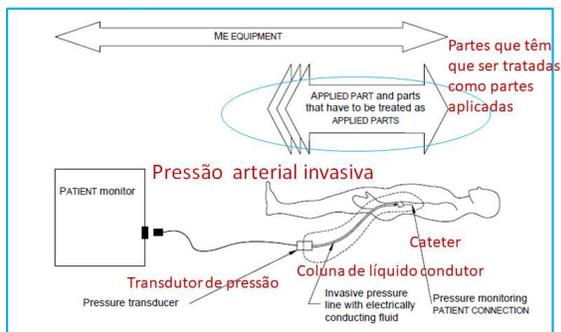
Parte (componente) de um equipamento de electromedicina que, em funcionamento normal,

- 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).

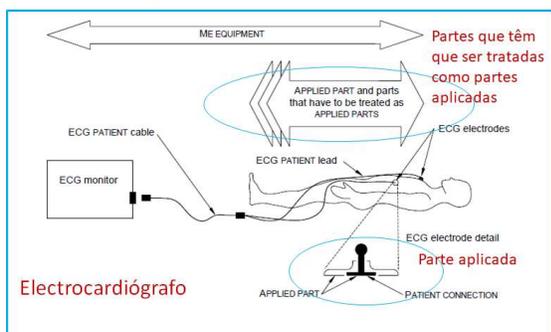


Aparelhos de EM com partes aplicadas

Equipamento de Electromedicina

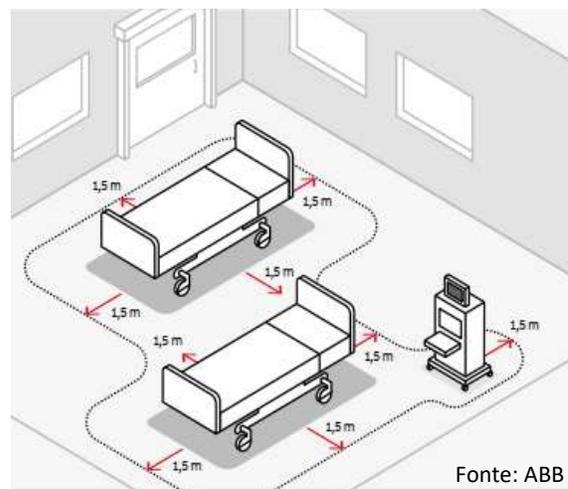
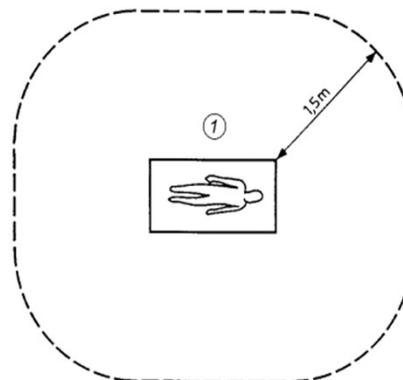
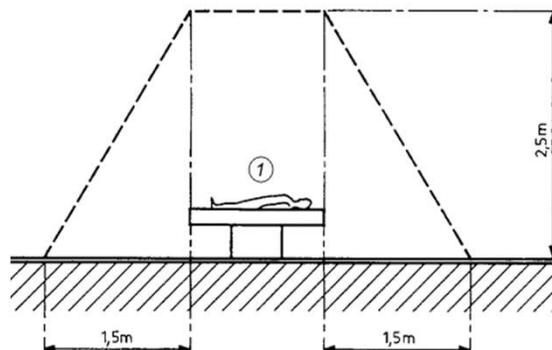


Equipamento de Electromedicina



- **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).



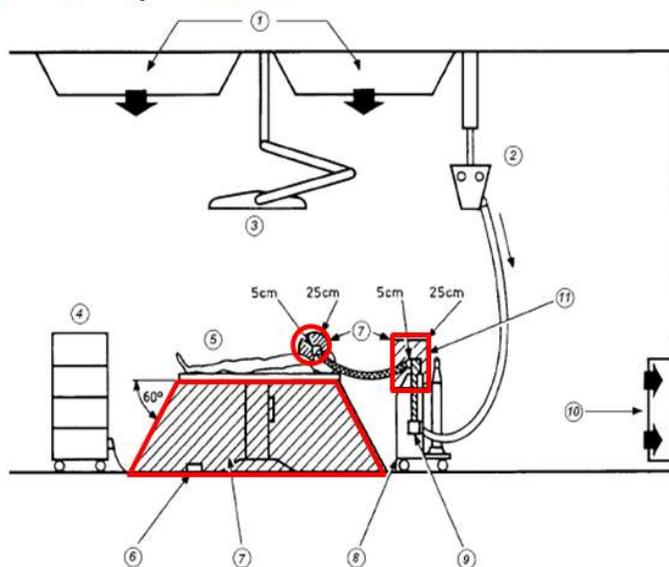
Fonte: ABB

- **Zona de Risco**

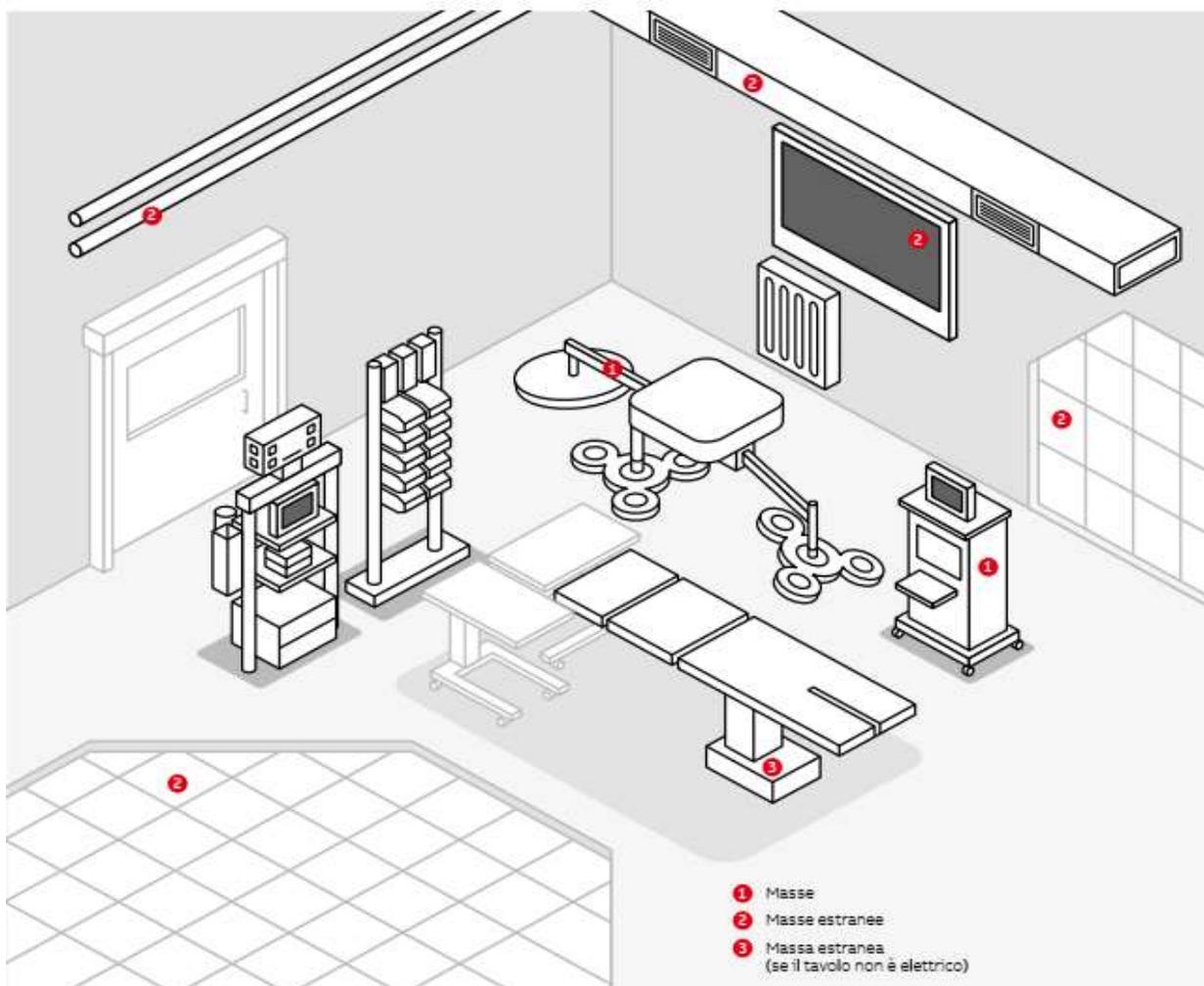
Volume no qual são suscetíveis de estar presentes, de forma

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 extracção dos gases de anestesia.
- 10 — Extracção.
- 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 desinfeção 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 k Ω e 100 M Ω .

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:

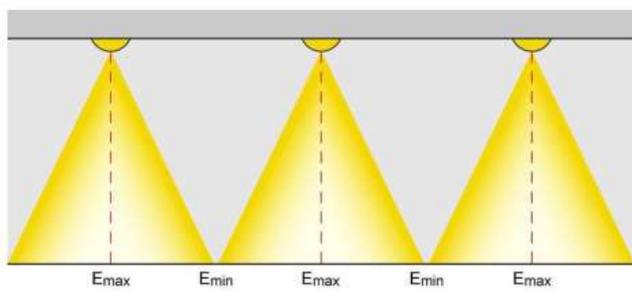
$$e \leq 4h$$

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.



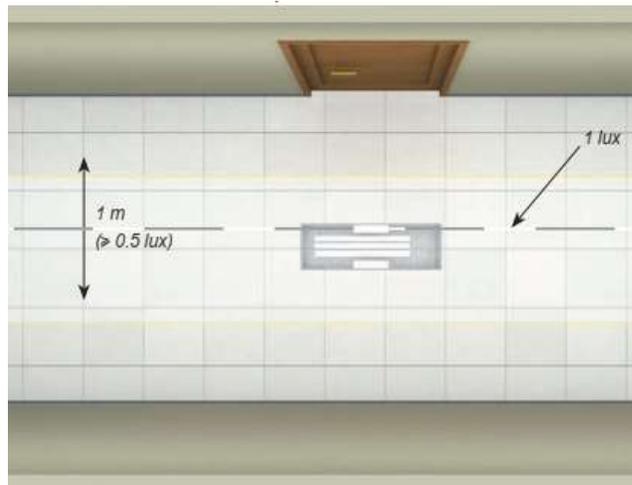
Os aparelhos de iluminação instalados nas zonas de circulação não devem constituir um obstáculo à circulação – RTIEBT.

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

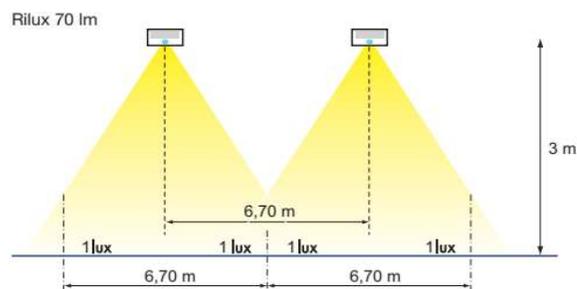


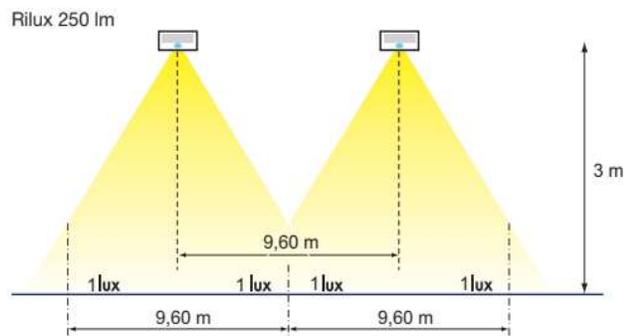
Exemplo de iluminação ao nível do solo nos trajetos de evacuação (Schneider)

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.

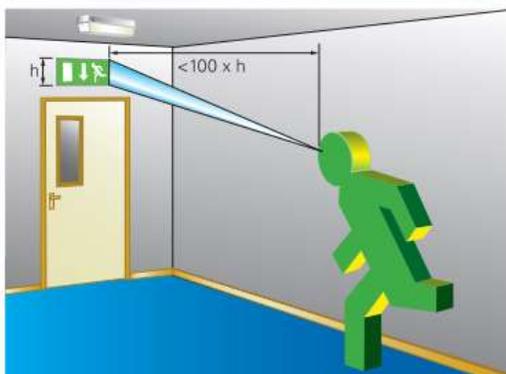
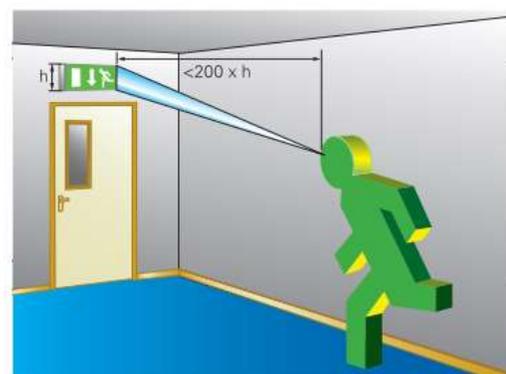


Sinalização dos trajetos de evacuação, obstáculos, material de combate a incêndios, postos médicos, quadros elétricos e saídas (Schneider)



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.



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 diretos

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

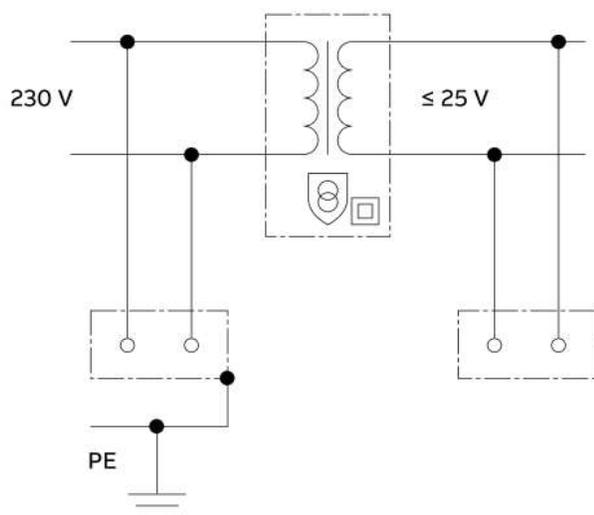
Fonte de corrente que garanta um grau de segurança equivalente ao de um transformador de segurança (motor-gerador cujos enrolamentos apresentem uma separação equivalente)

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.

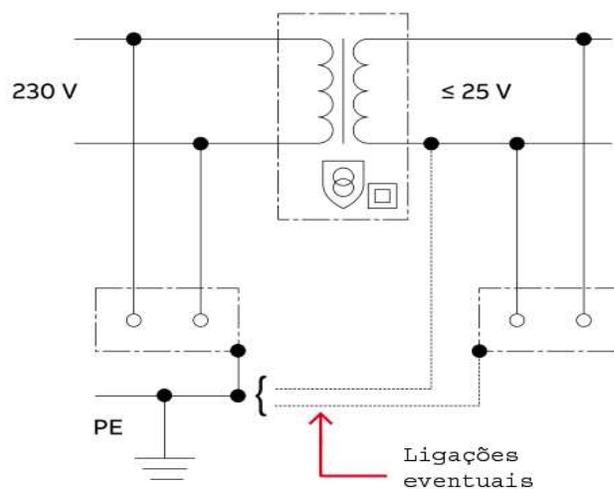
Fontes móveis, tais como transformadores de segurança ou grupos motor-gerador, seleccionadas ou instaladas de acordo com as regras inerentes à medida de proteção por utilização de equipamentos da classe II ou por isolamento equivalente.

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 hemodálise		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

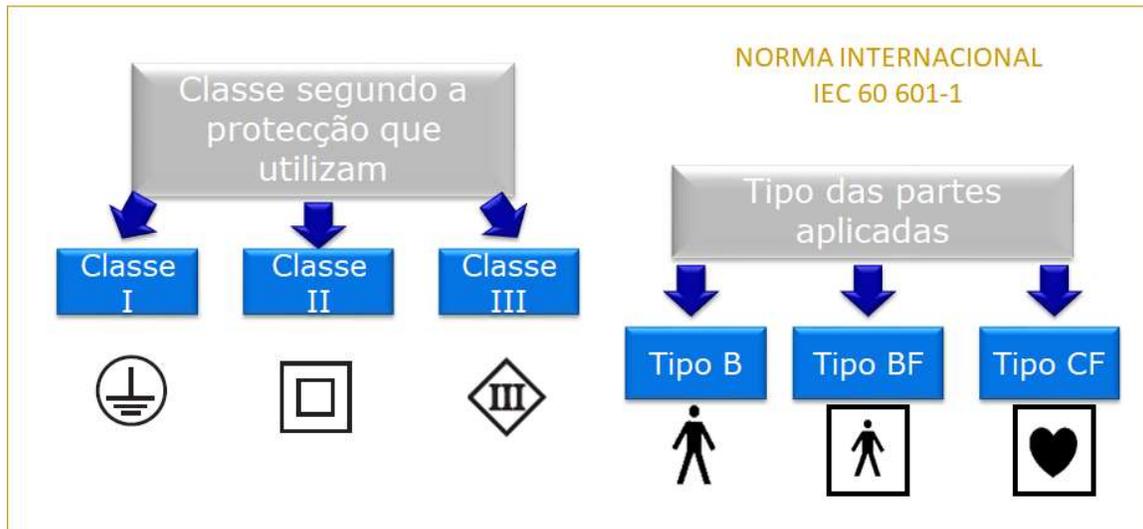
Tipo de proteção	Regras	Outras características	Medida
Dispositivos diferenciais de alta sensibilidade	Os circuitos que alimentem tomadas de corrente estipulada não superior a 32 A devem ser protegidos por dispositivos de $I_{\Delta N} \leq 30$ mA (10 mA, 30 mA)	Dispositivos dos tipos A (sensíveis à CA e contínuas pulsantes) ou B (sensíveis à CC ou praticamente contínua) e de imunidade reforçada. Proibidos nos sistemas IT médico	P4
Esquema IT 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

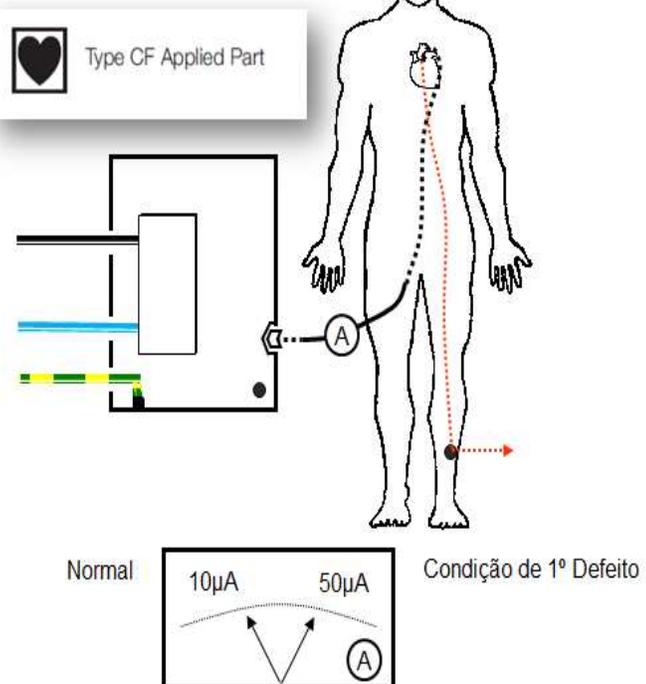
- P3 - Limitação da tensão de contacto;
- P4 - Utilização de dispositivos diferenciais de alta sensibilidade;
- P5 - Esquema IT médico;
- P6 - Separação elétrica individual;
- P7 - Tensão reduzida de segurança médica.

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

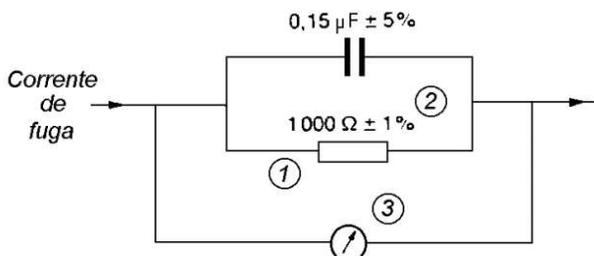
PROTECÇÃO CONFERIDA PELOS APARELHOS DE ELECTROMEDICINA



NORMA INTERNACIONAL IEC 60 601-1

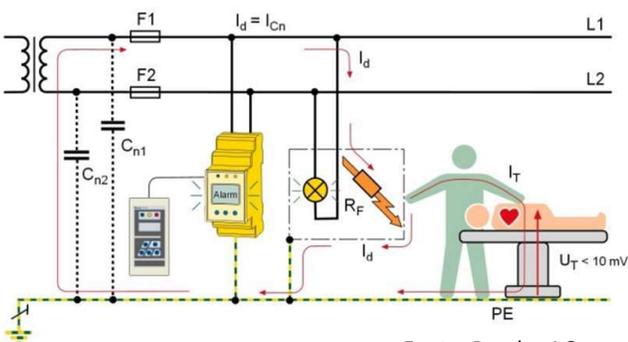


A medida de proteção P3 – limitação da tensão de contacto – estabelece como valor máximo admissível uma tensão de 50 mV, o que, de acordo com o modelo do corpo humano, da norma EN 60364-7-710 ou das Regras Técnicas,



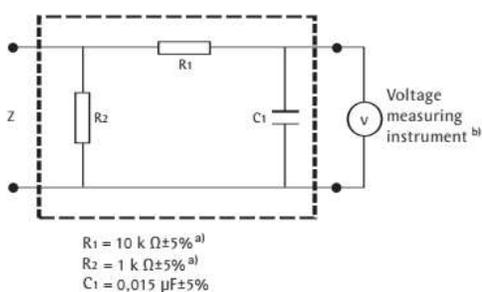
- 1 — Resistência de medição (não indutiva).
- 2 — Impedância de medição.
- 3 — Aparelho de medição.

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

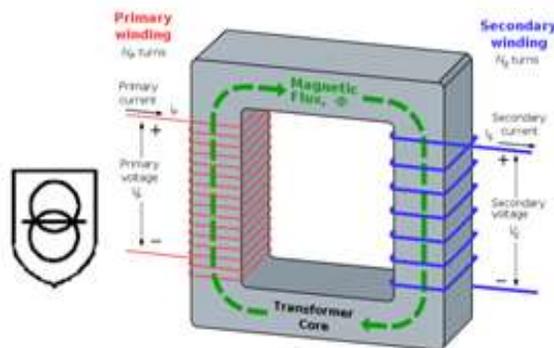
Limitação da tensão de contacto



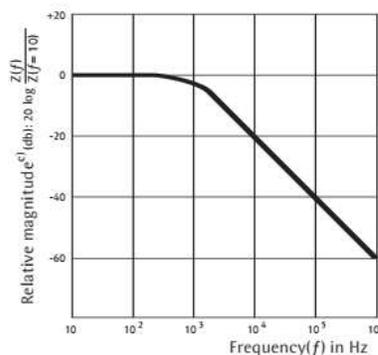
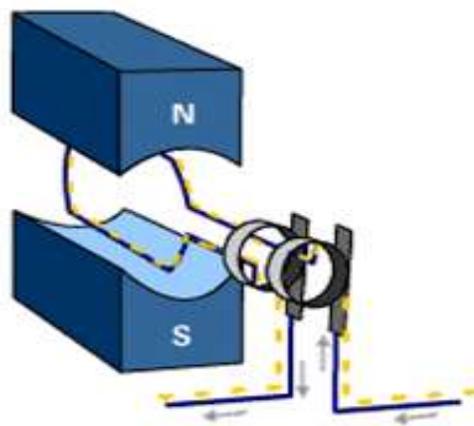
Rede equivalente do modelo eléctrico do corpo humano de acordo com a EN 60 601-1, anexo B, para medição da tensão de contacto, e resposta em frequência (frequência de corte aos 1 000 Hz e declive de -20 dB por década).

Sistema TRS-M

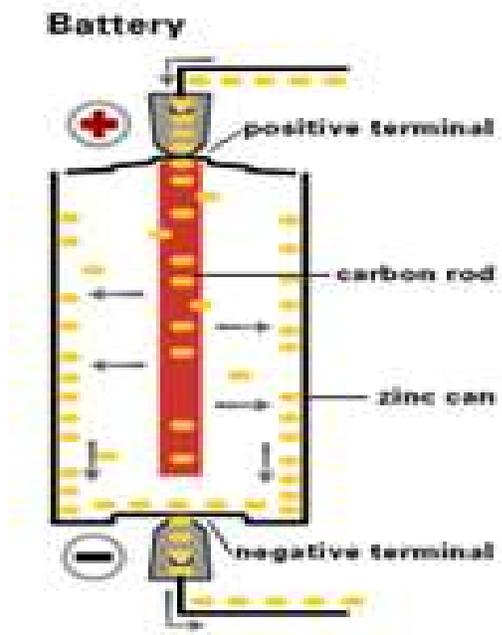
As tensões máximas do sistema são 25 V em CA e 60 V em CC lisa. Transformador de segurança que satisfaça a norma EN 61 558-2-6.



Fonte de corrente que garanta um grau de segurança equivalente ao de um transformador de segurança (motor-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).



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 intracardíacos 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.

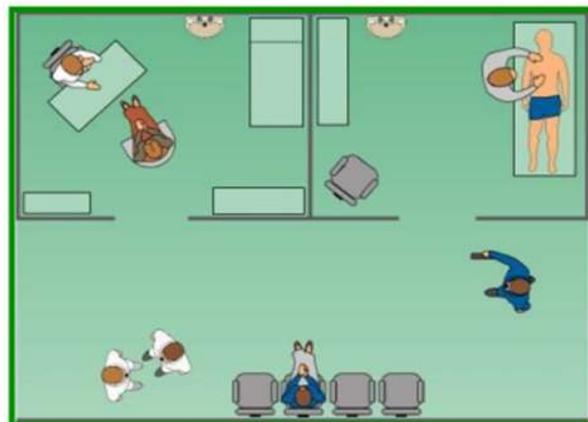
Com base na finalidade do local, assim será atribuída a classificação correspondente.

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

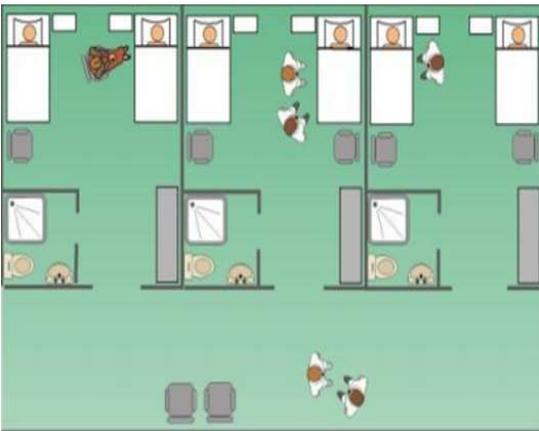
Sem aplicação de partes

Exemplos:

- Locais de consulta,
- Corredores

Medidas de proteção

- De acordo com a CEI 60364-4-410
- Protecção 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

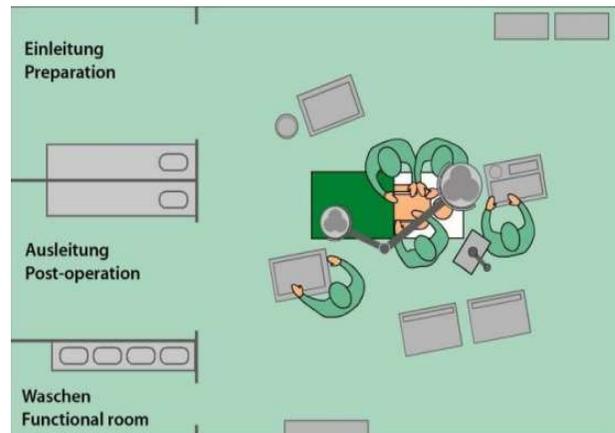
- Usadas externamente
- Invasivas de qualquer parte do corpo (exceto na zona cardíaca)

Exemplos:

- Salas de fisioterapia ou hidroterapia
- Locais de diálise

Medidas de proteção

- Duplo isolamento
- Tensão reduzida de segurança – TRS
- Tensão reduzida de protecção – TRP
- DDRs em sistemas TN-S e TT
- Sistema IT-M com monitorização de isolamento
- Protecção 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

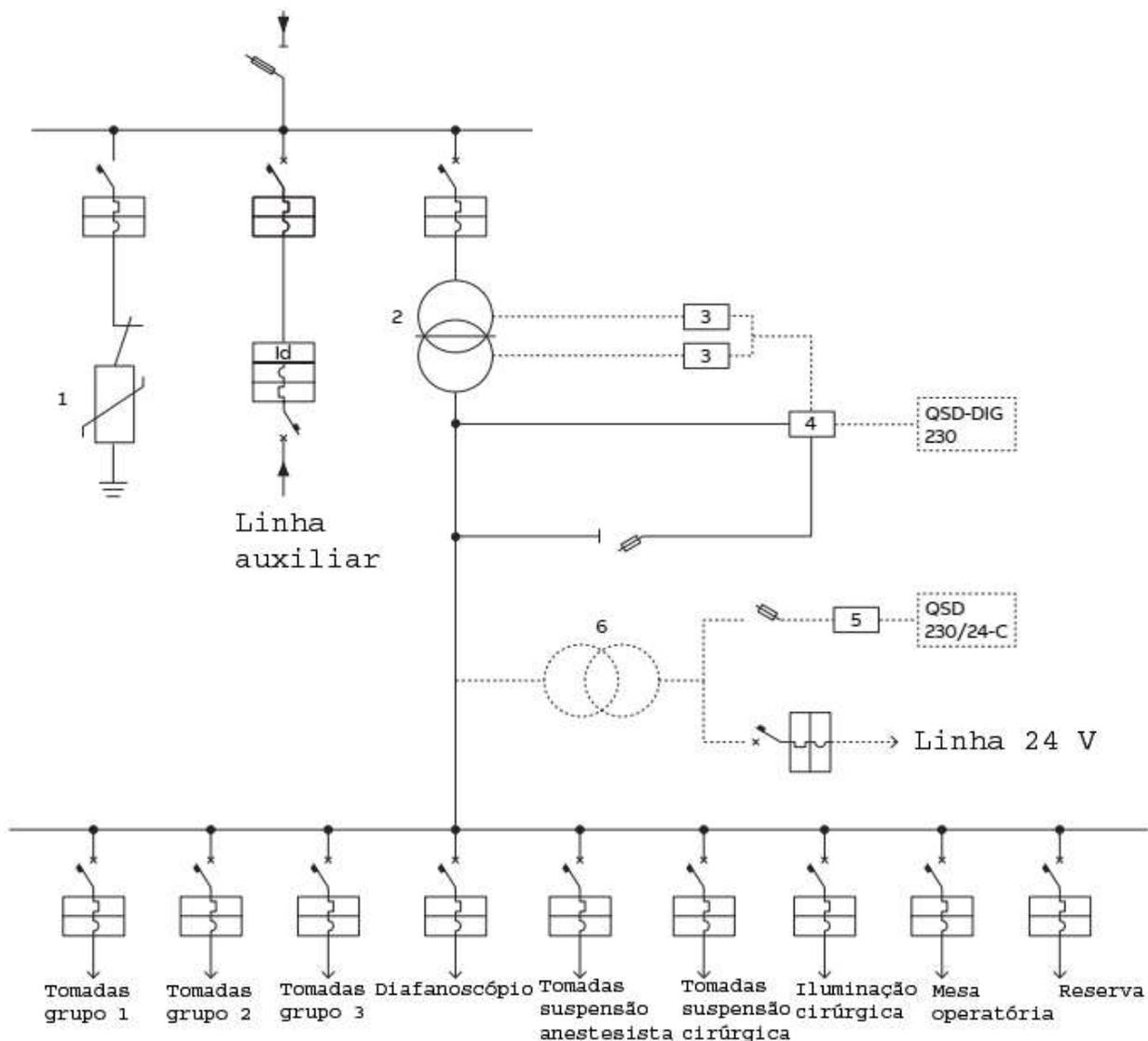
- Iluminação de segurança e alimentação de segurança de tomadas, aparelhos, motores e similares.
- Alimentação especial de segurança para iluminação de mesas de bancos operatórios e alimentação de dispositivos vitais, se necessário

Proteção suplementar

- Ligações equipotenciais
- Alimentação de segurança:

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.

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)

	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

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 $P \geq 60 \text{ W}$ $260\text{mA}/230\text{V}$. 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.

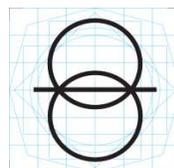
Todas as massas da instalação elétrica são ligadas à terra.

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.

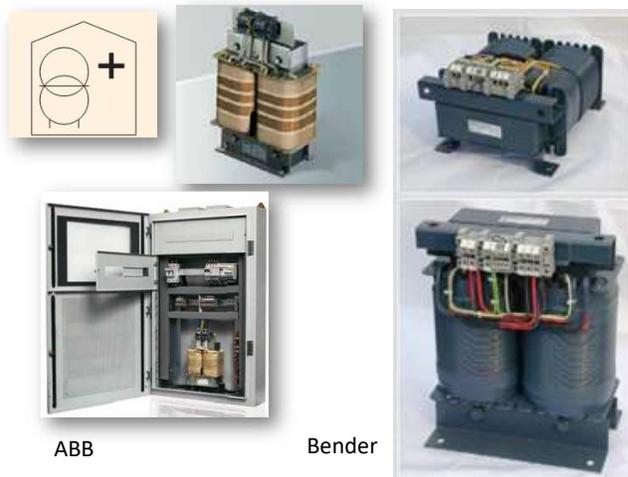
	EN61558-2-6 EN61558-2-17	Transformador de segurança sem protecção contra curtos-circuitos
	EN61558-2-6 EN61558-2-17	Transformador de segurança à prova de curtos-circuitos (por construção ou dispositivo incorporado)
	EN61558-2-15	Transformador de isolamento para alimentação de locais contendo equipamento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

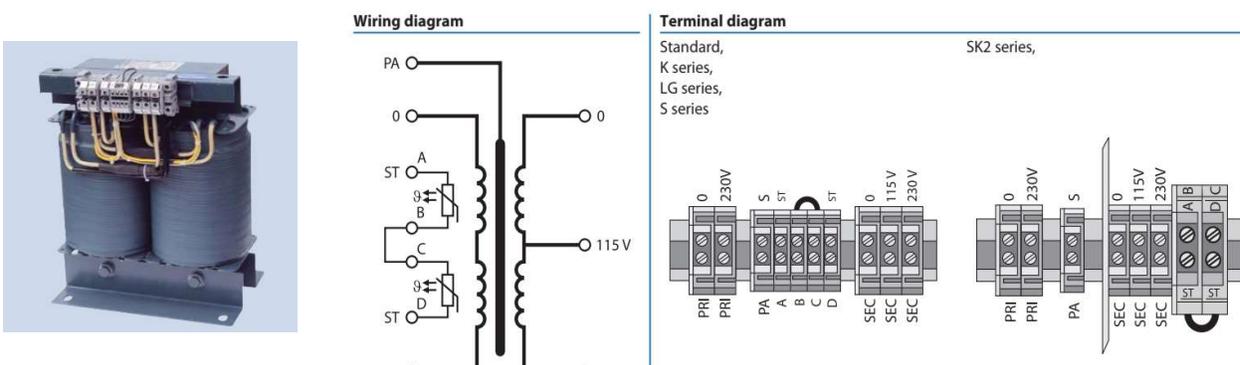


ABB

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 ₃ 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).

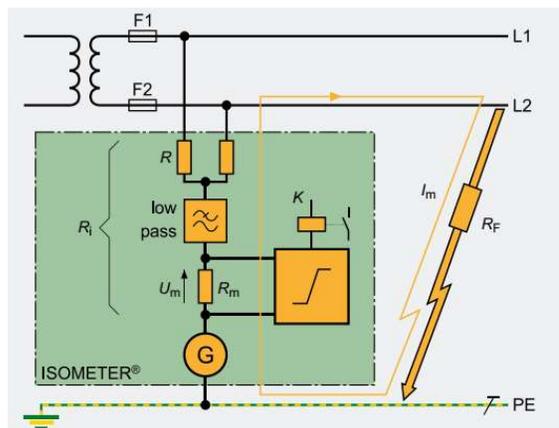
Para cada sistema IT-M deve ser disposto em local adequado um sistema de alarme sonoro e visual para que possa ser permanentemente monitorizado pela equipa médica:

- 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.

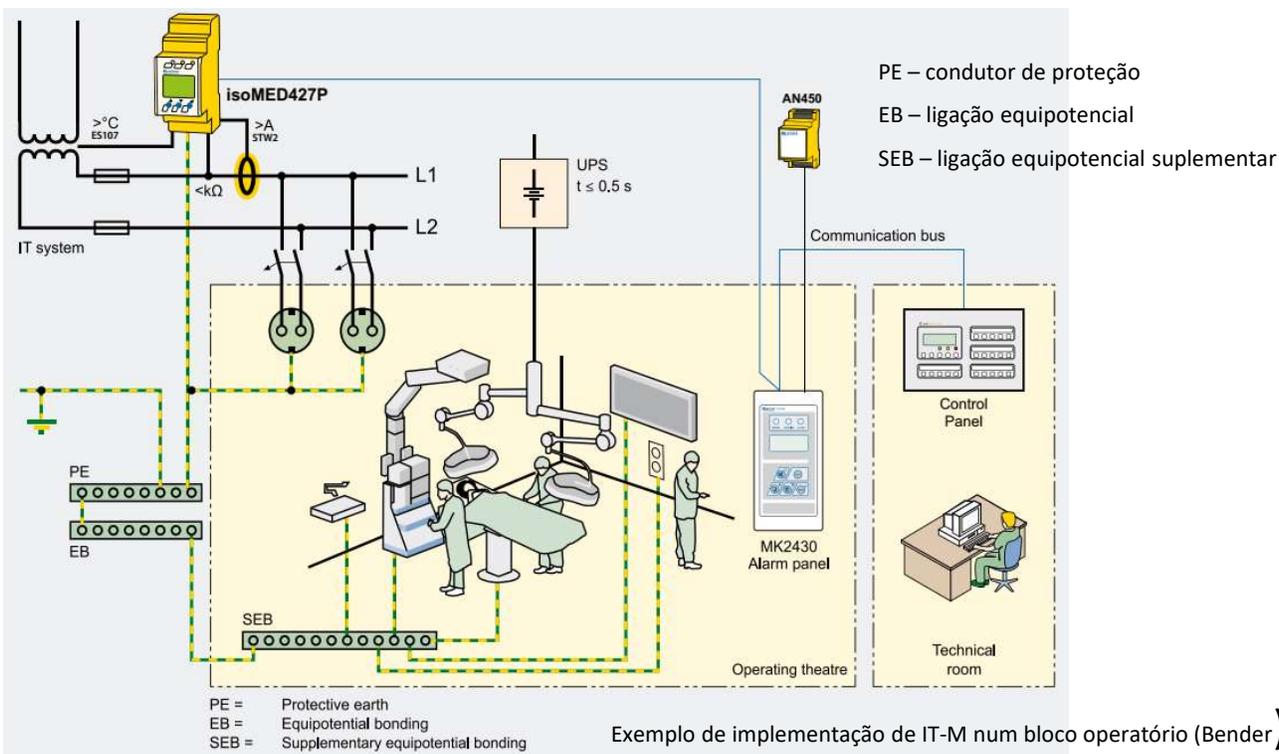
O dispositivo de monitorização de isolamento é ligado entre os condutores ativos e o condutor PE. .

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.

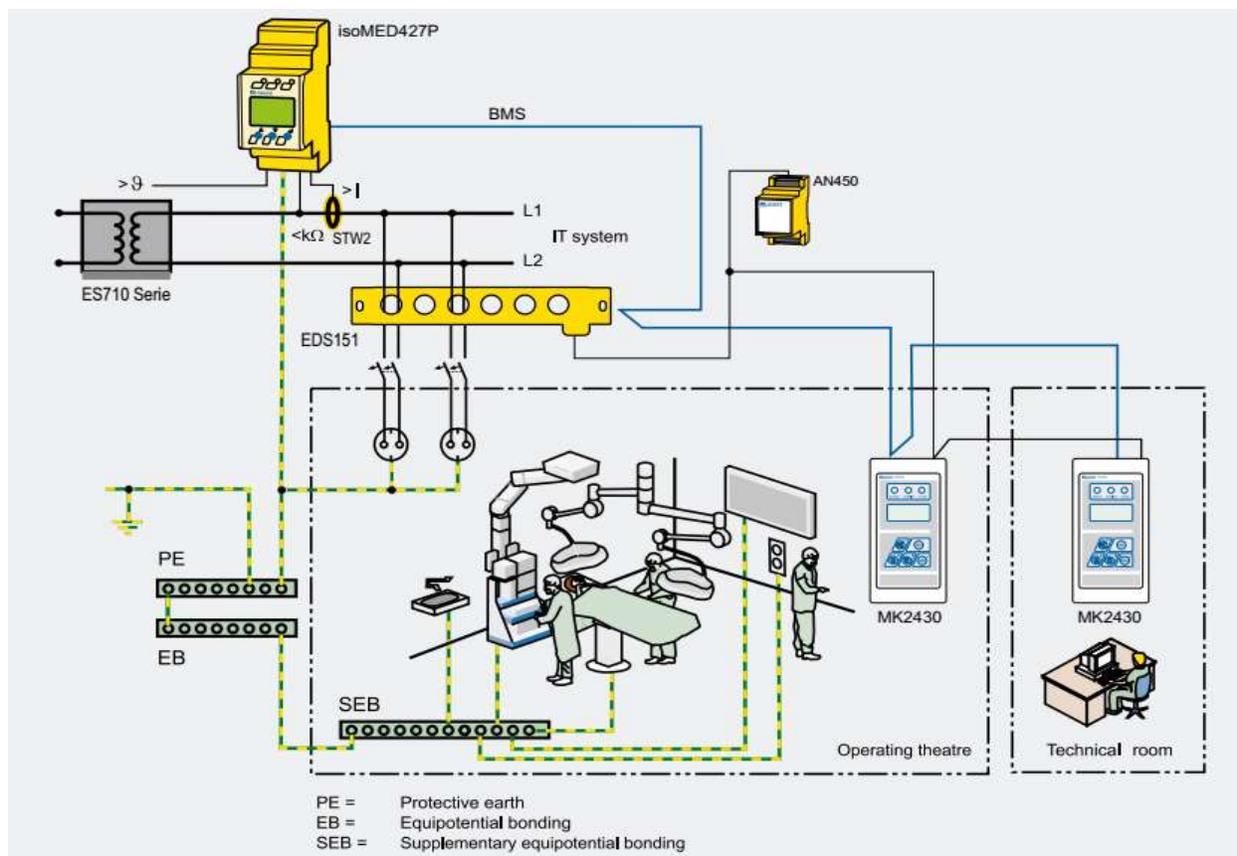
O dispositivo integra 6 transformadores de corrente com capacidade de endereçamento.



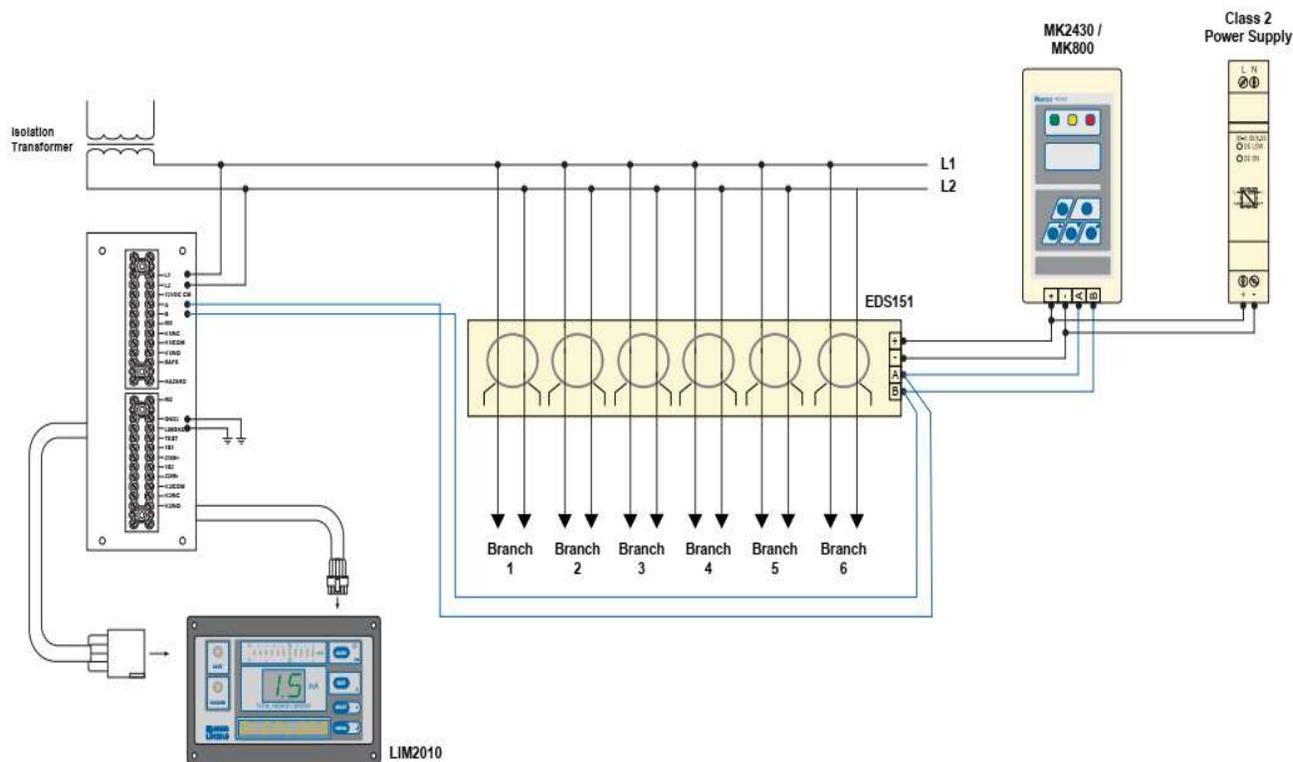
Quando o CPI deteta um defeito de isolamento, de imediato começa o processo de localização emitindo um sinal de pesquisa.

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

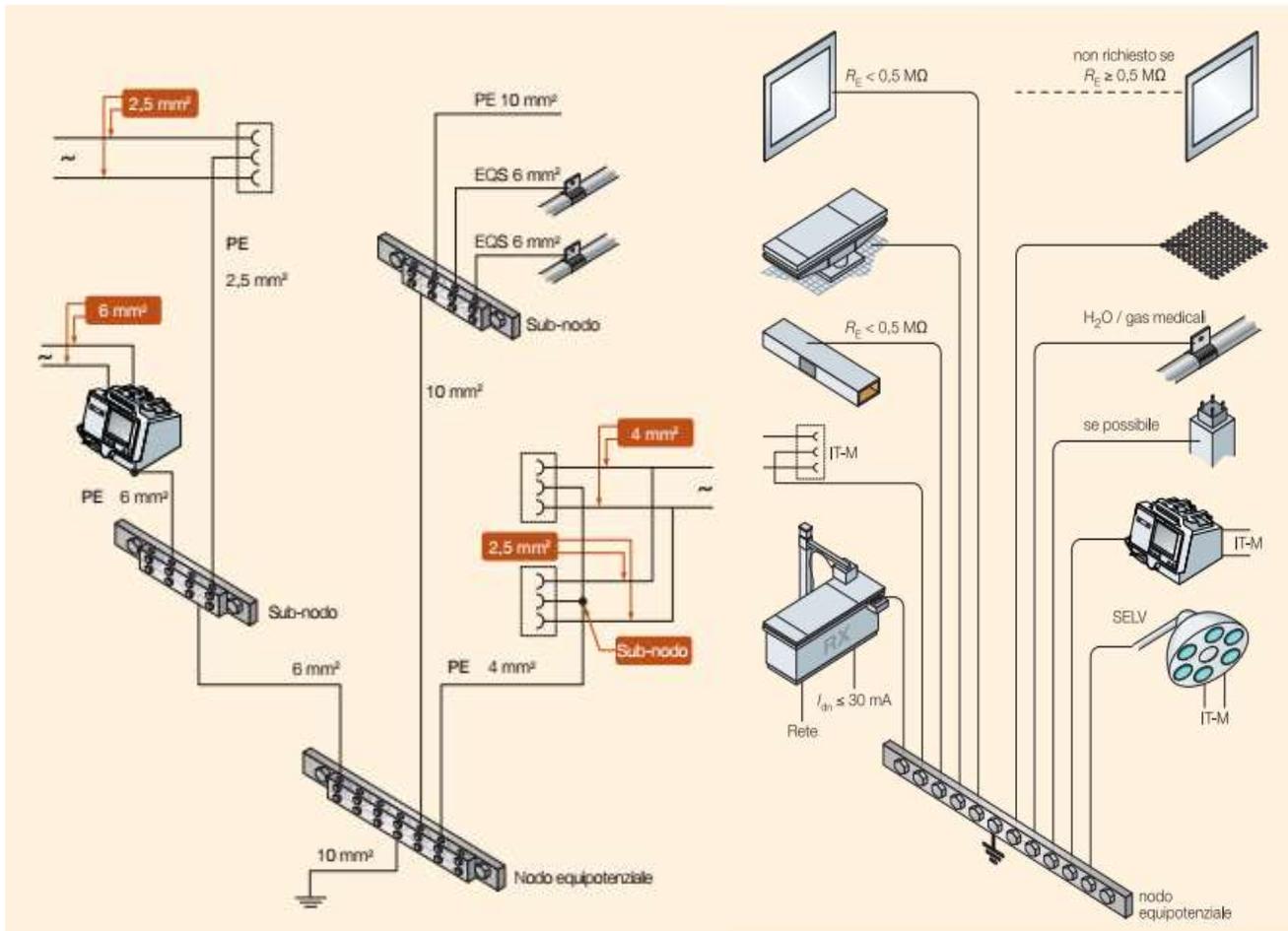
Normas

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

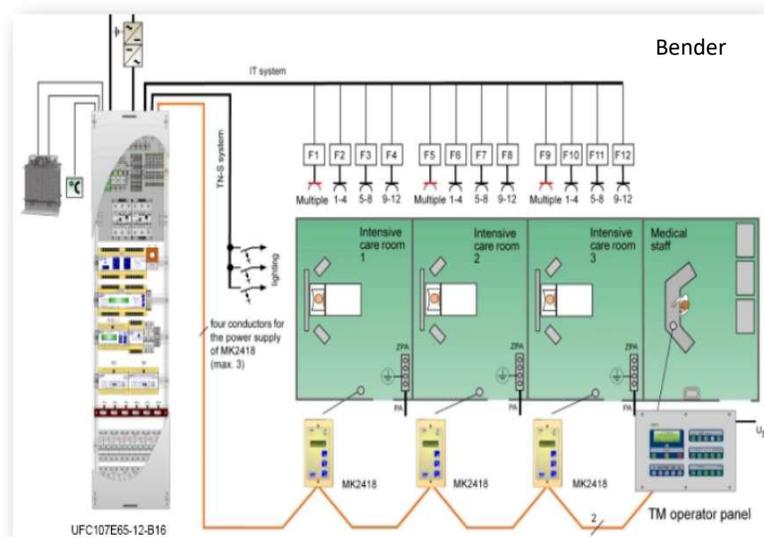
Para cada grupo de salas pelo menos 1 sistema IT-M

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.

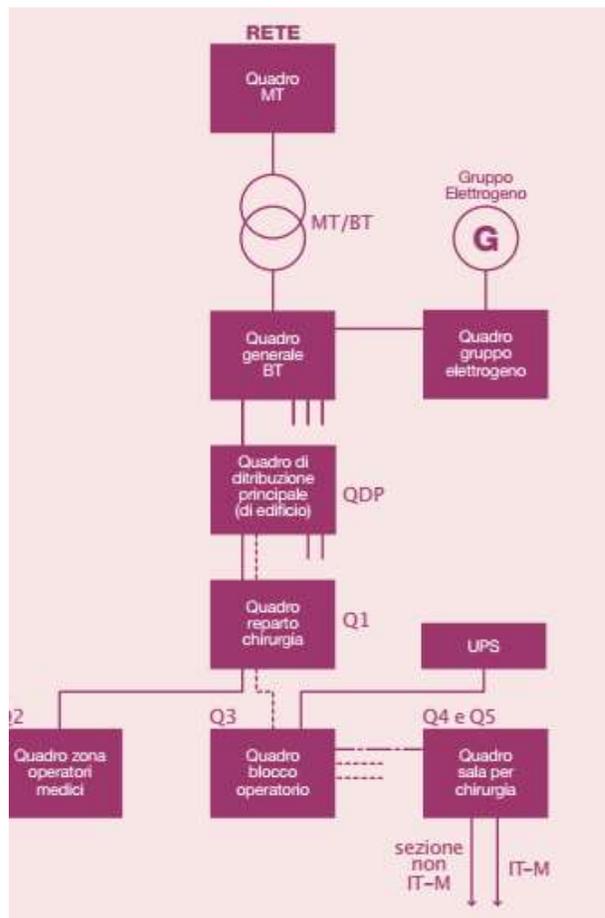
— Quando houver falha da alimentação normal, a alimentação de socorro deve garantir a potência necessária num tempo não superior a 15 s. Para a alimentação de socorro entrar em funcionamento, é necessário garantir as operações automáticas seguintes:

- 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:

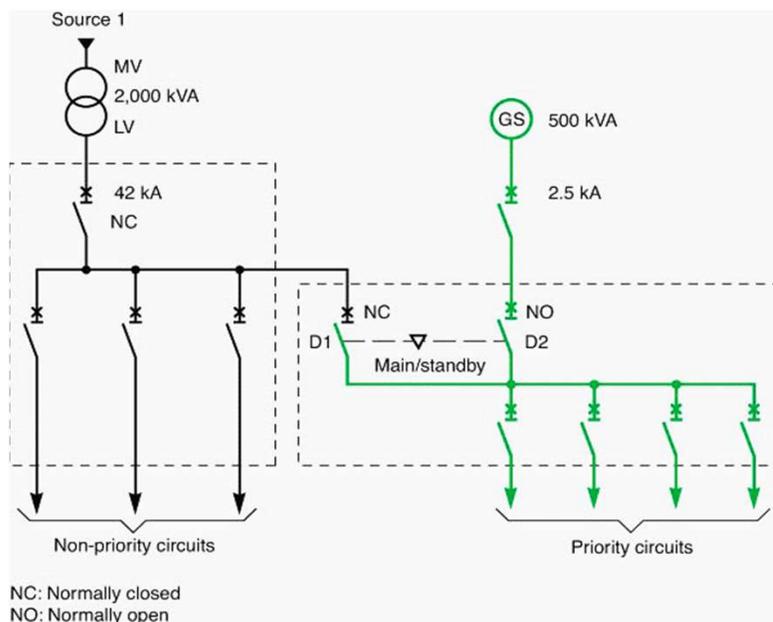
- Verificação da existência de tensão aos terminais da alimentação normal;
- Comutação da instalação para a alimentação normal;
- Realimentação dos circuitos não prioritários.

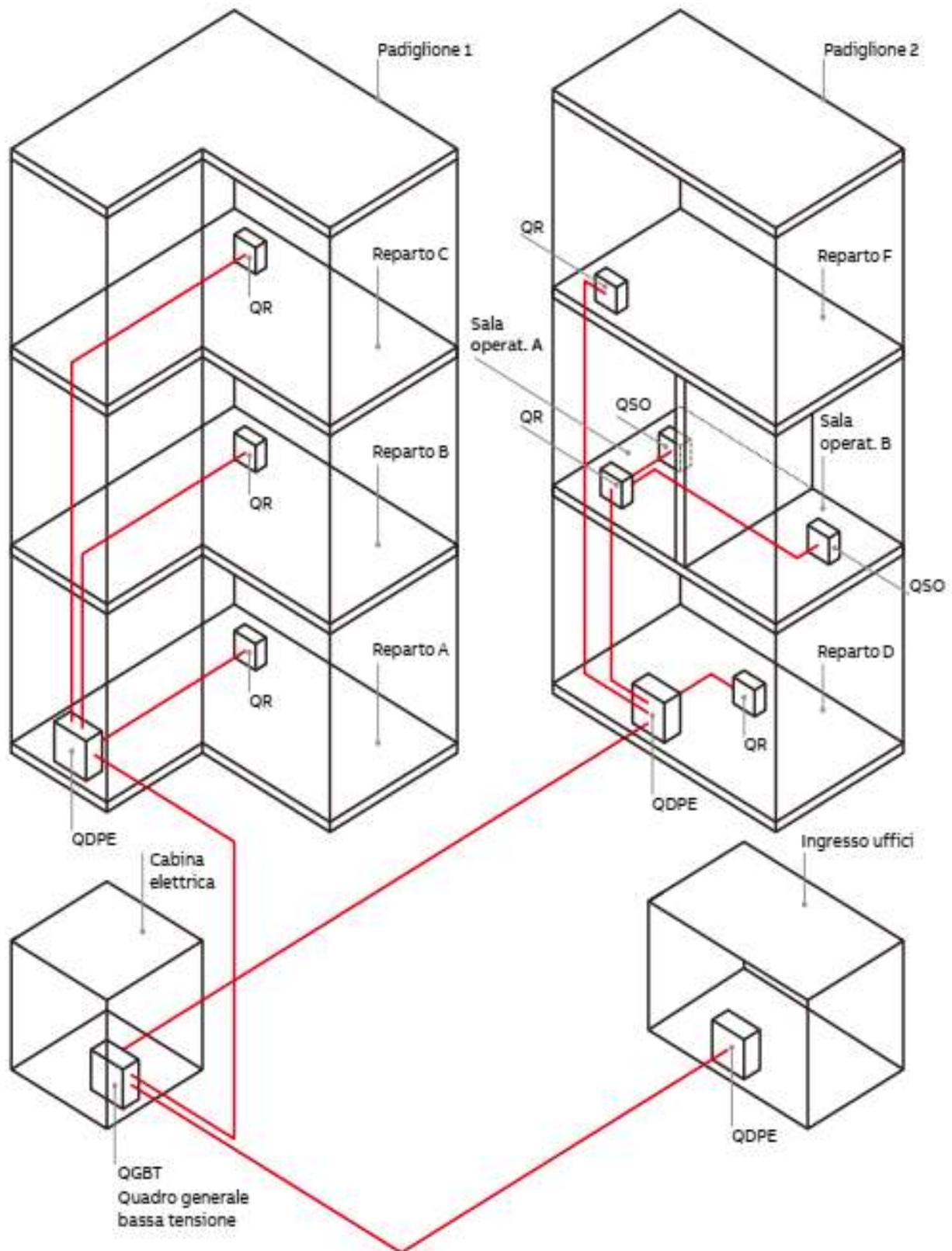
Os inversores de rede a utilizar devem observar a norma EN 60 947-6-1.



Fonte: ABB

Exemplo de estrutura radial de alimentação em edifício hospitalar

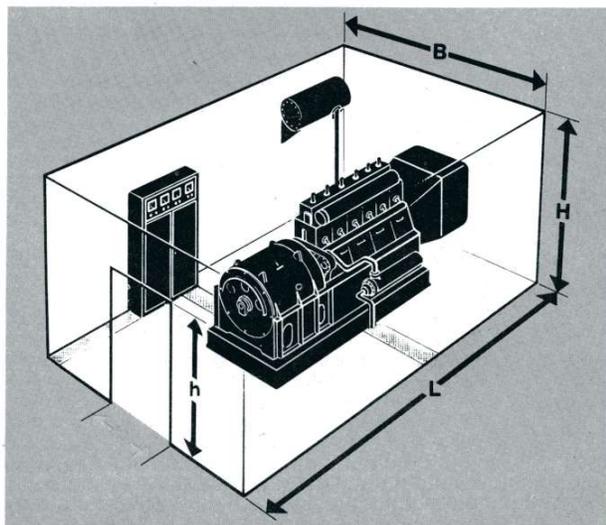




Topologia radiale para a distribuição de energia – ABB



Grupos eletrogéneos acionados por motores Diesel



Potência do grupo	20 a 60kVA	100 a 200kVA	250 a 550kVA	650 a 1500kVA
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

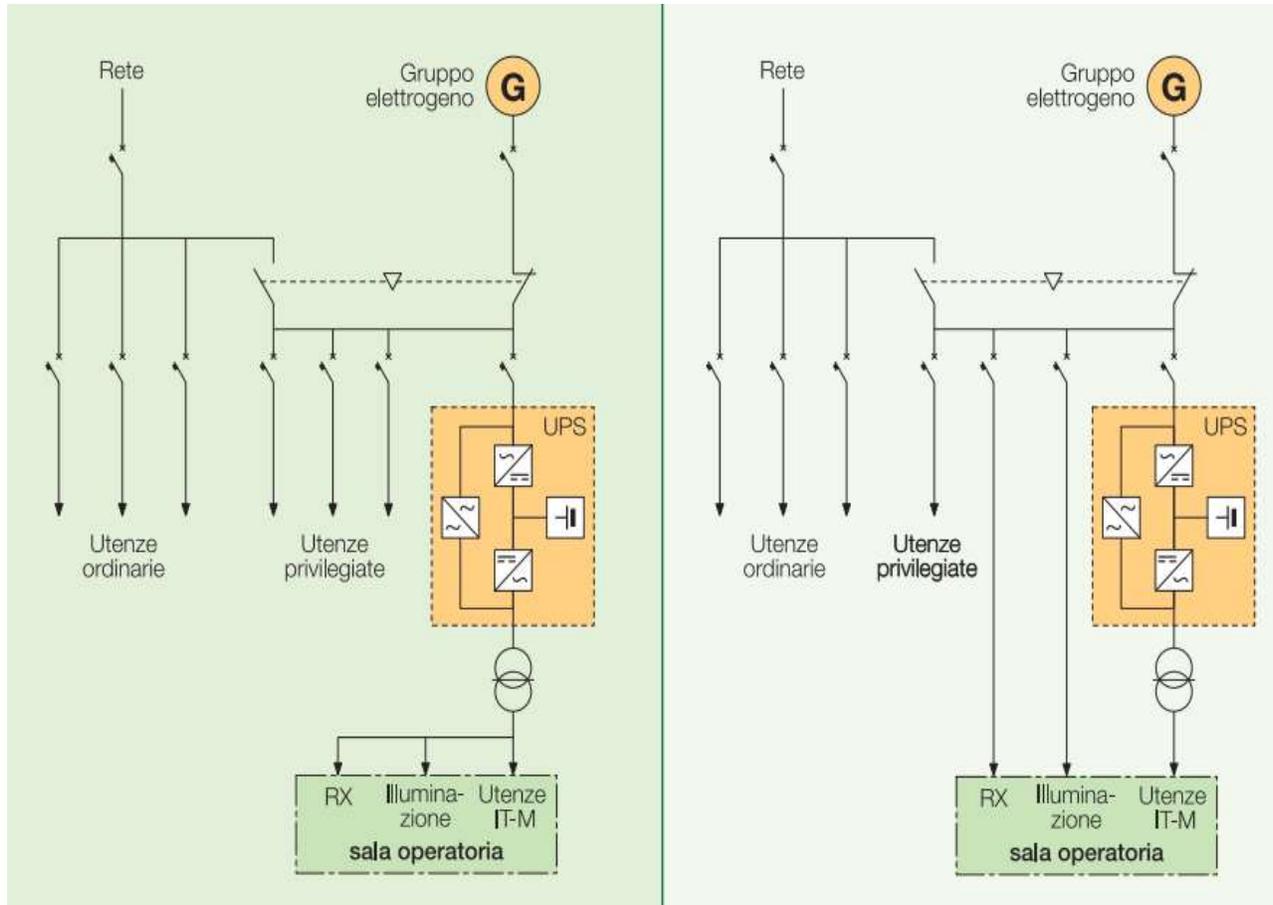
(ver também 556.1 da norma IEC 60364-5-55)

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

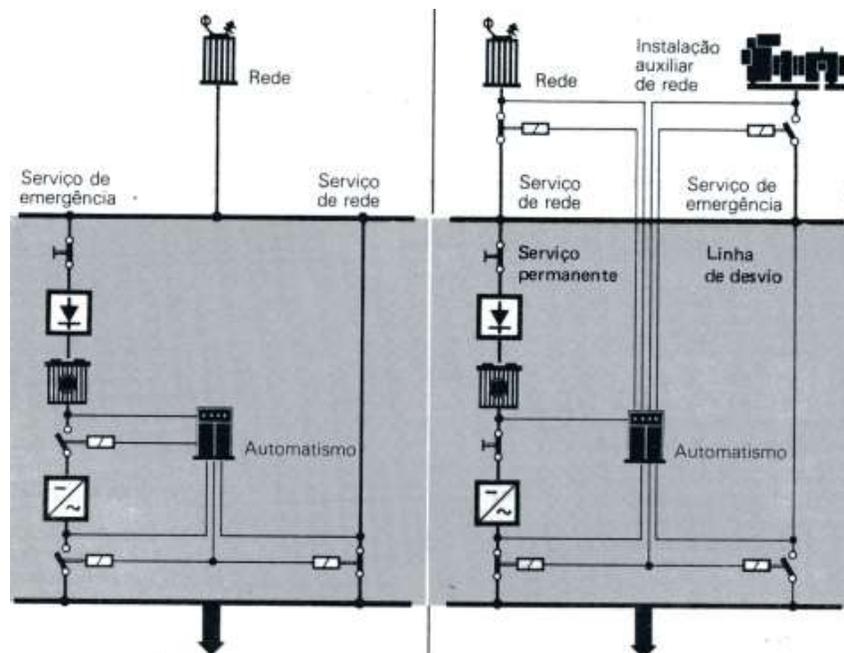
Nota 1 Em geral, não é necessário prever alimentação sem interrupção para o equipamento de electromedicina. No entanto, certos equipamentos controlados por microprocessadores podem requer tal alimentação.

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.

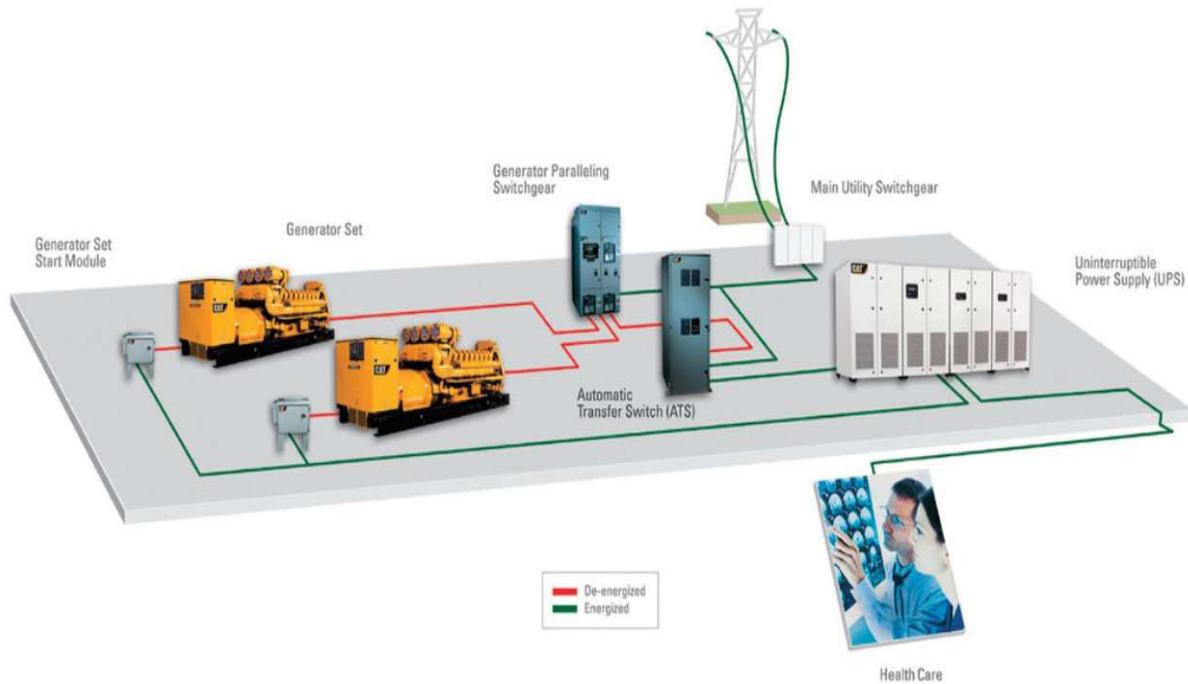
Nota 3 A expressão “dentro de” significa “ \leq ”.



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



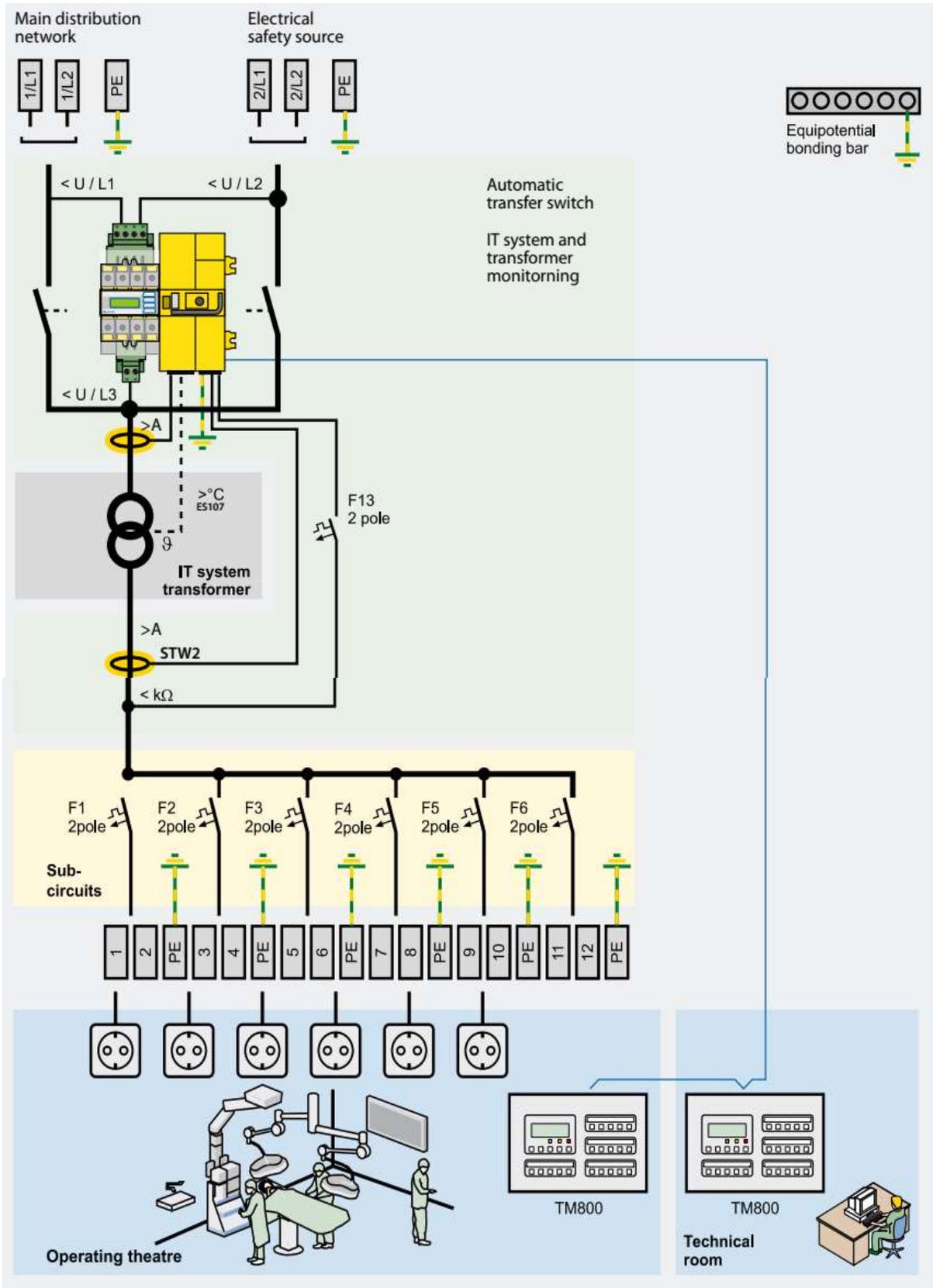
Dois esquemas de alimentação dos serviços de segurança: à esquerda, disponibilidade rápida da alimentação de segurança – tempo de comutação < 1 s; à direita, disponibilidade imediata da alimentação de emergência – sem interrupção



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



Fontes ininterruptíveis – UPS - Toshiba



Solução de alimentação dos locais do grupo 2 - 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.

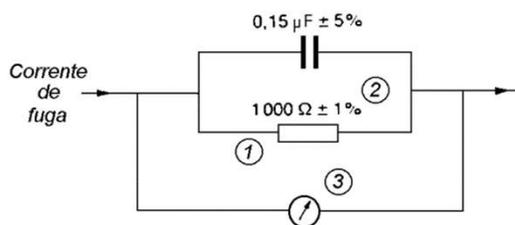
Os valores obtidos não devem ser superiores a 0,1 Ω .

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 protecção 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 .

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

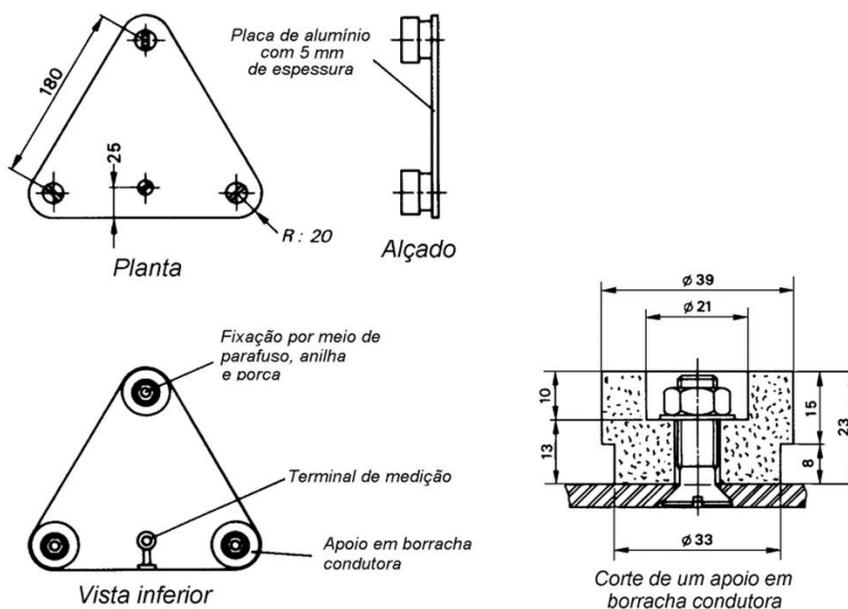
Durante a realização das medições, deve ser aplicada ao tripé uma força de valor igual a:

- 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



Eléctrodo do tipo 2

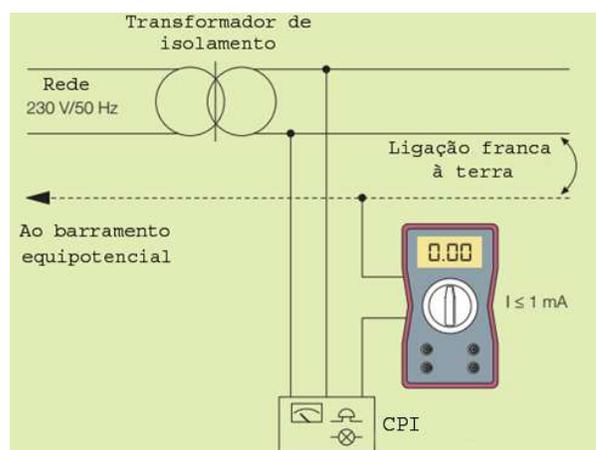
- Medida da corrente de fuga para a terra e da corrente de fuga de contacto dos transformadores dos sistemas IT-M, quando ligados em vazio (a corrente não deve exceder 0,5 mA)
- Verificação computacional da conformidade da seletividade das fontes de segurança com a documentação de projeto e o cálculo
- 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	

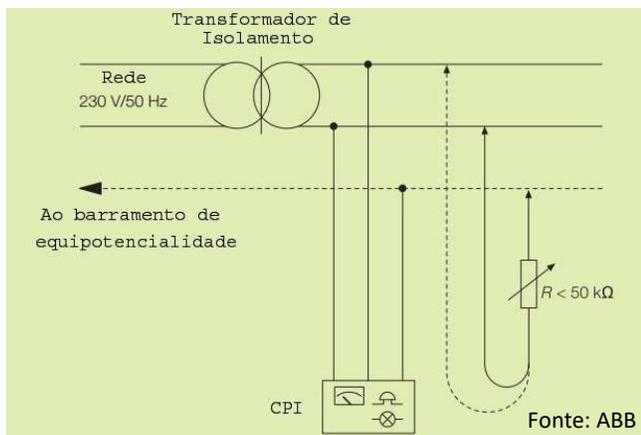
Verificações periódicas que devem ser efetuadas nas instalações elétricas dos locais médicos dos grupos 1 e 2.

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	

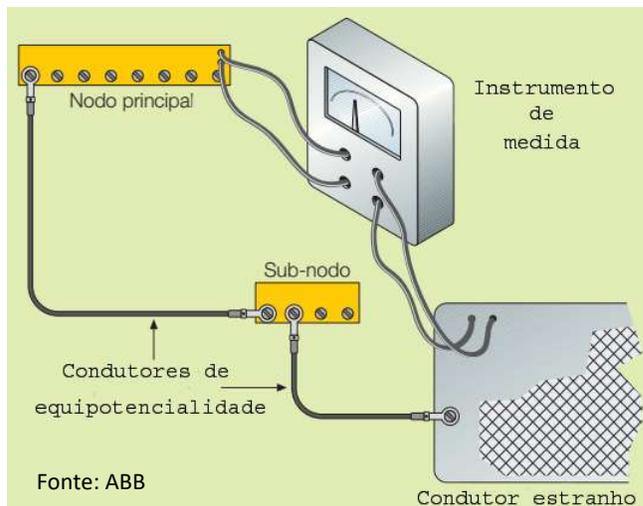


Fonte: ABB

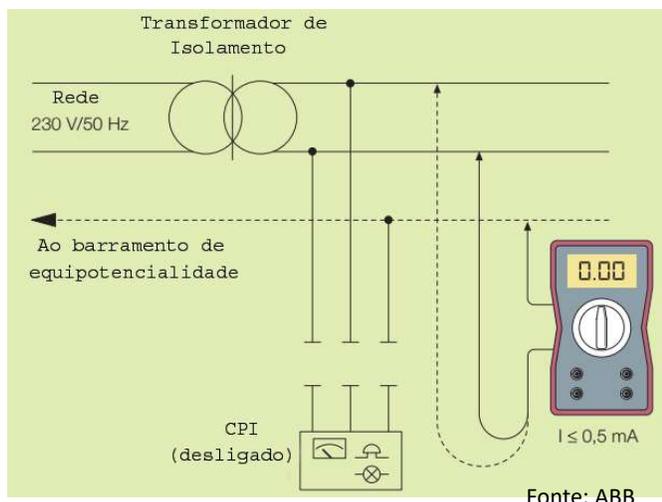
Medida da corrente no circuito do CPI



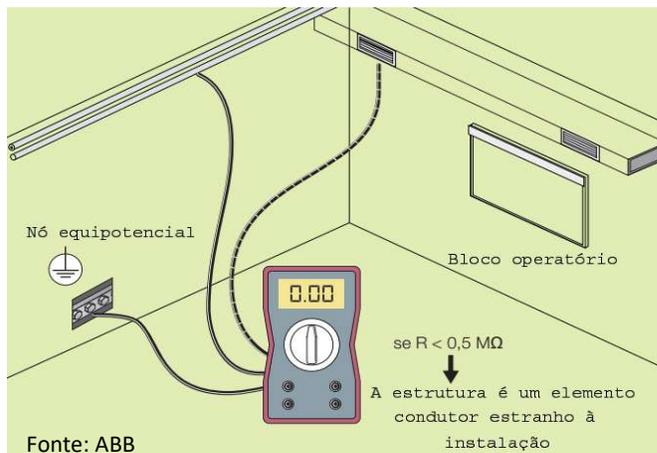
Ensaio de atuação do CPI



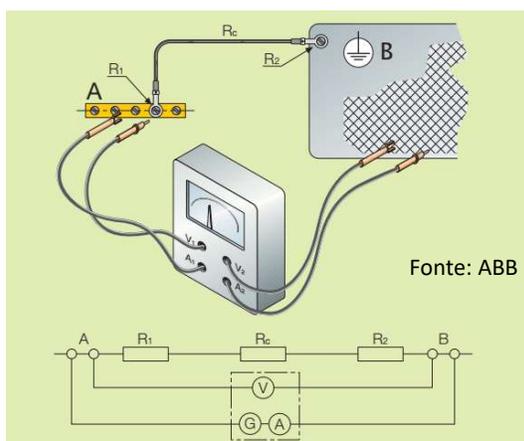
Medida de uma ligação equipotencial de um elemento condutor estranho à instalação através de um subnodo



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

Os valores obtidos não devem ser superiores a $0,1 \Omega$.

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

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



INSTALAÇÕES DE LIGAÇÃO À TERRA

1. ASPETOS GERAIS

Uma instalação de ligação à terra consiste num conjunto de um ou de vários eléctrodos de terra interligados e dos condutores de protecção e de terra correspondentes.

Os objetivos principais de uma eficaz e segura ligação à terra são:

- Assegurar que as pessoas nas proximidades de instalações ligadas à terra não estejam expostas ao perigo de eletrocussão ;
- Providenciar meios para conduzir correntes eléctricas para a terra sob condições normais ou em situações de defeito sem exceder os limites operativos dos equipamentos ou afetar a continuidade de serviço.

No propósito de atingir os objetivos anteriormente enunciados, os principais requisitos de uma instalação de ligação à terra são:

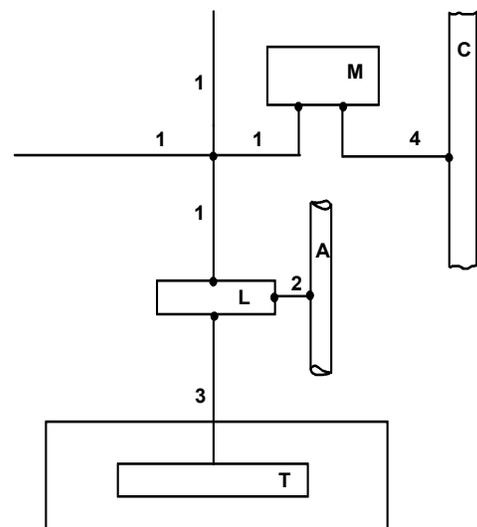
- Cumprimento das normas e regulamentos;
- Baixa impedância;
- Fiável e robusto do ponto de vista mecânico;
- Resistente à corrosão;
- Tempo de vida expectável igual ou superior ao da instalação.

2. CONSTITUIÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE LIGAÇÃO À TERRA

A figura 1 mostra um desenho esquemático de uma instalação de ligação à terra.

2.1. Massa (M)

Uma massa consiste numa parte condutora de um equipamento eléctrico suscetível de ser tocada, em regra, isolada das partes ativas mas podendo ficar em tensão em caso de defeito.



Onde:

A - Canalização metálica principal de água

C - Elemento condutor

L - Terminal principal de terra

M - Massa

T - Eléctrodo de terra

1 - Conductor de protecção

2 - Conductor da ligação equipotencial principal

3 - Conductor de terra

4 - Conductor de equipotencialidade suplementar

Figura 1. Desenho esquemático de uma instalação de ligação à terra

O termo massa abrange, essencialmente, as partes metálicas dos equipamentos eléctricos que estejam separadas das partes ativas apenas por um isolamento principal, mas que podem ficar, acidentalmente, em ligação eléctrica com partes ativas em consequência de uma falha do isolamento principal ou das medidas de fixação e de protecção.

Assim:

- a) são consideradas massas as partes metálicas acessíveis dos equipamentos elétricos (exceto as dos da classe II), as armaduras metálicas dos cabos e as condutas metálicas, com condutores isolados;
- b) não são consideradas massas todas as partes metálicas dos equipamentos elétricos da classe II.

2.2. Condutor de Proteção (PE)

Um condutor de proteção é um condutor prescrito em certas medidas de proteção contra os choques elétricos e destinado a ligar eletricamente algumas das partes seguintes:

- ponto de alimentação ligado à terra ou a um ponto neutro artificial;
- massas (M);
- elementos condutores;
- terminal principal de terra (L);
- eletrodo de terra (T).

Podem ser usados como condutores de proteção:

- a) condutores pertencentes a cabos multicondutores;
- b) condutores isolados ou nus que tenham o mesmo invólucro (conduta, calha, etc.) que os condutores ativos;
- c) condutores separados, nus ou isolados;
- d) revestimentos metálicos (armaduras, écrans, bainhas, etc.) de alguns cabos.
- e) condutas metálicas ou outros invólucros metálicos para os condutores;
- f) certos elementos condutores.

Para garantir que os condutores de proteção são capazes de escoar a corrente máxima de defeito previsível sem aquecimento que possa pôr em risco a sua conservação e continuidade, a secção sua deve ser igual ao valor normalizado igual ou imediatamente superior ao valor resultante da aplicação da expressão (válida apenas para $t \leq 5s$).

$$S = \frac{I\sqrt{t}}{k} \quad (1)$$

Onde:

- S Secção do condutor de proteção, em milímetros quadrados
- I Valor eficaz da corrente de defeito que pode percorrer o dispositivo de proteção em consequência de um defeito de impedância desprezável, em amperes
- t Tempo de funcionamento do dispositivo de corte, em segundos
- k Fator cujo valor depende da natureza do metal do condutor de proteção, do isolamento e de outros componentes do condutor, bem como das temperaturas inicial e final.

A tabela 1 mostra os valores de k para condutores de proteção isolados e não incorporados em cabos e para condutores de proteção nus em contacto com a bainha exterior dos cabos.

Tabela 1. Valores de k para condutores de proteção isolados e não incorporados em cabos e para condutores de proteção nus em contacto com a bainha exterior dos cabos.

Natureza do isolamento dos condutores de proteção ou da bainha exterior dos cabos	PVC	XLPE ou EPR	Borracha butílica
Temperatura final (°C)	160	250	220
Material do condutor	Valores de K		
Cobre	143	176	166
Alumínio	95	116	110
Aço	52	64	60

Nota: A temperatura inicial do condutor foi considerada igual a 30 °C

A tabela 2 mostra os valores de k para condutores de proteção constituintes de um cabo multicondutor.

Tabela 2. Valores de k para condutores de proteção constituintes de um cabo multicondutor

Natureza do isolamento dos condutores de proteção ou da bainha exterior dos cabos	PVC	XLPE ou EPR	Borracha butílica
Temperatura inicial (°C)	70	90	85
Temperatura final (°C)	160	250	220
Material do condutor	Valores de K		
Cobre	115	143	134
Alumínio	76	94	89

A secção não deve ser inferior aos valores indicados na Tabela 3.

Tabela 3. Secção mínima dos condutores de proteção

Secção dos condutores de fase da instalação S_F (mm ²)	Secção mínima dos condutores de proteção S_{PE} (mm ²)
$S_F \leq 16$	$S_{PE} = S_F$
$16 < S_F \leq 35$	$S_{PE} = 16$
$S_F > 35$	$S_{PE} = S_F/2$
Quando, pela aplicação das condições indicadas, os valores obtidos não corresponderem a valores normalizados, devem ser usados os valores normalizados mais próximos, por excesso.	

Os condutores de proteção que não façam parte da canalização de alimentação devem ter uma secção não inferior a:

- 2,5 mm², se de cobre, no caso de condutores com proteção mecânica;
- 4 mm², se de cobre, no caso contrário.

Quando o condutor de proteção for comum a mais do que um circuito, a sua secção deve ser dimensionada para a maior das secções dos condutores de fase.

2.2.1. Condutor Principal de Proteção

Condutor de proteção ao qual são ligados os condutores de proteção das massas, os condutores de terra e, eventualmente, os condutores das ligações equipotenciais.

2.2.2. Ligação equipotencial

Ligação elétrica destinada a colocar ao mesmo potencial, ou a potenciais aproximadamente iguais, massas e elementos condutores.

Podem distinguir-se:

- a ligação equipotencial principal;
- as ligações equipotenciais suplementares;
- as ligações equipotenciais locais não ligadas à terra.

2.2.3. Ligação Equipotencial Principal

Permite evitar que, em consequência de um defeito com origem no exterior do edifício, possa surgir uma diferença de potencial entre os elementos condutores do edifício.

Em cada edifício devem ser ligados à ligação equipotencial principal os elementos condutores seguintes:

- o condutor principal de proteção;
- o condutor principal de terra ou o terminal principal de terra;
- as canalizações metálicas de alimentação do edifício e situadas no interior (por exemplo, de água e gás);
- os elementos metálicos da construção e as canalizações metálicas de aquecimento central e de ar condicionado (sempre que possível).
- A secção das ligações equipotenciais principais não deve ser inferior a metade da secção do condutor de proteção de maior secção existente na instalação, com o mínimo de 6 mm², podendo, contudo, esse valor ser limitado a 25 mm², se de cobre, ou a uma secção equivalente, se de outro metal.

2.2.4. Ligação Equipotencial Suplementar

A ligação equipotencial suplementar deve interligar todas as partes condutoras simultaneamente acessíveis, quer se trate das massas dos equipamentos fixos quer dos elementos condutores .

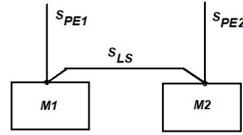
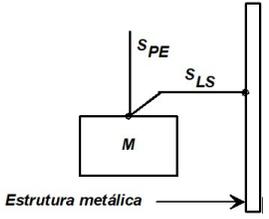
Devem ser ligados:

- As canalizações metálicas de água quente, água fria, ventilação e esgoto;
- O corpo dos aparelhos sanitários metálicos;
- Aros metálicos das portas e das janelas por se encontrarem em contato com elementos metálicos da construção.
- Não é necessário ligar:
 - Toalheiros não elétricos;
 - Massas de aparelhos elétricos da classe II;
 - Grelhas metálicas de ventilação natural;
 - Radiadores de aquecimento central ligados por canalizações isolantes.

A Figura 2 mostra o esquema simplificado de ligações numa casa de banho.

A secção mínima das ligações equipotenciais suplementares (ou locais) entre duas massas ou entre uma massa e uma estrutura metálica são as indicadas na Tabela 4.

Tabela 4. Secção mínima das ligações equipotenciais suplementares (ou locais) entre duas massas ou entre uma massa e uma estrutura metálica

Duas massas	Uma massa e uma estrutura metálica
Se: $S_{PE1} \leq S_{PE2} \Rightarrow S_{LS} \geq S_{PE1}$	$S_{LS} \geq \frac{S_{PE}}{2}$ Com o mínimo de 2,5 mm ² para condutores mecanicamente protegidos ou 4 mm ² , caso contrário.
	 <i>Estrutura metálica</i> →
<p>S_{PE} Secção do condutor de proteção</p> <p>S_{LS} secção do condutor da ligação equipotencial suplementar</p> <p>M, M1 e M2 Massas.</p>	

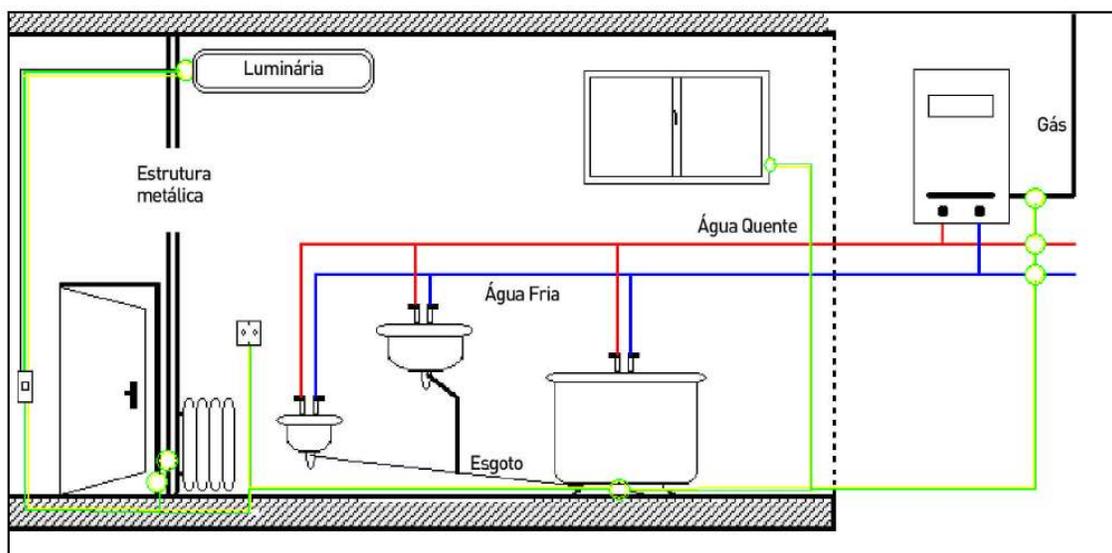


Figura 2. Esquema simplificado de ligações numa casa de banho (CERTIEL Mais, Ficha técnica 20, Junho 2007)

2.3. Terminal Principal de Terra (Barra Principal de Terra)

Terminal ou barra previstos para ligação aos dispositivos de ligação à terra dos condutores de proteção, incluindo os condutores de equipotencialidade e, eventualmente, os condutores que garantem uma ligação à terra funcional.

Todas as instalações elétricas devem ter um terminal principal de terra, ao qual devem ser ligados:

- a) os condutores de terra;
- b) os condutores de proteção;
- c) os condutores das ligações equipotenciais principais;
- d) os condutores de ligação à terra funcional, se necessário.

2.4. Condutor de Terra

O condutor de terra é um condutor de proteção que permite ligar o terminal principal de terra ao elétrico de terra.

Nos condutores de terra, deve ser previsto um dispositivo instalado em local acessível e que permita a medição do valor da resistência do elétrico de terra das massas, podendo esse dispositivo estar associado ao terminal principal de terra.

Os condutores de terra devem satisfazer ao indicado na secção 543.1 das RTIEBT (secção mínima) e, no caso de serem enterrados, a sua secção deve ter os valores mínimos indicados na tabela 5.

2.5. Eléctrodo de Terra (T)

Um elétrico de terra consiste num corpo condutor ou conjunto de corpos condutores em contacto íntimo com o solo, garantindo uma ligação elétrica com este.

Só deve haver um elétrico de terra num edifício (terra única) para todas as instalações, independentemente da arquitetura (mesmo quando as frações não comunicam com zonas comuns nem existe instalação coletiva).

Os elétricos de terra podem ser especialmente concebidos para o efeito, sendo designados de “Elétricos de terra”, ou serem formados pelas estruturas metálicas enterradas, sendo designados de “Elétricos de terra de facto”.

Podem ser usados como elétricos de terra os elementos metálicos seguintes :

- a) tubos, varetas ou perfilados;
- b) fitas, varões ou cabos nus;
- c) chapas;
- d) anéis (de fitas ou de cabos nus) colocados nas fundações dos edifícios;
- e) armaduras do betão imerso no solo;
- f) canalizações (metálicas) de água (desde que satisfaçam ao indicado na secção 542.2.5 das RTIEBT);
- g) outras estruturas enterradas apropriadas (veja-se 542.2.6 RTIEBT).

Tabela 5. Secção mínima dos condutores de terra em função das suas características

Condutor de terra	Protegido mecanicamente	Não protegido mecanicamente
Protegido contra a corrosão	1)	16 mm ² , se de cobre nu ou aço galvanizado
Não protegido contra a corrosão		25 mm ² , se de cobre 50 mm ² , se de aço galvanizado
1) Aplicam-se as regras definidas para os condutores de proteção		

2.5.1. Eléttodos de terra especialmente concebidos para o efeito

a) Características

Os Eléttodo de Terra (T) são realizados por meio de elementos enterrados no solo, podendo estes serem em aço galvanizado a quente, em aço revestido a cobre perfeitamente aderente, em cobre nu ou em cobre revestido a chumbo.

A Tabela 6 indica os diversos tipos de eléttodos de terra e as respetivas caraterísticas mínimas.

No estabelecimento dos eléttodos de terra devem ser observadas as regras seguintes:

- i. Eléttodos de Terra (T) constituídos por condutores enterrados horizontalmente

Os eléttodos de terra constituídos por condutores enterrados horizontalmente são constituídos por:

- condutores unifilares ou multifilares em cobre ou recobertos por uma bainha de chumbo e de secção $\geq 25 \text{ mm}^2$;
- condutores de alumínio recobertos com uma bainha de chumbo e de secção $\geq 35 \text{ mm}^2$;
- fitas de cobre de secção $\geq 25 \text{ mm}^2$ e uma espessura $\geq 2 \text{ mm}$;
- fitas de aço macio galvanizado com uma secção $\geq 100 \text{ mm}^2$ e uma espessura $\geq 3 \text{ mm}$;
- cabos de aço galvanizado de secção $\geq 100 \text{ mm}^2$

Tabela 6. Tipos de eléttodos de terra e as respetivas caraterísticas mínimas

Tipos de eléttodos		Material constituinte	Superfície de contato com a	Espessura (mm)	Diámetro exterior (mm)	Comprimento (m)	Dimensão transversal (mm)	Secção (mm ²)	Diámetro dos fios constituintes (mm)
Eléttodos Horizontais	Cabos nús	Cobre	1	-	-	-	-	25	1,8
		Aço galvanizado ¹	1	-	-	-	-	100	1,8
	Fitas	Cobre	1	2	-	-	-	25	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	100	-
	Varões	Aço galvanizado ¹	1	-	10	-	-	-	-
Eléttodos Verticais	Chapas	Cobre	1	2	-	-	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	-	-
	Varetas	Cobre	-	-	15	2	-	-	-
		Aço revestido a cobre	-	0,7 ²	15	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	-	15	2	-	-	-
	Tubos	Cobre	-	2	20	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	2,5	25	2	-	-	-
	Perfilados	Aço galvanizado ¹	-	3	-	2	60	-	-

(1) A proteção deve ser garantida por meio de galvanização por imersão a quente com uma espessura mínima de revestimento de $120 \mu\text{m}$.

(2) Espessura de revestimento. Admite-se que este valor seja reduzido desde que os eléttodos sejam executados com tecnologia adequada e sujeitos a aprovação prévia da DGEG.

Na prática, os condutores enterrados horizontalmente são dispostos de duas formas:

- anéis localizados no fundo das valas das fundações dos edifícios, normalmente abrangendo todo o seu perímetro (nesse caso, o valor de L a considerar é o desse perímetro);
- valas horizontais, em que os condutores são enterrados a uma profundidade de cerca de 1 m em valas abertas expressamente para o efeito, as quais não devem ser cheias com calhaus, cinzas ou materiais análogos mas sim com terra suscetível de reter a humidade.

ii. Chapas finas enterradas verticalmente no solo

Na prática, utilizam-se chapas retangulares de 0,5 m x 1 m enterradas por forma a que o bordo superior fique a uma profundidade de cerca de 0,8 m.

A espessura dessas chapas não deve ser inferior a 2 mm, se de cobre, ou a 3 mm, se de aço galvanizado.

iii. Eléktodos verticais (exceto chapas)

Com exceção dos eléctrodos em chapa, os eléctrodos verticais podem ser :

- varetas de cobre ou de aço com um diâmetro mínimo de 15 mm;
(no caso de varetas em aço, estas devem ser cobertas com uma camada protetora aderente de cobre (de espessura adequada) ou serem galvanizadas)
- tubos de aço galvanizado com um diâmetro exterior não inferior a 25 mm;
- perfis de aço macio galvanizado com 60 mm de lado;

b) Instalação

Os eléctrodos de terra devem, sempre que possível, ser enterrados nas partes mais húmidas dos terrenos disponíveis, de preferência em terra vegetal, afastados de depósitos ou de locais de infiltração de produtos que os

possam corroer (fumeiros, estrumeiras, nitreiras, produtos químicos, coque, etc.) e fora das zonas de passagem frequente de pessoas.

O tipo e a profundidade de enterramento devem ser tais que a secagem do terreno e o gelo não provoquem o aumento do valor da resistência de terra para além do valor prescrito.

As chapas, as varetas, os tubos e os perfilados devem, em regra, ficar enterrados verticalmente no solo, a uma profundidade tal que entre a superfície do solo e a parte superior do eléctrodo haja uma distância $\geq 0,80$ m.

A ligação entre o condutor de terra e o eléctrodo de terra deve ser cuidadosamente executada e deve ser eletricamente adequada.

Os eléctrodos de terra devem ser dotados de ligadores robustos, destinados a receber o condutor de terra e ligados ao eléctrodo por um processo que garanta a continuidade e a permanência da ligação.

Esses ligadores devem ser soldados aos eléctrodos de terra por meio de soldadura forte ou de autogéneo ou fixados por rebiteagem ou por meio de aperto mecânico de construções robusta e com dispositivo de segurança contra o desaperto accidental. Pode dispensar-se a existência desses ligadores quando a ligação puder ser feita diretamente do condutor de terra ao eléctrodo de terra por meio de soldadura forte ou de autogéneo.

A ligação entre o condutor de terra e o eléctrodo de terra deve ser feita por forma a que:

- a) seja garantido que a natureza ou o revestimento destes não dê origem a corrosão eletrolítica quando estiverem em contacto metais diferentes (por exemplo, recomenda-se não ligar cobre a alumínio, cobre a zinco ou cobre a ferro);
- b) Sempre que se receie a possibilidade de corrosão eletrolítica, a zona de ligação esteja isolada da humidade por meio de uma forte camada protetora, construída por material impermeável e durável (massa isolante, tinta plástica, etc.);

c) quando a ligação não estiver enterrada, deve ficar em local não diretamente acessível a pessoas comuns.

Quando a junção é conseguida através da adição de um metal ou liga cujo ponto de fusão é inferior a 500°C, a soldadura é feita com “solda fraca” ou “branda”.

Quando a junção é conseguida através da adição de um metal ou liga não ferrosa cujo ponto de fusão é superior a 500°C, mas inferior aos pontos de fusão dos metais a ligar, diz-se que a soldadura é feita com “solda forte”. Neste caso, o metal de adição adere às superfícies do metal base por atração capilar.

Estas soldaduras, forte e fraca, sobretudo a primeira, é também chamada brazagem (do inglês ‘brazing’).

Se a união de peças é feita por fusão e o metal de adição for de composição igual à das peças a unir, designa-se esta soldadura por soldadura autogénea.

Os eléttodos de terra não devem, em caso algum, ser constituídos por uma peça metálica simplesmente mergulhada na água nem devem ser estabelecidos em poças de água ou em rios¹.

Em regra, a melhor solução para os eléttodos de terra, consiste na utilização de anéis colocados na base das fundações dos edifícios, estabelecidos durante a construção destes, que têm como principais vantagens :

- a) não necessitem de trabalhos suplementares de aterro;
- b) serem estabelecidos a uma profundidade que, em regra, permite salvaguardar as situações resultantes das variações climáticas sazonais;
- c) garantir um bom contacto com o solo;

d) utilizar, ao máximo, a área dos edifícios e reduzir, ao mínimo, o valor da resistência de terra que pode ser obtida com essa área;

e) poderem ser usados desde o início da construção como eléttodo de terra para as instalações do estaleiro.

2.5.2. Eléttodos de terra de facto

Os eléttodos de terra de facto podem ser:

- i. Tubos e condutas, metálicos, privados

Os tubos e as condutas privados metálicos e enterrados (que não sejam afetos às redes de alimentação dos edifícios, como por exemplo, os de água, os de aquecimento, os de esgotos, etc.) podem ser utilizados como eléttodos de terra de facto, desde que a sua continuidade elétrica seja garantida.

Estes eléttodos devem ser ligados em paralelo com o eléttodo de terra da instalação.

- ii. Pilares metálicos enterrados

Os pilares metálicos interligados por estruturas metálicas e enterrados a uma certa profundidade no solo podem ser utilizados como eléttodos de terra.

Bibliografia

- [1] Portaria N.º 949-A/2006, de 11 de setembro: Aprova e publica as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

¹ Esta proibição justifica-se não apenas pela medíocre condutibilidade da água mas principalmente pelo risco de secagem e pelo perigo a que poderiam ficar sujeitas as pessoas que entrassem em contacto com a água no momento em que se produzisse um defeito).

CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO EM SISTEMAS TRIFÁSICOS

Cálculo de correntes de acordo com a norma CEI 60909

1. Introdução

Entre as tarefas mais importantes aquando do planeamento e operação de sistemas de energia está o cálculo de curto-circuitos. Os curtos-circuitos podem ser minimizados através do correto planeamento, projeto, manutenção e operação dos sistemas de energia não podendo, contudo, ser totalmente evitados. Entre os efeitos dos curto-circuitos destacam-se as interrupções de serviço, a destruição de componentes do sistema e o desenvolvimento de stress mecânico e térmico inaceitáveis nos equipamentos elétricos em operação. O presente artigo visa apresentar uma visão geral sobre os procedimentos do cálculo da corrente de curto-circuito de acordo com a norma CEI 60909. Esta parte da norma CEI 60909 debruça-se sobre o cálculo de correntes de curto-circuito no caso de curto-circuitos equilibrados e desequilibrados. Defeitos monofásicos com contato à terra são alvo de estudo na norma CEI 60909-3.

2. Definições

- **Curto-circuito:** A norma CEI 60909 define um curto-circuito como sendo uma ligação condutível acidental ou intencional através de uma resistência ou impedância relativamente baixa entre dois ou mais pontos de um circuito que estão normalmente a potenciais diferentes. Da corrente de curto-circuito resultante torna-se necessário diferenciar entre a corrente de curto-circuito no ponto de defeito e as correntes nos ramos da rede resultante do curto-circuito.
- **Causas:**
 - Aumento da temperatura devido a correntes elétricas elevadas, ou seja, devido a sobreintensidades;
 - Descargas disruptivas devido a sobretensões;
 - Arcos elétricos devido à humidade juntamente com o ar impuro, especialmente em isoladores.
- **Efeitos:**
 - Interrupção do fornecimento de energia;
 - Destruição de componentes do sistema;
 - Desenvolvimento de tensões mecânicas e térmicas inaceitáveis nos equipamentos elétricos em operação.
- **Corrente inicial simétrica de curto-circuito (I''_k):** Valor eficaz da corrente de curto-circuito inicial simétrica.
 - Valor de pico da corrente de curto-circuito (I_p): Valor máximo instantâneo da corrente de curto-circuito.
 - Corrente de corte simétrica de curto-circuito (I_b): Valor eficaz da componente alternada da corrente de curto-circuito simétrica no instante da separação dos contatos do disjuntor.
- **Corrente permanente de curto-circuito (I_k):** Valor eficaz da corrente de curto-circuito que permanece após a anulação da componente transitória.
 - Corrente de curto-circuito térmica equivalente (I_{th}): Valor eficaz de uma corrente com o mesmo efeito térmico e a mesma duração que a corrente de curto-circuito atual, que pode conter uma componente contínua que diminui com o tempo.
- **Fonte de tensão equivalente:** Tensão no ponto do curto-circuito, que é transferida para o sistema de sequência-positiva, ou sistema simétrico, como a única tensão efetiva e que é usada para o cálculo das correntes de curto-circuito.
- **Fator de tensão:** Rácio entre a tensão da fonte equivalente e a tensão da rede, Un , dividida por $\sqrt{3}$.
 - Circuito elétrico equivalente: Modelo usado para a descrição da rede por um circuito equivalente.
- **Curto-circuito "longe" dos geradores:** Curto-circuito durante o qual a magnitude da componente simétrica AC da corrente de curto-circuito permanece constante.

- **Curto-circuito “perto” dos geradores:** Curto-circuito durante o qual a corrente de curto-circuito AC diminui com o tempo.

3. Métodos de cálculo

A medição ou o cálculo da corrente de curto-circuito em redes de BT é muito simples. Em redes emalhadadas e extensas, o cálculo é mais difícil devido às várias correntes de curto-circuito parciais devido ao retorno pela terra. As correntes de curto-circuito em sistemas trifásicos podem ser determinadas recorrendo a três procedimentos de cálculo diferentes:

- método da sobreposição para um fluxo de carga definido;
- fonte de tensão equivalente $\frac{cU_n}{\sqrt{3}}$ no ponto de curto-circuito;
- Cálculo de transitórios.

Para o cálculo a corrente de curto-circuito inicial simétrica em sistemas trifásicos existem essencialmente dois métodos: o método de sobreposição que é um método exato e o método padronizado na norma CEI 60909 designado por método de fonte de tensão equivalente no local do defeito. Supõe-se que há sempre um curto-circuito perfeito em ambos os métodos de cálculo (por exemplo, não ocorre nenhum arco elétrico ou existem resistências de contato).

De acordo com a CEI 60909, o método de cálculo de curto-circuito padronizado, ou seja, o método da fonte equivalente no ponto do curto-circuito, é um método muito simples, que tem a vantagem de necessitar de um número reduzido de dados e parâmetros dos equipamentos para obter resultados suficientemente precisos.

Este método calcula as correntes máximas e mínimas de curto-circuito, independentemente da condição de fluxo de carga com base em fatores de correção padronizados para geradores e transformadores. Por outro lado, o método de sobreposição requer dados completos do sistema.

- Método de fonte equivalente no ponto de curto-circuito

Este método baseia-se na introdução de uma fonte de tensão equivalente no local do curto-circuito. A fonte de tensão equivalente é a única tensão ativa do sistema. Todos os equivalentes de rede, máquinas síncronas e assíncronas são substituídas pelas suas impedâncias internas.

Neste método, os dados operacionais e a carga dos consumidores, a posição dos comutadores dos transformadores, a excitação dos geradores, etc., são dispensáveis e os cálculos adicionais sobre todos os diferentes fluxos de carga possíveis no momento do curto-circuito são supérfluos.

Na Figura 1 é representado o diagrama de uma rede com a indicação do local de defeito F. A representação da fonte de tensão equivalente no local do curto-circuito F como a única tensão ativa do sistema alimentado por um transformador com ou sem comutador em carga é apresentada na Figura 2. Todas as outras tensões ativas no sistema estão em curto-circuito. Assim, o equivalente de rede é representado por sua impedância interna, Z_{Qt} , transferida para o lado de baixa tensão (BT) do transformador e o transformador pela sua impedância referida ao lado de BT. As admitâncias de derivação da linha, do transformador e das cargas não girantes não são consideradas. As impedâncias de equivalente de rede e do transformador são convertidas para o lado BT.

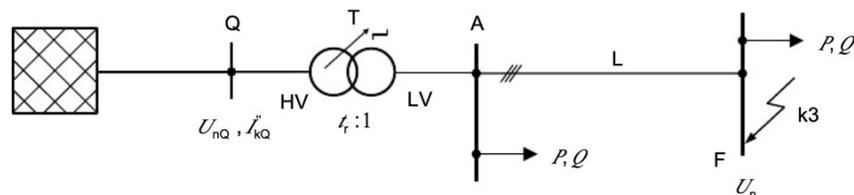
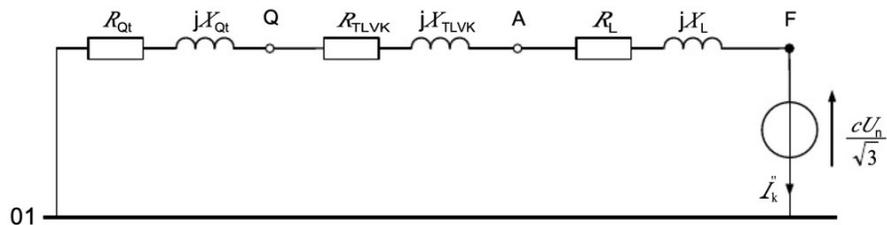


Figura 1 – Diagrama do sistema [1]

Figura 1 – Diagrama do sistema [1]¹

Em geral, são consideradas dois tipos de correntes de curto-circuito, que diferem em magnitude:

- **Corrente de curto-circuito máxima (I_{max}):** Valor eficaz da corrente de curto-circuito usada para avaliar o poder corte do disjuntor e para determinar a corrente de pico. É determinada recorrendo ao fator de correção de tensão, c_{max} .
- **Corrente de curto-circuito mínima (I_{min}):** Valor eficaz da corrente de curto-circuito usada como base para as configurações dos relés de proteção e escolha de fusíveis.

É determinada recorrendo ao fator de correção de tensão, c_{min} . A norma CEI 60909 recomenda a aplicação de “Fatores de tensão”, c_{max} e c_{min} , à tensão nominal pré-defeito do sistema, de forma a levar em consideração as condições de pré-defeito do sistema.

Na Tabela 1 são indicados os fatores de tensão para diferentes tensões nominais do sistema.

Tabela 1 – Fatores de tensão [1]

Tensão nominal do sistema U_n	Fator de tensão c para o cálculo de	
	correntes de curto-circuito máximas	correntes de curto-circuito mínimas
	c_{max}^a	c_{min}
Baixa tensão: 100 V a 1000 V (IEC 60038:2009, Tabela 1)	1,05 ^c 1,10 ^d	0,95 ^c 0,90 ^d
Média tensão ^b : >1 kV a 230 kV (IEC 60038:2009, Tabelas 3, 4)	1,10	1,00
Alta tensão ^{b, e} : >230 kV (IEC 60038:2009, Tabela 5)	1,10	1,00

^a $c_{max}U_n$ não deve exceder a tensão mais elevada U_m para equipamentos dos sistema de energia.

^b Deve ser aplicada $c_{max}U_n=U_m$ ou $c_{max}U_n=0,90 U_m$ se a tensão nominal do sistema não é definida.

^c Para sistemas de baixa tensão com tolerância $\pm 6\%$, sistemas renomeados de 380V para 400V.

^d Para sistemas de baixa tensão com tolerância $\pm 10\%$.

^e Os fatores de tensão c não são definidos na norma CEI 60909 para sistemas com tensão nominal cuja $U_m > 420$ kV.

³ O índice (1) para as impedâncias do sistema de sequência positiva é omitido. 01 marca a referência neutra de sequência positiva. As impedâncias do equivalente de rede e do transformador são convertidas para o lado de BT sendo este último corrigido com o fator KT [1].

4 Comportamento da corrente de curto-circuito ao longo do tempo

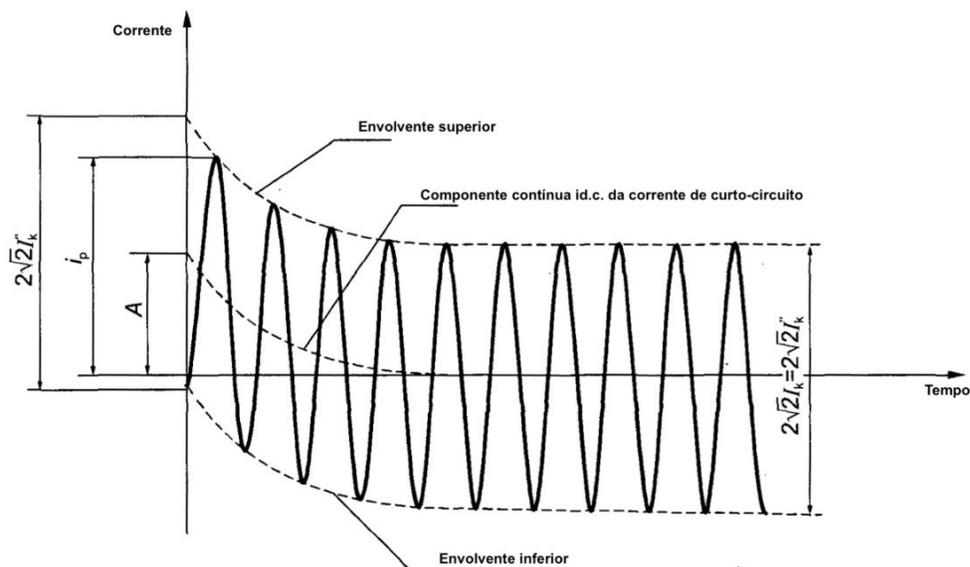
A norma CEI 60909 distingue duas situações:

- Curto-circuitos “longe” dos geradores;
- Curto-circuitos “perto” dos geradores.

De acordo com a norma CEI 60909, um curto-circuito é considerado “longe” dos geradores quando nenhuma

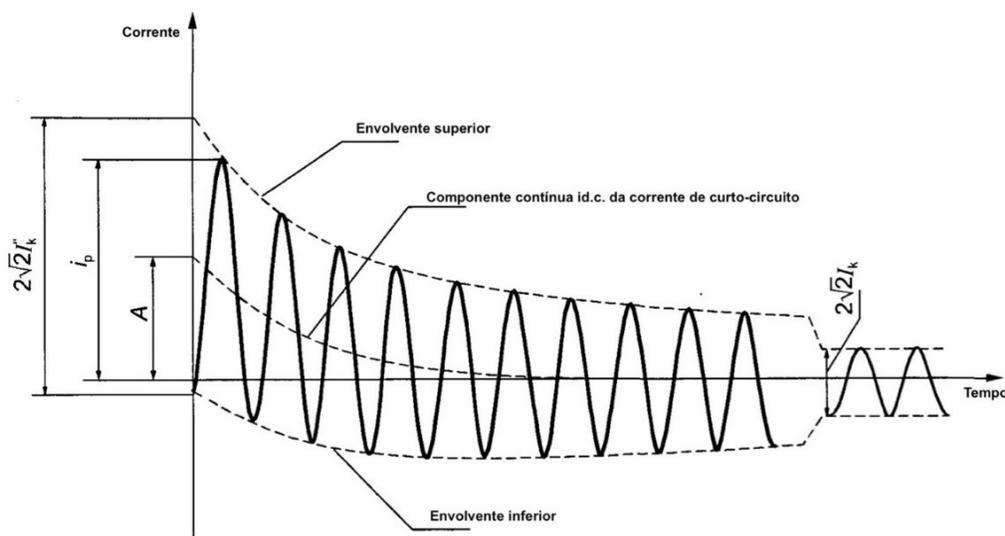
máquina síncrona contribui com uma corrente que excede o dobro da sua corrente nominal (I_{rG}), $I''_k / I_{rG} < 2$, ou quando $I''_k = I_b = I_k$.

Um curto-circuito é considerado “perto” dos geradores quando o valor eficaz da corrente inicial simétrica de curto-circuito excede o dobro da corrente nominal em pelo menos uma máquina síncrona ou assíncrona no momento em que ocorre o curto-circuito, $I''_k / I_{rG} > 2$, ou quando $I''_k > I_b > I_k$.



I''_k = Corrente inicial simétrica de curto-circuito
 I_p = Valor de pico da corrente de curto-circuito
 I_k = Corrente permanente de curto-circuito
 id.c. = componente contínua da corrente de curto-circuito
 A = Valor inicial da componente contínua id.c.

Figura 3 - Evolução da corrente de curto-circuito para um curto-circuito “longe” dos geradores com componente A.C. constante [1]



I''_k = Corrente inicial simétrica de curto-circuito
 I_p = Valor de pico da corrente de curto-circuito
 I_k = Corrente permanente de curto-circuito
 id.c. = componente contínua da corrente de curto-circuito
 A = Valor inicial da componente contínua id.c.

Figura 4 - Evolução da corrente de curto-circuito para um curto-circuito “perto” dos geradores com decaimento da componente A.C. [1]

4.1 Curto-circuito “longe” dos geradores

Num curto-circuito “longe” dos geradores o valor eficaz da corrente de curto-circuito inicial simétrica mantém-se constante.

A contribuição de cada fonte individual com impedância Z_n para percursos de corrente “não emalhados” ou impedância equivalente complexa para um percurso de corrente “emalhado”, a corrente de curto-circuito inicial é calculada usando (1).

$$I''_{kn} = \frac{cV_n}{\sqrt{3}Z_n} \quad (1)$$

A corrente de curto-circuito inicial (I''_{kt}) total é a soma da contribuição de fontes individuais e é dada por (2).

$$I''_{kt} = I''_{k1} + I''_{k2} + \dots + I''_{kn} \quad (2)$$

A norma CEI 60909 define o valor de pico da corrente de curto-circuito como o valor instantâneo máximo da corrente de curto-circuito. A corrente de pico da corrente de curto-circuito (I_p) é calculada pela introdução de um fator de crista, χ , à corrente de curto-circuito inicial, I''_k , e é determinado recorrendo a (3).

$$I_p = \kappa\sqrt{2}I''_k \quad (3)$$

A determinação do fator de crista depende se a corrente de defeito vem de percursos “não emalhados” ou “emalhados” (ver 4.1.1 e 4.1.2).

O valor de pico total da corrente de curto-circuito (I_{pt}) é dada pela soma da contribuição de fontes individuais e calculada de acordo com (4).

$$I_{pt} = I_{p1} + I_{p2} + \dots + I_{pn} \quad (4)$$

O cálculo da corrente de corte simétrica de curto-circuito (I_b) “longe” dos geradores é bastante simples, uma vez que não ocorre nenhum decréscimo da componente alternada. Com isso, a corrente de corte é igual à corrente inicial simétrica de curto-circuito (I''_k) tal como indicado em (5).

$$I_b = I''_k \quad (5)$$

A corrente total de corte simétrica de curto-circuito (I_b) é dada pela soma da contribuição das fontes individuais e determinada de acordo com (6).

$$I_{bt} = I_{b1} + I_{b2} + \dots + I_{bn} \quad (6)$$

Para curto-circuitos “longe” dos geradores a corrente de curto circuito inicial simétrica permanece a mesma durante a duração do defeito. Assim, a corrente de curto-circuito em regime permanente é igual à corrente de curto-circuito inicial simétrica (7).

$$I_k = I''_k \quad (7)$$

A corrente total de curto-circuito em regime permanente é igual à soma das correntes permanente de curto-circuito relativa a cada uma das fontes que alimentam o curto-circuito e determinada de acordo com (8).

$$I_{kt} = I_{k1} + I_{k2} + \dots + I_{kn} \quad (8)$$

A análise de curto-circuitos “longe” dos geradores de acordo com a norma CEI 60909 é muito simples e direta devido à ausência da diminuição da corrente de curto circuito inicial simétrica. No entanto, para defeitos “perto” dos geradores, a diminuição da corrente de curto circuito inicial simétrica torna-se significativa.

4.1.1 Percursos de corrente “não emalhados”

Cada contribuição para a corrente de curto-circuito das fontes que alimentam o curto-circuito, o fator de pico é calculado de acordo com (9).

$$\chi = 1.02 + 0.98e^{-3\frac{R}{X}} \approx 1 + e^{-\frac{10}{T_g}} \quad (9)$$

De (9) verifica-se que o fator de crista depende do quociente X/R da impedância entre a fonte e o defeito com:

- T_g em milissegundos;
- $T_g = X/(\omega R)$ (em segundos).

4.1.2 Percursos de corrente “emalhados”

Tal como acontece com os percursos de corrente “não emalhados”, o cálculo do fator de crista que envolve percursos de corrente “emalhados” é muito semelhante, exceto na escolha do rácio R/X . A norma CEI 60909 sugere três métodos para determinar o fator de crista envolvendo percursos de corrente “emalhados”, nomeadamente:

Método 1 ($\kappa = \kappa_a$): κ é determinado a partir da menor razão R/X de todos os ramos da rede. Em redes de baixa tensão considera-se $\kappa \leq 1,8$.

Método 2 ($\kappa = 1.15\kappa_b$): É determinado do rácio R/X obtido da impedância complexa no local do curto-circuito. Neste método é utilizado um fator de segurança de 1,15 para levar em consideração os diferentes rácios R/X em ramos paralelos. Assim, o fator de crista é calculado recorrendo a (10).

$$\kappa_b = 1.15\kappa \quad (10)$$

É importante notar que o fator de crista envolvendo percursos de corrente “emalhados” é limitado a 1,8 para redes de baixa tensão e 2,0 para redes de média e alta tensão.

Método 3 ($\kappa = \kappa_c$): κ é calculado através de um equivalente de frequência sendo κ determinado recorrendo ao rácio R/X calculado de acordo com a equação (11).

$$\frac{R}{X} = \frac{R_c}{X_c} \cdot \frac{f_c}{f} \quad \frac{X}{R} = \frac{X_c}{R_c} \cdot \frac{f}{f_c} \quad (11)$$

Em (11) X_c , R_c são determinados para a frequência f_c igual a 20Hz num sistema a 50Hz ou para a frequência f_c igual a 24Hz para um sistema a 60Hz.

4.2 Curto-circuito “perto” dos geradores

Os curto-circuitos “perto” dos geradores considera o decréscimo da componente alternada da corrente de

curto-circuito inicial simétrica no cálculo subsequente das correntes de curto-circuito. Isso significa que as correntes de curto-circuito em regime permanente para os geradores “perto” do curto-circuito têm uma magnitude menor do que as correntes iniciais simétricas de curto-circuito. As correntes de corte são, por sua vez, menores em magnitude do que as correntes iniciais de curto-circuito.

O cálculo das correntes de curto-circuito inicial e de pico para curtos-circuitos “perto” dos geradores é igual ao realizado para curtos-circuitos “longe” dos geradores. Na determinação das correntes de corte de curto-circuito e em regime permanente para curtos-circuitos “perto” dos geradores, são necessárias etapas adicionais ao contrário do que sucede com os curtos-circuitos “longe” dos geradores onde as correntes de curto-circuito inicial, de corte e de regime permanente são iguais ($I''_k = I_b = I_k$). É importante determinar quais geradores estão “longe” ou “perto” do defeito, de modo que as etapas adicionais no cálculo das correntes de corte e de regime permanente sejam ajustadas para curto-circuitos “perto” dos geradores.

No cálculo da corrente de corte simétrica de curto-circuito para curto-circuitos “perto” dos geradores, o decréscimo de componente alternada é contabilizado pela introdução de um fator μ e determinada por (12):

$$I_{bG} = \mu I''_{kG} \quad (12)$$

A corrente de corte depende do tempo de separação dos contatos do dispositivo de proteção ou da temporização mínima t_{min} nos termos da norma CEI 60909 e que é representado pelo fator μ . O fator μ também depende da relação entre a corrente de curto-circuito inicial do gerador e a sua corrente nominal, I''_{kG}/I_{rG} . As equações representadas em (13) definem o fator μ para um determinado tempo mínimo de atraso. Para outros valores de tempo de atraso, é aceitável a interpolação linear.

As equações acima descritas em (13) aplicam-se a turbo geradores, geradores de pólos salientes e compensadores

síncronos excitados por conversores rotativos ou estáticos (desde que, para excitadores estáticos, o atraso de tempo mínimo seja inferior a 0,25s e a tensão de excitação máxima seja inferior a 1,6 vezes a excitação à carga nominal). Para todos os outros casos, $\mu = 1$.

$$\begin{aligned} \mu &= 0.84 + 0.26e^{-0.26I''_{kG}/I_{rG}} \quad \text{for } t_{min} = 0.02s \\ \mu &= 0.71 + 0.51e^{-0.30I''_{kG}/I_{rG}} \quad \text{for } t_{min} = 0.05s \\ \mu &= 0.62 + 0.72e^{-0.32I''_{kG}/I_{rG}} \quad \text{for } t_{min} = 0.10s \\ \mu &= 0.56 + 0.94e^{-0.38I''_{kG}/I_{rG}} \quad \text{for } t_{min} \geq 0.25s \end{aligned} \quad (13)$$

É importante notar também que o pré-requisito para a identificação os curto-circuitos como “longe” dos geradores ou “perto” dos geradores é preservado no fator μ se o rácio I''_{kG}/I_{rG} for inferior a 2 sendo μ igual a 1 (Figura 5). Isso definirá a corrente de corte igual à corrente de curto-circuito inicial simétrica, uma característica do curto-circuito “longe” dos geradores.

Para curtos-circuitos envolvendo percursos de corrente “emalhados”, determinar μ a partir de uma única razão equivalente I''_{kG}/I_{rG} não é aplicável. Neste caso, é permitido ajustar a corrente de corte simétrica de curto-circuito igual à

corrente inicial de curto-circuito. Isso afetará a precisão, embora seja mais conservador.

A contribuição da corrente de corte simétrica de curto-circuito de motores assíncronos, dada por (14), é quantificada pela introdução de um fator adicional q substituindo a relação I''_{kG}/I_{rG} por I''_{kM}/I_{rM} . O fator q leva em consideração a queda rápida da corrente de curto-circuito do motor devido à ausência de um campo de excitação. O fator q está limitado a 1 e é calculado de acordo com (15).

$$I_{bM} = \mu q I''_{kM} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} q &= 1.03 + 0.12 \ln \frac{P_{rM}}{p} \quad \text{for } t_{min} = 0.02s \\ q &= 0.79 + 0.12 \ln \frac{P_{rM}}{p} \quad \text{for } t_{min} = 0.05s \\ q &= 0.57 + 0.12 \ln \frac{P_{rM}}{p} \quad \text{for } t_{min} = 0.10s \\ q &= 0.26 + 0.10 \ln \frac{P_{rM}}{p} \quad \text{for } t_{min} \geq 0.25s \end{aligned} \quad (15)$$

Onde,

- P_{rM} é a potência ativa nominal em MW
- p é o número de pares de pólos do motor

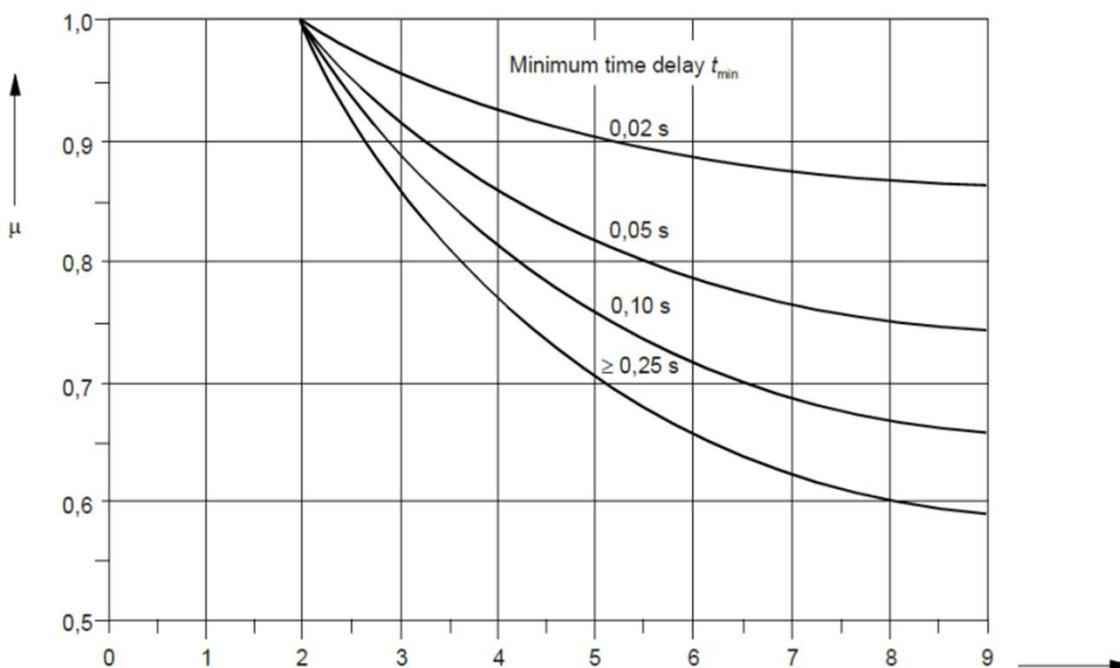


Figura 5 - Fator multiplicativo μ [1] Three-phase short circuit I''_{kG}/I_{rG} or I''_{kM}/I_{rM}

Na Figura 6 é são representadas graficamente as equações apresentadas em (15) em função da razão P_{rM}/p .

A corrente de corte simétrica de curto-circuito total é igual à soma da contribuição das fontes individuais que alimentam o curto-circuito e é dada por (16).

$$I_{bt} = I_{b1} + I_{b2} + \dots + I_{bn} = \mu I_{kG}'' + \mu I_{kPSU}'' + \dots + \mu q I_{kM}'' \quad (16)$$

A corrente de curto-circuito em regime permanente (I_k) para curtos-circuitos “próximos” dos geradores é normalmente menor em magnitude do que a corrente de corte simétrica de curto-circuito e está dependente do sistema de excitação, da ação do regulador de tensão e da influência da saturação. As máquinas síncronas com excitadores estáticos alimentados diretamente dos seus terminais não contribuem em regime permanente para curtos-circuitos nos seus terminais. Isso ocorre porque a tensão de campo (tensão de excitação) colapsa com a tensão aos seus terminais durante o defeito. Apenas contribuem para o curto-circuito em regime permanente se houver uma impedância entre seus terminais e a localização do defeito, por exemplo, defeitos

no lado de alta tensão do transformador no caso de subestações.

O cálculo da corrente de curto-circuito em regime permanente (I_k) é bastante simples, pois depende apenas da corrente nominal do gerador e da tensão de excitação. No entanto, os procedimentos apresentados são precisos apenas para o caso de um gerador ou unidade de produção que fornece o defeito. Os valores máximos e mínimos são calculados a fim de fornecer o intervalo da contribuição do curto-circuito em regime permanente. A corrente mínima de curto-circuito em regime permanente é calculada com base numa tensão de excitação constante e não regulada usando a equação (17).

$$I_{kmin} = \lambda_{min} I_{rG} \quad (17)$$

A corrente máxima de curto-circuito em regime permanente (I_{kmax}) é calculada com base na tensão de excitação máxima usando a equação (18).

$$I_{kmax} = \lambda_{max} I_{rG} \quad (18)$$

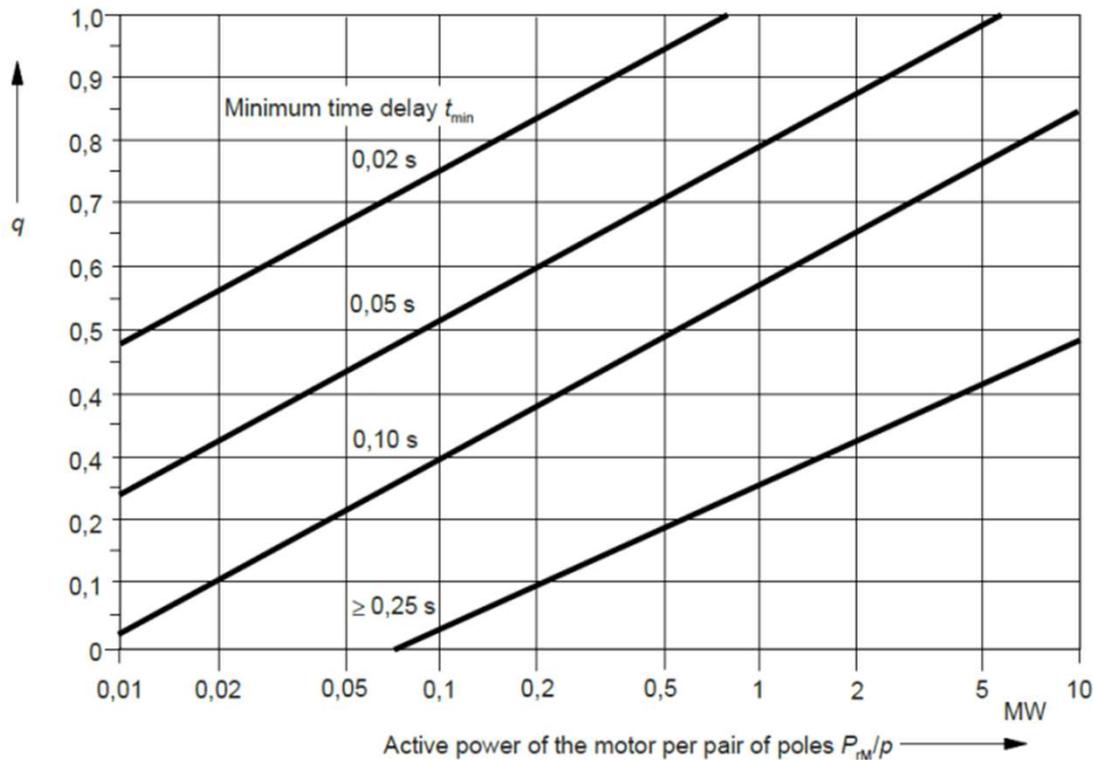


Figura 6 - Fator multiplicativo q [1]

O fator de multiplicação λ_{\max} depende se é um turbogerador ou de pólos saliente e do rácio entre a tensão de excitação máxima e a tensão de excitação em condições normais de carga (série 1 ou 2).

O fator de multiplicação λ_{\max} da série 1 é baseado na maior tensão de excitação possível, ou seja, 1,3 vezes a tensão de excitação nominal à potência aparente e fator de potência nominal para turbogeradores ou 1,6 vezes a tensão de nominal de excitação à potência aparente e fator de potência nominal para geradores de pólos salientes (Figura 7 e Figura 9).

O fator de multiplicação λ_{\max} da série 2 é baseado na tensão de excitação mais alta possível, que é 1,6 vezes a tensão de excitação nominal à potência aparente e fator de potência nominal para turbogeradores ou 2,0 vezes a tensão de excitação nominal à potência aparente e fator de potência nominal para geradores de pólos salientes (Figura 8 e Figura 10).

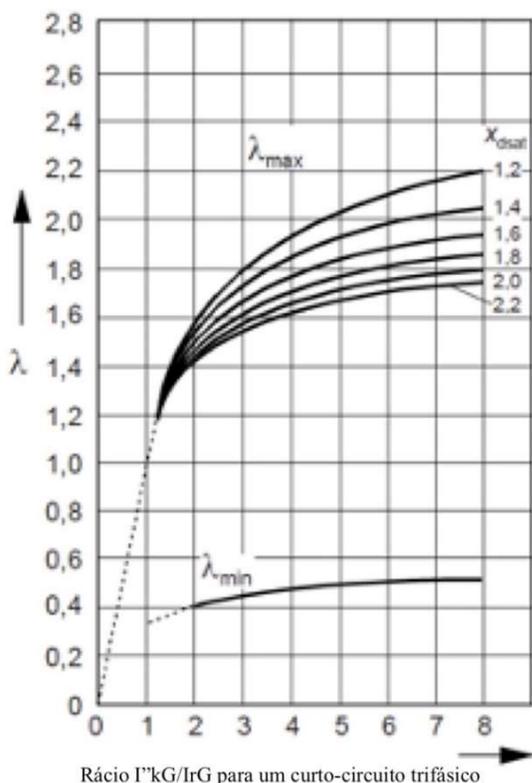


Figura 7 - Fator de multiplicação λ da série 1 para turbogeradores [1]

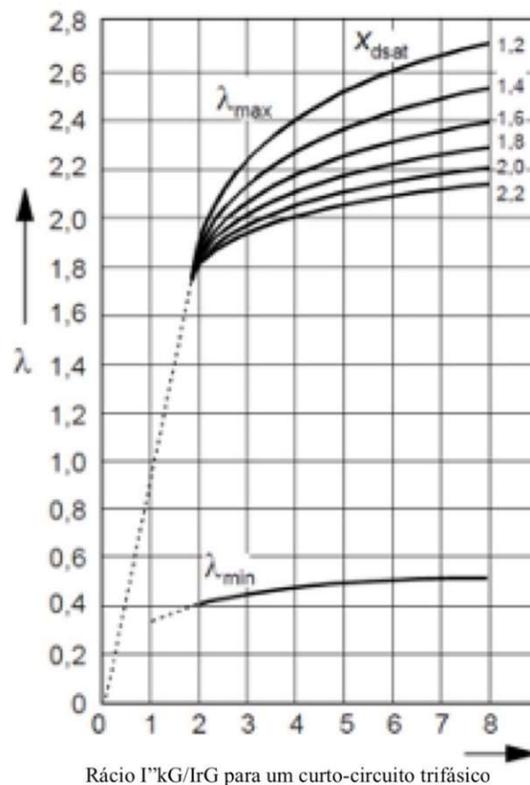


Figura 8 - Fator de multiplicação λ da série 2 para turbogeradores [1]

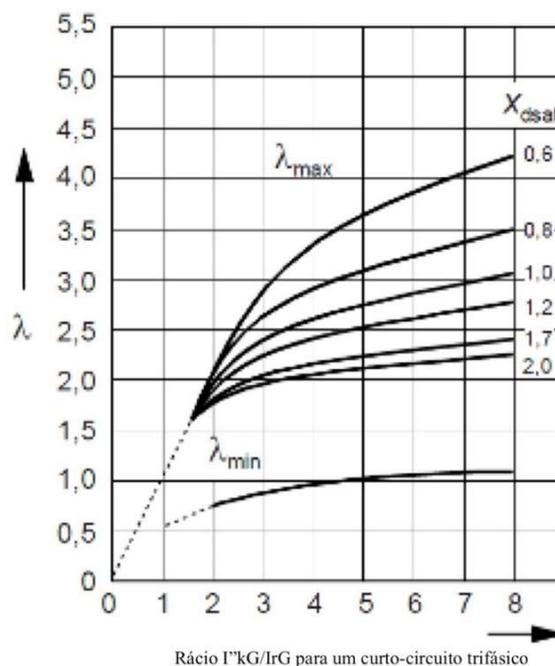
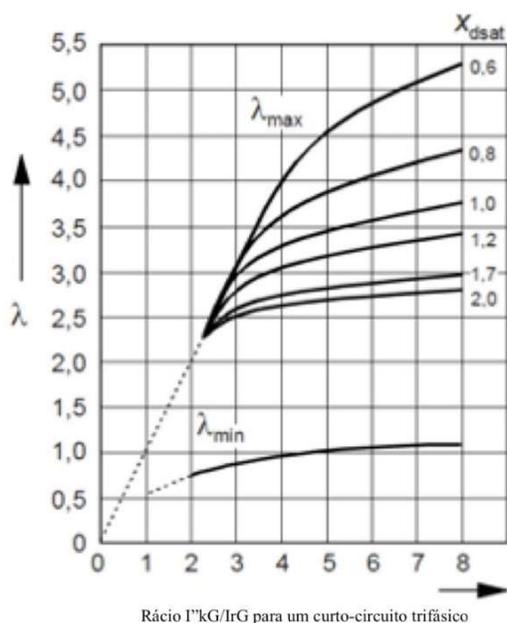


Figura 9 - Fator de multiplicação λ da série 1 para pólos salientes [1]



5 Cálculo da corrente de curto-circuito térmica equivalente

A corrente de curto-circuito térmica equivalente I_{th} pode ser determinada através de (19).

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n} \quad (19)$$

Onde,

- m é o fator que representa o efeito térmico da componente contínua;
- n é o fator que representa o efeito térmico da componente alternada.

O fator m pode ser obtido da Figura 11 e o fator n da Figura 12.

Figura 10 - Fator de multiplicação λ da série 2 para pólos salientes [1]

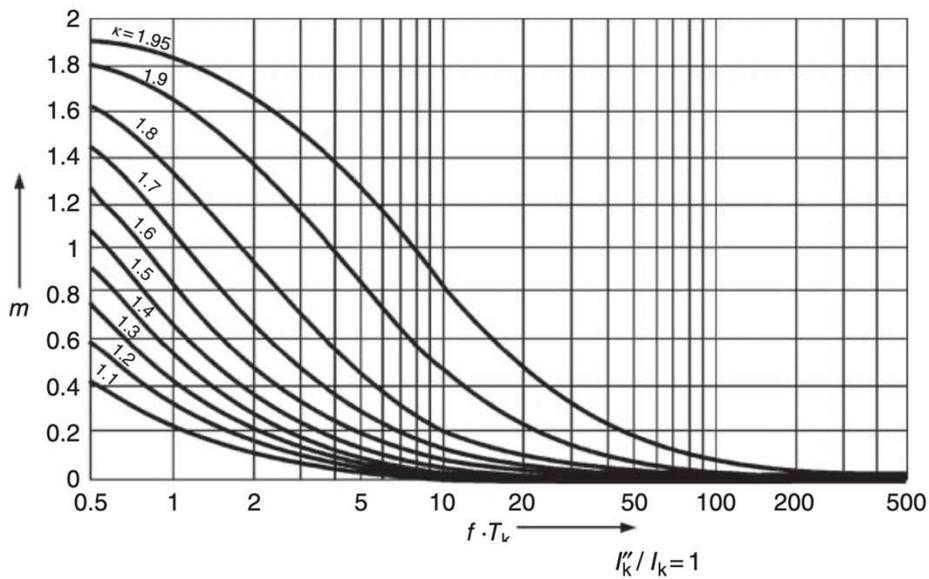


Figura 11 - Fator m [1]

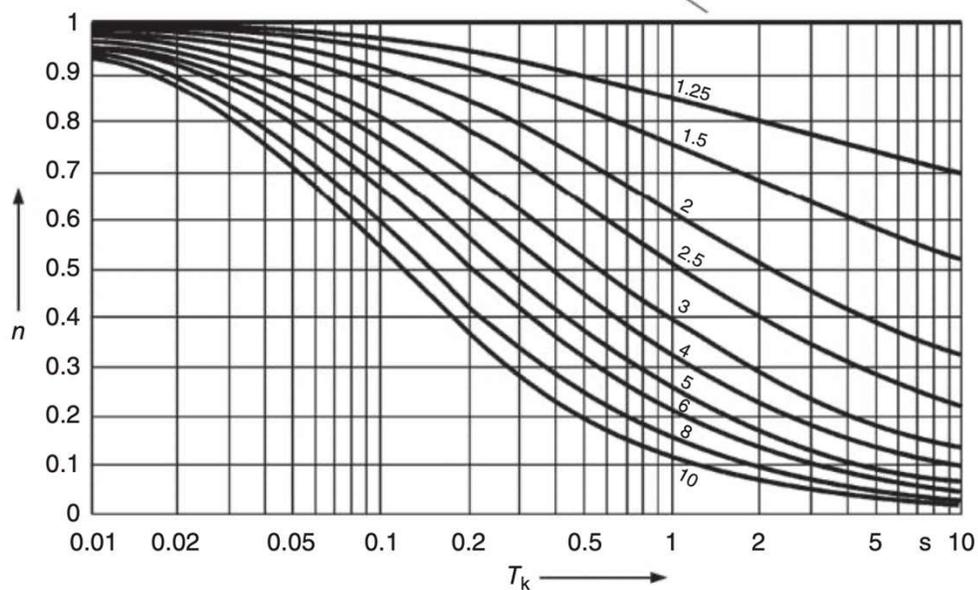


Figura 12 - Fator n [1]

O fator de crista χ pode ser obtido em função do quociente R/X através da fórmula (9) ou através da Figura 13. Contudo, o cálculo deste mesmo fator deve levar em consideração os métodos apresentados no Ponto 4.1.2..

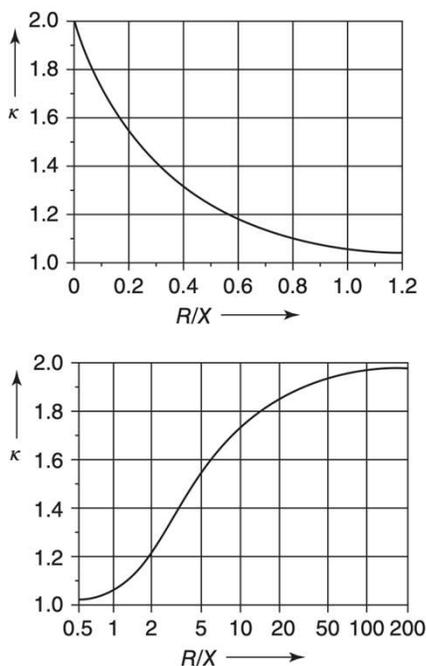


Figura 13 - Fator χ [1]

6 Cálculo da corrente máxima de curto-circuito

Para o cálculo das correntes máximas de curto-circuito, é necessário introduzir as seguintes condições:

- o fator de tensão c_{\max} , de acordo com a Tabela 1, deve ser aplicado para o cálculo das correntes máximas de curto-circuito na ausência de uma norma nacional;
- escolher a configuração do sistema e a contribuição máxima dos geradores e equivalentes de rede que conduzam ao valor máximo da corrente de curto-circuito no local do curto-circuito;
- quando impedâncias equivalentes Z_Q são usadas para representar redes externas, a impedância equivalente mínima de curto-circuito deve ser usada, que corresponde à contribuição máxima de corrente de curto-circuito dos equivalentes de rede;
- os motores devem ser incluídos, se apropriado;
- a resistência R_L das linhas (linhas aéreas e cabos) deve ser introduzida a uma temperatura de 20°C.

7 Cálculo da corrente mínima de curto-circuito

No cálculo das correntes mínimas de curto-circuito é necessário introduzir as seguintes condições:

- o fator de tensão c_{\min} , para o cálculo das correntes mínimas de curto-circuito, deve ser aplicado conforme a Tabela 1;
- escolher a configuração do sistema e a contribuição mínima de centrais elétricas e equivalentes de rede que conduzam a um valor mínimo de corrente de curto-circuito no local do defeito;
- motores devem ser despezados;
- resistências R_L de linhas (linhas aéreas e cabos, condutores de linha e condutores neutros) devem ser introduzidas numa temperatura mais elevada determinada através de (20).

$$R_L = [1 + \alpha(\theta_e - 20^\circ\text{C})] \cdot R_{L20} \quad (20)$$

Onde,

- R_{L20} é a resistência à temperatura de 20°C;
- θ_e é a temperatura do condutor em graus Celsius no final da duração do curto-circuito (consultar CEI 60865-1, CEI 60949 e CEI 60986);
- α é um fator igual a 0,004/K válido com suficiente precisão para o cobre, alumínio e liga de alumínio.

8 Cálculo da impedância de curto-circuito

Neste capítulo são apresentadas as técnicas de cálculo de impedância de curto-circuito baseadas na norma CEI 60909 com fatores de correção para geradores síncronos, unidades de produção (rede) e transformadores.

Determinar os percursos de corrente “não emalhados” ou “emalhados” e a proximidade do defeito, “longe” dos geradores ou “perto” dos geradores são pré-requisitos no cálculo das correntes de curto-circuito na norma CEI 60909. Contudo, antes disso, é necessária a determinação das impedâncias dos equipamentos elétricos.

8.1 Equivalentes de rede

Os equivalentes de rede são geralmente representados pela potência de curto-circuito inicial simétrica, S''_{kQ} ou pela corrente de curto-circuito inicial simétrica, I''_{kQ} . Com a tensão nominal no ponto Q (U_{nQ} mostrado na Figura 14), a impedância pode ser calculada recorrendo a (21).

$$Z_Q = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3}I''_{kQ}} = \frac{cU_{nQ}^2}{\sqrt{3}S''_{kQ}} \quad (21)$$

Se a relação R_Q / X_Q de curto-circuito estiver disponível, a reatância X_Q pode ser calculada usando (22).

$$X_Q = \frac{Z_Q}{\sqrt{1 + (R_Q/X_Q)^2}} \quad (22)$$

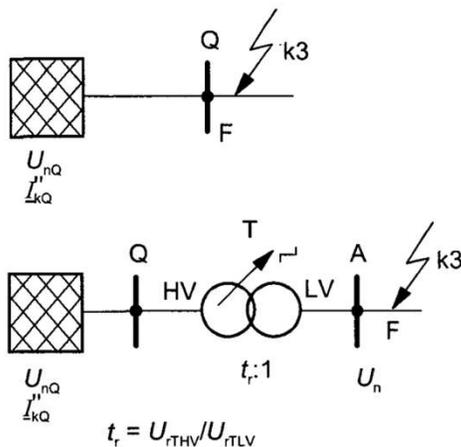


Figura 14 – Equivalente de rede [1]

Se nenhuma informação de relação R_Q / X_Q de curto-circuito estiver disponível, a resistência R_Q e a reatância X_Q podem ser aproximadas usando a seguinte relação apresentada em (23) e (24).

$$X_Q = 0.995Z_Q \quad (23)$$

$$R_Q = 0.1X_Q \quad (24)$$

Para redes com tensão nominal superior a 35kV, definir a impedância igual à reatância geralmente é suficiente

podendo a impedância equivalente ser dada por (25).

$$Z_Q = 0 + jX_Q \quad (25)$$

Também é possível usar as técnicas acima descritas nos casos em que o curto-circuito é alimentado através de um transformador, introduzindo a relação de transformação a impedância equivalente é dada por (26).

$$Z_Q = \left(\frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3}I''_{kQ}} \right) \left(\frac{1}{t_r^2} \right) \quad (26)$$

8.2 Geradores síncronos

A reatância do gerador pode ser determinada de x''_d usando (27).

$$X_d'' = \left(\frac{x''_d}{100} \right) \left(\frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} \right) \quad (27)$$

De acordo com a norma CEI 60909 para determinar R_G , as seguintes aproximações são bastante precisas [1].

- $R_G = 0,05X''_d$, quando $U_{rG} \geq 1\text{kV}$ e $S_{rG} \geq 100\text{MVA}$
- $R_G = 0,07X''_d$, quando $U_{rG} \geq 1\text{kV}$ e $S_{rG} \leq 100\text{MVA}$
- $R_G = 0,15X''_d$, quando $U_{rG} < 1\text{kV}$

A impedância subtransitória do gerador pode ser calculada recorrendo a (28).

$$Z_G = R_G + jX_d'' \quad (28)$$

Os fatores de correção da tensão apresentados na discussão introdutória sobre a norma CEI 60909 tinham como objetivo levar em consideração as condições de pré-defeito do sistema. Geralmente, a variação de tensão nos sistemas de energia fica entre $\pm 5\%$ a $\pm 10\%$ das tensões nominais.

O cálculo da corrente máxima de curto-circuito usando fatores de tensão aplicáveis pode, no entanto, não ser suficientemente aplicável a geradores ou unidades de produção, especialmente considerando o seu comportamento subtransitório, isto é, a fonte de tensão equivalente c_{v_n} é usada em vez da tensão subtransitória E'' .

Conseqüentemente, a norma CEI 60909 introduziu fatores de correção de impedância especificamente para geradores e unidades de produção.

O fator de correção de impedância para geradores ligados diretamente ao sistema pode ser calculado através de (29) e (30).

$$Z_{GK} = K_G Z_G \quad (29)$$

Com,

$$K_G = \frac{c_{max} V_n}{U_{rG} (1 + x''_d \sin \phi_{rG})} \quad (30)$$

Onde,

- Z_{GK} é a impedância corrigida do gerador
- Z_G é a impedância subtransitória do gerador
- K_G é o fator de correção de impedância do gerador
- c_{max} é o fator de correção da tensão
- U_{rG} é a tensão nominal do gerador
- x''_d é o gerador por unidade de reatância subtransitória
- ϕ_{rG} é o ângulo de fase entre I_{rG} e $U_{rG}/3$

Para geradores com transformador dedicado, é aplicado um único fator de correção à soma das suas impedâncias. É como se o gerador e o transformador dedicado fossem tratados como uma unidade. A impedância do conjunto gerador-transformador é dada por (31) e (32).

$$Z_{PSU} = K_{PSU} (t_r^2 Z_G + Z_{rTHV}) \quad (31)$$

$$K_{PSU} = \frac{c_{max} U_{nQ}^2}{U_{rG}^2 t_r^2 [1 + (x''_d - x_t) \sin \phi_{rG}]} \quad (32)$$

Onde,

- Z_{PSU} é a impedância corrigida da unidade de fonte de alimentação
- Z_G é a impedância subtransitória do gerador em ohms
- Z_{rTHV} é a impedância nominal do transformador referida ao lado AT em ohms
- t_r é a relação de transformação do transformador, VAT/VBT

- K_{PSU} é o fator de correção de impedância da unidade de fonte de alimentação
- c_{max} é o fator de correção da tensão
- U_{nQ} é a tensão nominal do sistema
- U_{rG} é a tensão nominal do gerador
- x''_d é a reatância subtransitória por unidade do gerador
- x_t é a reatância unitária do transformador
- ϕ_{rG} é o ângulo de fase entre I_{rG} e $U_{rG}/3$

8.3 Transformadores de dois enrolamentos

A impedância dos transformadores de dois enrolamentos é calculada recorrendo a (33), (34) e (35).

$$Z_T = \left(\frac{u_{kr}}{100} \right) \left(\frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \right) \quad (33)$$

$$R_T = \left(\frac{u_{Rr}}{100} \right) \left(\frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \right) = \frac{P_{krT}}{3I_{rT}^2} \quad (34)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (35)$$

Onde,

- Z_T é a impedância de sequência positiva do transformador
- u_{kr} é a tensão de curto-circuito do transformador à corrente nominal
- U_{rT} é a tensão nominal do transformador
- S_{rT} é a potência nominal aparente do transformador
- R_T é a resistência de sequência positiva do transformador
- P_{krT} são as perdas totais do enrolamento do transformador à corrente nominal
- I_{rT} é a corrente nominal do transformador
- X_T é a reatância de sequência positiva do transformador

Tal como acontece com os geradores síncronos, o fator de correção da impedância do transformador (Z_{KT}) pode ser calculado recorrendo a (37) e (38) vindo Z_{KT} igual a (36).

$$Z_{KT} = K_T Z_T \quad (36)$$

$$K_T = 0.95 \frac{c_{max}}{(1 + 0.6x_T)} \quad (37)$$

$$x_T = \frac{X_T}{U_{rT}^2 / S_{rT}} \quad (38)$$

Onde,

- Z_{KT} é a impedância corrigida do transformador
- Z_T é a impedância de sequência positiva do transformador
- K_T é o fator de correção da impedância do transformador
- C_{max} é o fator de correção de tensão
- x_T é a reatância unitária do transformador
- UrT é a tensão nominal do transformador
- S_{rT} é a potência aparente nominal do transformador
- X_T é a reatância do transformador em ohms

8.4 Transformadores de três enrolamentos

Um transformador de três enrolamentos pode ser representado pelo esquema da Figura 15 onde as impedâncias Z_{AB} , Z_{AC} e Z_{BC} apresentadas em (19) são determinadas recorrendo aos ensaios em curto-circuito. As impedâncias Z_A , Z_B e Z_C da estrela equivalente são calculadas recorrendo a (39).

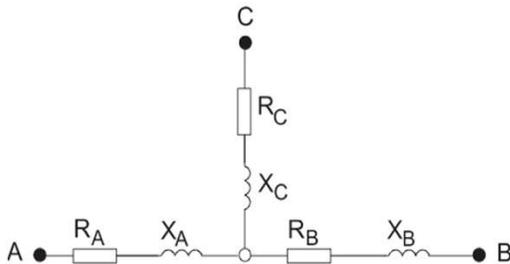


Figura 15 – Esquema do transformador de três enrolamentos [1]

$$\begin{aligned} Z_{AB} &= \frac{u_{krAB}}{100\%} \frac{U_{STA}^2}{S_{rTAB}} \quad \text{Lado C aberto} \\ Z_{AC} &= \frac{u_{krAC}}{100\%} \frac{U_{STA}^2}{S_{rTAC}} \quad \text{Lado B aberto} \\ Z_{BC} &= \frac{u_{krBC}}{100\%} \frac{U_{STA}^2}{S_{rTBC}} \quad \text{Lado A aberto} \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} Z_A &= \frac{1}{2} \cdot (Z_{AB} + Z_{AC} - Z_{BC}) \\ Z_B &= \frac{1}{2} \cdot (Z_{BC} + Z_{AB} - Z_{AC}) \\ Z_C &= \frac{1}{2} \cdot (Z_{AC} + Z_{BC} - Z_{AB}) \end{aligned}$$

Os fatores de correção para transformadores de três enrolamentos (k_T) são dados por (40).

$$\begin{aligned} K_{TAB} &= 0,95 \frac{c_{max}}{1 + 0,6 x_{TAB}} \\ K_{TAC} &= 0,95 \frac{c_{max}}{1 + 0,6 x_{TAC}} \\ K_{TBC} &= 0,95 \frac{c_{max}}{1 + 0,6 x_{TBC}} \end{aligned} \quad (40)$$

9 Bibliografia

- [1] CEI 60909, "Short-circuit currents in three-phase a.c. systems.
- [2] CEI 60909, "Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems", 2002-07.
- [3] Kasikci, I., "Short Circuits in Power Systems – A Practical Guide to IEC 60909-0", Second Edition, Wiley VCH, 2018.
- [4] E. Kreyszig, "Advanced Engineering Mathematics", 7ª Edição, John Wiley, 1993.
- [5] ABB, "Switchgear manual 12th Edition", Cornelsen Verlag Düsseldorf, 2006.
- [6] Siemens, "Switching, Protection and Distribution in Low-Voltage Networks: Handbook with Selection Criteria and Planning Guidelines for Switchgear, Switchboards, and Distribution Systems", Alemanha, Publicis, 1994, ISBN-13: 978-3895780004, Publicis, 2ª Edição Revista.
- [7] Seib, G., "Electrical Installations Handbook", 3ª Edição, John Wiley & Sons, 2000, ISBN 0-471-49435-6.
- [8] EN 50522, "Eathing of power installations exceeding 1 kV a.c.", 2011-11.

INTERRUPTORES (MECÂNICOS) PARA USO INDUSTRIAL OU INSTALAÇÕES SEMELHANTES

1. Aspetos gerais

Um interruptor (mecânico) é definido como um aparelho mecânico de conexão capaz de estabelecer, de suportar e de interromper correntes nas condições normais do circuito, incluindo, eventualmente, as condições especificadas de sobrecarga em serviço.

É um aparelho que é ainda capaz de suportar, num tempo especificado, correntes nas condições anormais especificadas para o circuito, tais como as resultantes de um curto-circuito.

Pode ser capaz de estabelecer correntes de curto-circuito mas não de as interromper.

Os interruptores de baixa tensão são divididos nos seguintes tipos principais:

- Interruptores para instalações elétricas fixas, domésticas e análogas;
- Interruptores de uso industrial ou instalações semelhantes.

Os interruptores de uso industrial ou instalações semelhantes observam o disposto na norma EN 60947, partes 1 e 3.

2. Classificação

I) Quanto ao tipo de montagem

Quanto ao tipo de montagem os interruptores de uso industrial podem ser classificados nos seguintes tipos:

- **Interruptor modular de montagem em calha simétrica**

A Figura 1 mostra um exemplo de um interruptor modular de montagem em calha simétrica.



**Figura 1. Interruptor modular de montagem em calha simétrica
(HAGER, Interruptor Modular 3P 125A: SBN399)**

EN 60947 – Aparelhagem de baixa tensão.

Parte 1: Regras gerais.

Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores e combinados fusíveis.

A parte 3 da norma 60947 aplica-se a interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores e combinações fusível para utilização em circuitos de distribuição e circuitos motor nos quais a tensão estipulada não exceda 1000 V a.c. ou 1500 V d.c..

- Interruptor de caixa moldada

A Figura 2 mostra um exemplo de um interruptor de manobra em caixa moldada.



**Figura 2. Interruptor em caixa moldada
(HAGER, Interruptor geral x160 3P 125A 4,5M: HCA125H)**

- Interruptor aberto

A Figura 3 mostra um exemplo de um interruptor do tipo aberto.



**Figura 3. Interruptor aberto
(HAGER, Interruptor de corte aparente 3P 1600A: HA364)**

II. Quanto à categoria de utilização

A categoria de utilização define as aplicações previstas para os equipamentos, sendo cada categoria de utilização caracterizada por valores de correntes e tensões, expressas em múltiplos da corrente estipulada de utilização e da tensão estipulada de utilização, como também pelos fatores de potência ou constantes de tempo do circuito.

A designação das categorias de utilização é completada pelo sufixo:

- A – Quando as aplicações pretendidas requerem manobras frequentes.
- B – Quando as aplicações pretendidas requerem manobras não frequentes.

De acordo com a categoria de utilização os interruptores do tipo industrial são classificados nos tipos indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Categorias de utilização

Natureza da corrente	Categoria de utilização		Aplicação típica
	A	B	
Corrente Alternada	AC-20A	AC-20B	Fecho e abertura sem carga
	AC-21A	AC-21B	Cargas resistivas, incluindo sobrecargas moderadas
	AC-22A	AC-22B	Cargas mistas resistivas e indutivas, incluindo sobrecargas moderadas
	AC-23A	AC-23B	Cargas constituídas por motores ou outras cargas altamente indutivas
Corrente Contínua	DC-20A	DC-20B	Fecho e abertura sem carga
	DC-21A	DC-21B	Cargas resistivas, incluindo sobrecargas moderadas
	DC-22A	DC-22B	Cargas mistas resistivas e indutivas, incluindo sobrecargas moderadas (por exemplo motores em paralelo)
	DC-23A	DC-23B	Cargas constituídas por motores ou outras cargas altamente indutivas (por exemplo motores em série)

III. De acordo com o método de manobra do equipamento manobrado manualmente

De acordo com o método de manobra do equipamento manobrado manualmente os interruptores do tipo industrial são classificados nos seguintes tipos:

- **manobra manual dependente:** No qual a operação é realizada somente por meio da energia manual aplicada diretamente, onde a velocidade e a força da operação são dependentes da ação do operador
- **manobra manual independente:** No qual a operação é realizada por energia armazenada proveniente da força manual armazenada numa operação contínua, de maneira que a velocidade e força da operação são independentes da ação do operador
- **manobra manual semi-independente:** Manobra realizada exclusivamente por meio de energia diretamente aplicada de forma que a força manual é aumentada até um valor-limite para além do qual se realiza a manobra independentemente de comutação, salvo se ela é intencionalmente retardada pelo operador

IV. De acordo com a aptidão ao seccionamento

De acordo com a aptidão ao seccionamento os interruptores do tipo industrial são classificados nos seguintes tipos:

- apto ao seccionamento ;
- não apto ao seccionamento.

V. Quanto ao número de polos

Os interruptores de uso industrial são classificados quanto ao número de polos nos seguintes tipos:

- unipolares ;
- bipolares ;
- tripolares ;
- tetrapolares .

VII. Natureza da corrente

- corrente alternada;
- corrente contínua.

3. Principais elementos constituintes

A Figura 4 mostra os principais elementos constituintes de um interruptor de uso industrial de montagem em calha simétrica.



- 1 Invólucro
- 2 Ligador - Saída
- 3 Ligador – Entrada
- 4 Marcação do produto
- 5 Indicador de posição:
 - Posição “aberto” (desligado): 0
 - Posição “fechado” (ligado): I
- 6 Manipulo

Figura 4. Principais elementos constituintes de um de um interruptor de uso industrial de montagem em calha simétrica (HAGER, SBN 180 – Interruptor Modular 1P 80ª)

4. Principais características

As principais características dos disjuntores de uso industrial ou análogo, são:

- Para corrente alternada 50 ou 60 Hz
- Tensão estipulada até 1000 V (entre fases)
- De corte ao ar
- Correntes estipuladas sem limites impostos
- Reguláveis
- $I_{nf} = 1,05 I_n (I_r)$
- $I_2 = 1,30 I_n (I_r)$

5. Marcação

De acordo com o definido na norma EN 60947, parte 0 e parte 1, cada disjuntor deve estar marcado de uma forma indelével, parte da seguinte informação:

Em cada disjuntor deve estar marcado de uma forma indelével e facilmente legível, parte da seguinte informação:

- a) Nome do fabricante ou a marca registada;
- b) Designação do tipo, o número do catálogo ou o número de série;
- c) Referência da norma do material correspondente se o fabricante declarar essa conformidade;
- d) Tensões estipuladas de utilização (U_e);
- e) Categoria de utilização e correntes estipuladas de utilização (ou potências estipuladas, ou correntes estipuladas ininterruptas), às tensões estipuladas de utilização do material;
- f) Valor da(s) frequência(s) estipulada(s), por exemplo: 50 Hz, 50 Hz/60 Hz, e/ou a indicação «corrente contínua» (ou o símbolo);
- g) Serviço estipulado, com a indicação da classe de serviço intermitente, se existir (contínuo, ininterrupto, intermitente periódico, temporário ou periódico);
- h) Poderes estipulados de fecho e/ou de corte. Estas indicações poderão ser substituídas, quando aplicável, pela indicação da categoria de utilização;
- i) Tensão estipulada de isolamento (U_i);
- j) Tensão estipulada suportável aos impulsos (U_{imp});
- k) Característica do relé ou disparador:
 - Tipo de relé ou de disparador;
 - Valores estipulados;
 - Corrente de regulação ou gama da corrente de regulação;
 - Características tempo/corrente;
 - Influência da temperatura ambiente;
 - Funções estendidas.
- l) Sobretensão de manobra (deverá ser superior à U_{imp});
- m) Corrente estipulada de curta duração admissível (I_{cw}) bem como a sua duração, quando aplicável;
- n) Poderes estipulados de fecho e/ou de corte em curto-circuito, quando aplicável:
 - Poder estipulado de corte em curto-circuito (I_{cn}),
 - Poder estipulado de corte de serviço em curto-circuito (I_{cs}),
 - Poder estipulado de corte último em curto-circuito (I_{cu}),
 - Poder estipulado de fecho em curto-circuito (I_{cm});
- o) Corrente estipulada de curto-circuito condicional, quando aplicável;
- p) Código IP, no caso de um material com invólucro;
- q) Grau de poluição condições ambientais para as quais o material é previsto:
 - Grau 1 (sem poluição),
 - Grau 2 (normal) - standard para aplicações domésticas,
 - Grau 3 (poluição condutora) – standard para aplicações industriais;
 - Grau 4 (poluição que provoca condutividade persistente);
- r) Tipo e características máximas estipuladas do dispositivo de proteção contra os curto-circuitos, quando aplicável;
- s) Classe de proteção contra os choques elétricos, quando aplicável;
- t) Tensão estipulada do circuito de comando, natureza e frequência da corrente, se diferentes das da bobina de comando, natureza da corrente, frequência estipulada e tensão estipulada da alimentação do comando;
- u) Pressão estipulada do ar e limites das variações de pressão (para os materiais de comando pneumático);

- v) Símbolo de aptidão ao seccionamento, se aplicável, com o símbolo:



para um disjuntor apto ao seccionamento .

- w) Comprimento a desnudar antes da introdução do condutor no terminal;
- x) Número máximo de condutores que poderão ser apertados;
- y) Para os terminais sem parafuso não universais: "s" ou "sol" para os terminais declarados para condutores rígidos-maciços, "r" para os terminais declarados para condutores rígidos (maciços e cableados); "f" para os terminais declarados para condutores flexíveis.

A Figura 5 ilustra a marcação de um disjuntor industrial.

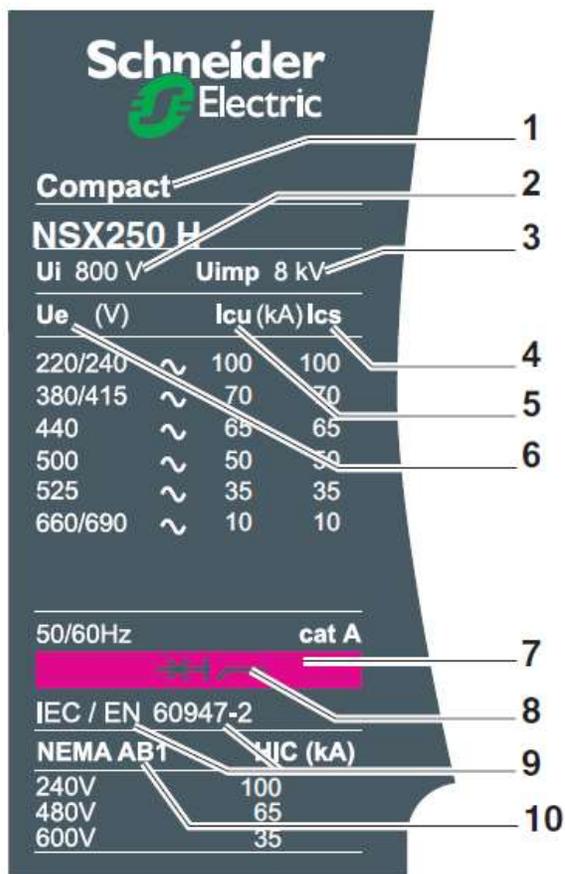
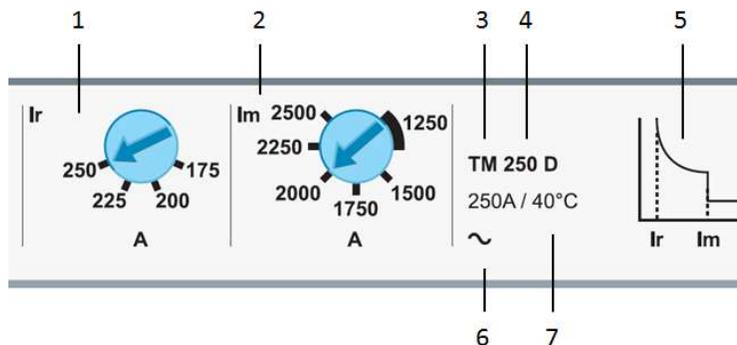


Figura 5. Marcação de disjuntores para instalações domésticas e análogas

A Figura 6 ilustra um exemplo de marcação de um disparador (relé de proteção) associado a um disjuntor tipo industrial.



Legenda:

- 1 – Regulação da proteção térmica (Ir);
- 2 – Regulação da proteção magnética (Im);
- 3 – Tipo de disparador (TM-D);
- 4 – Corrente estipulada (250 A);
- 5 – Tipo de característica tempo / corrente;
- 6 – Tipo de corrente (alternada sinusoidal);
- 7 – Temperatura ambiente de referência (40 °C).

Figura 6. Marcação de disjuntores para instalações domésticas e análogas

Legenda:

- 1 - Tipo de gama (Compact NSX), corrente estipulada (250 A) e classe de poder de corte (H);
- 2 - Ui : tensão de isolamento estipulada;
- 3 - Uimp: tensão estipulada de comportamento aos choques;
- 4 - Ics: poder de corte em serviço;
- 5 - Icu: poder de corte último segundo a tensão de emprego Ue;
- 6 - Ue: tensão de emprego;
- 7 - Categoria de utilização (A);
- 8 - Símbolo (aptidão ao seccionamento);
- 9 - Norma de referência;
- 10 - Outras normas;
- 11 - Frequências estipuladas.

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.



INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

APARELHAGEM DE PROTEÇÃO,
COMANDO E SECCIONAMENTO

ENGEBOOK **ELEOTRECNIA**

António Gomes
Sérgio Ramos
André Sá



INFRAESTRUTURAS DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM AMBIENTE RESIDENCIAL E SIMILAR



O balanço de uma década

A ABB enquanto líder de referência mundial em infraestruturas para carregamento de veículos elétricos, tem respondido a um dos maiores desafios da atualidade – a mudança acelerada do paradigma da mobilidade, com soluções de eletrificação e conectividade de infraestruturas, transversais a distintos perfis de uso e de exploração. Desde os autocarros elétricos e híbridos, utilitários, comerciais, camiões, navios e ferrovias.

A ABB entrou no mercado da e-mobilidade em 2010, contabilizando até hoje, perto de 500 mil carregadores de veículos elétricos em mais de 88 mercados com mais de 21 mil carregadores rápidos DC e 440 mil carregadores AC, números que refletem a resposta ao crescimento mundial de veículos elétricos, com uma estimativa para 2030 de 145 milhões de veículos, podendo chegar-se aos 230 milhões com estímulos financeiros à aquisição.

⁰¹ PC - Posto de carregamento de veículos elétricos ou equipamento dotado de pontos de conexão;

PCVE - Ponto de carregamento de veículos elétricos. Espaço de acesso a tomadas ou PC – Equipamento(s) dotado(s) de pontos de conexão ou Posto de carregamento).

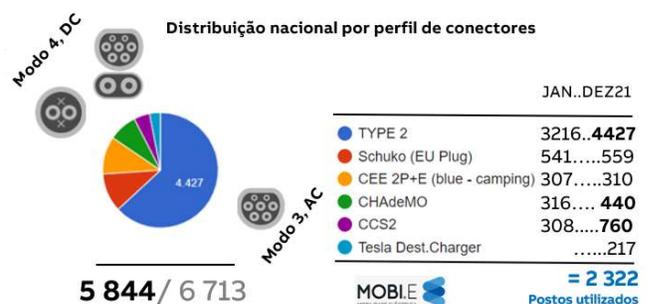
⁰² "A oferta limitada de postos de carregamento tem condicionado negativamente a compra de veículos totalmente elétricos por parte dos condutores, sendo de momento um obstáculo importante ao aumento desejado de vendas destes automóveis"

Fonte: [ZERO](#)

A e-mobility em Portugal

Para Portugal, estima-se até 2030 um crescimento de veículos elétricos que nos levará às 655 mil unidades, hoje já a representar mais de 45% das vendas de veículos. Um crescimento que ao ritmo atual coloca-nos no "Top 5" dos países europeus que estatisticamente mais veículos elétricos registam (Noruega, Suécia, Holanda e Finlândia), onde se contabilizam mais de 73 mil unidades num parque automóvel que ronda a 6,5 milhões de unidades.

A par deste crescimento a inevitável necessidade de acesso, em proporção, a postos de carregamento(PC)⁰¹, à data pouco mais de 6 700 registados, exigindo-se cerca de 40 mil até ao final da década⁰², para cumprimento das metas da descarbonização definidas.



Fonte: [electromaps](#)

As respostas ABB

A ABB, como líder global em soluções de transporte sustentável, tem dado passos significativos para impulsionar a revolução da mobilidade elétrica com o [lançamento](#) de sua gama de carregadores [Terra Wallbox AC | ABB](#) (modo 3), de complemento à oferta dos [Terra Wallbox DC | ABB](#) e [DC Fast Chargers | ABB](#) (modo 4).

E a mais recentemente a solução [Terra 360 | Carregador para veículos elétricos mais rápido do mundo](#).



Toda a oferta em: <https://new.abb.com/ev-charging>

No público (rede [mobi.e](#)), no privado para o terciário ou frota numa qualquer utility ou indústria, para a box individual, para o *parking* dum condomínio alimentado via QSC (Quadro Serviços Comuns), são desafios técnicos e legislativos que exigem soluções fiáveis e seguras para utilizadores.



O carregador mais próximo

Em Portugal regista-se a relação 15 carregadores por 100 km de estrada percorridos em ambiente público, que nos coloca numa evolução encorajadora e que nos posiciona, segundo diversos media da especialidade, entre os países da UE tão somente abaixo da Holanda, Luxemburgo e Alemanha, com 48, 35 e 19, respetivamente.

Um outro reflexo do *market share* e tendências é a representatividade das soluções de carregamento AC, modo 3 tipo 2, no doméstico ou similar. Onde o [Terra Wallbox AC | ABB](#) assume o seu papel de referência também em Portugal.

Instalar um Terra Wallbox AC no parking do edifício

Em 2010, fruto da “pressão” para a massificação da utilização do veículo elétrico a nível nacional, por [Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2009, de 20 de fevereiro](#) é criado o Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal. Com as demais transposições das diretivas UE para o Direito Nacional, surge o [Decreto-Lei nº 39/2010, de 26 de abril](#), onde se estabelecem as condições para fomentar a utilização de veículos elétricos, entre outros pontos, do Artigo 1.º destacam-se: (d) a obrigação de instalar pontos de carregamento de acesso privativo em (d) edifícios novos e (e) existentes.



Fonte: Operador⁰³ [mobilelectric](#)

Na perspetiva formal e técnica o Artigo 28.º e 29.º, onde se estabelecem as regras de instalação e autorizações formais, sobretudo para os edifícios existentes. De onde se extrai: “é admitida a instalação, por qualquer condómino, arrendatário ou ocupante legal, a expensas do próprio, de pontos de carregamento (...) que cumpram os requisitos técnicos definidos pela DGEG (...)”.

Contudo, importa salientar a necessidade de avaliação de outras disposições legais e técnicas estabelecidas nas regras base da especialidade, presentes nas RTIEBT e RTIEBT 722, [Portaria n.º 949-A/2006](#) e [Portaria 252/2015](#), respetivamente. A qual levará, potencialmente, a uma análise global de toda uma instalação elétrica e a correta adequação técnica que se harmonize com a necessidade imperativa de resposta à mudança do paradigma da mobilidade.



Fonte: Operador⁰³ [enercom](#)

A potências mínimas

O legislador, com base numa visão macro das condições de exploração da atual rede de distribuição elétrica e sua adaptabilidade e reforço de potência no tempo, definiu os valores mínimos e as regras técnicas a que devem satisfazer as instalações de carregamento de veículos elétricos em edifícios e outras operações urbanísticas. Critérios e métodos de cálculo para o efeito definidos pela [Portaria n.º 220/2016](#).

A qual estabelece como parte da equação o valor 3680 VA, que servirá de referência para a aplicação das fórmulas que têm em conta fator de simultaneidade (K_s), número total de estacionamentos em parking (n), em edificações de perfil habitação multifamiliar:

$$K_s = 0,2 + \frac{0,8}{n}$$

Exemplo 1:

	$n = 50$
	$K_s = 0,216$
	P.Total = 20 lugares carregamento VE x 3 680 = 73,6kVA
	P.Mínima = 73,6 x 0,216 = 15,9kVA (22,95A)

Ou número total estacionamentos destinados ao carregamento de veículos elétricos (N) em edifícios distintos da habitação ou similar:

$$N = [0,9 + 0,1 \times n]$$

Exemplo 2:

	$n = 200$
	$N = 21$
	P.Mínima:
	$21 \times 3 680VA = 77,28kVA (111A)$

Face ao exposto, poder-se-á concluir que os valores a calcular para um qualquer projeto no âmbito, levem à necessidade de compromisso entre potência contratada, instalada, consumo para carregamentos e seu impacto no tempo de carga dos veículos.

É razoável assumir que com as condições atuais da rede de distribuição elétrica não se garantiria o acesso à plena carga no princípio potência instalada = potência contratada. Dizem estudos no meio académico que, com a evolução observada, hábitos de uso e carga, há condições para garantir estabilidade na rede nos próximos 5 anos.

³ <https://www.mobie.pt/redemobie/comercializadores-e-operadores>

A gestão de carga

Ainda na mesma portaria, no ponto 3) do Artigo 2º, e das conclusões expressas no parágrafo anterior, retira-se a necessidade de que nas instalações de carregamento de veículos elétricos em edifícios multifamiliares se deva prever um sistema de controlo da carga (SCC) que alimenta canalizações de carregamento de veículos elétricos. E que esse possibilite o controlo (regulação e desligar) da intensidade da corrente dedicada a carregamentos, função da variação da potência total que lhe esteja destinada.

A ABB garante a disponibilidade de algoritmo de gestão de carga na sua engenharias de produto. Na presente solução Terra Wallbox AC, a gestão de carga consegue-se através da *app ChargerSync* ou *webportal*, disponíveis [aqui](#), em 3 opções: *Static* (valor fixo disponível quando sem necessidade de gestão de carga), *Dynamic* ou *Hybrid*, quando necessária gestão de carga, veja-se [aqui](#) mais informação. Para o efeito será necessário apenas um *smart meter modbus*, perfil [EQmeter ABB](#), que estabelecerá a equação que relacionará as potências em jogo (contratada, consumo geral e disponível para carregamentos). Equipamento extra a considerar quando a exploração é através *app ChargerSync* ou dispensado quando através do *webportal ChargerSync*.

Contagem de energia

A comercialização de energia no âmbito tem o seu enquadramento legislativo próprio, ainda assim a ABB apresenta diversas soluções que permitem o “encontro de contas” com a Administração do prédio, numa instalação concebida no princípio de que a potência disponível para os carregamentos no edifício é garantida via Quadro de Serviços Comuns (QSC), propriedade das partes comuns dum edifício, há que se medir os consumos por carregador/utilizador.

Sublinhando que qualquer solução proposta não pretende defender a promoção da venda não conforme de energia.

Para o efeito a oferta Terra Wallbox AC tem versões de topo com contagem em [display e certificação MID](#). Contudo, a infraestrutura e processo contagem de energia pode fazer-se de várias formas, adequando-se aos requisitos técnicos da instalação, equilíbrio na gestão e responsabilidades de custos de investimento e às demais questões legais (por exemplo: RGPD):

1. Através do [ChargerSync app](#), numa exploração *single charger*;

1. ChargerSync app









Carregamento:

- Disponibiliza detalhes de carregamento em tempo real durante a carga: **potência de carregamento, tensão, corrente e custos da sessão**, se configurado;
- **Programação horária**, para definição de períodos dedicados ao carregamento.
- **Estatísticas** de histórico de carregamentos e **custos associados** a tarifários que se definam (bi-horários ou similares). No *ChargerSync*, é possível definir preços diferentes para a eletricidade, dependendo da hora do dia. Permitindo gestão de custos e eventual encontro de contas por alimentação via QSC de um edifício;

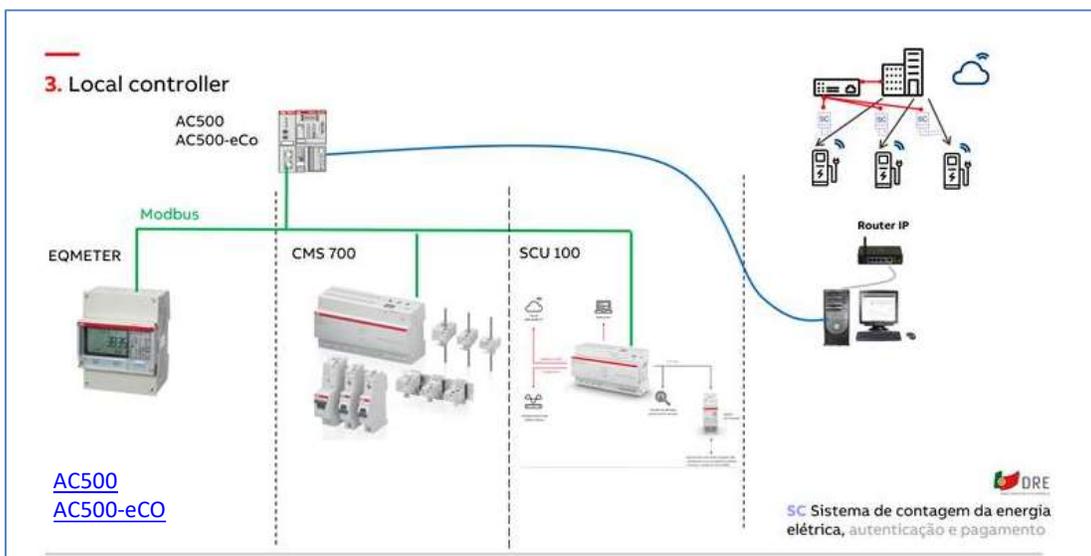
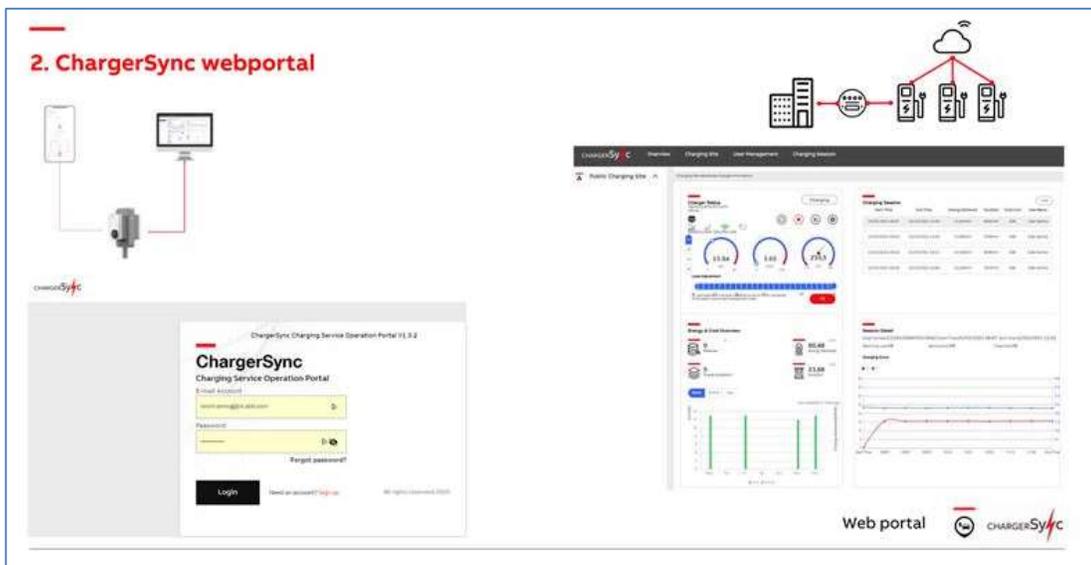


[ABB Terra AC station setup](#)

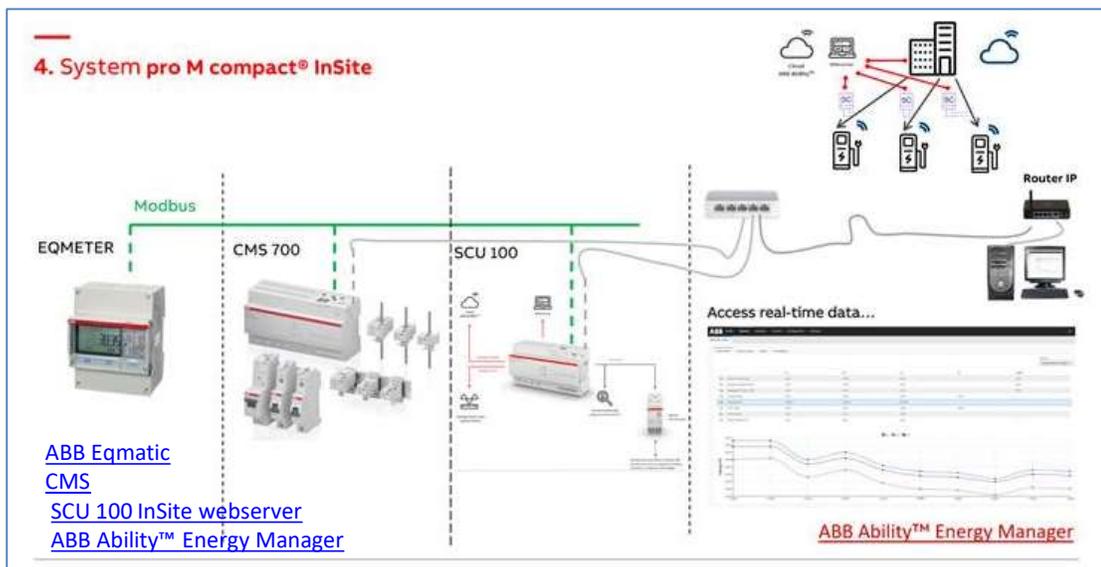
2. Recorrendo ao [webportal ChargerSync](#) numa instalação e exploração *multi chargers*, com página dedicada, no separador geral, onde se visualizam as ações de todos os números série cadastrados no site criado. Particular nota, para a recomendação de uma análise às questões de privacidade pelo direito de propriedade, já que em alguns casos o carregador possa ser uma aquisição do

condómino a integrar numa rede de alimentação comum do condomínio;

3. Rede local de contadores ou e/ou sensores associados a [PLC](#), com *dashboard* de registos e emissão de consumos a definir pelo cliente final (por exemplo, Administrador do condomínio por decisão em Assembleia geral);



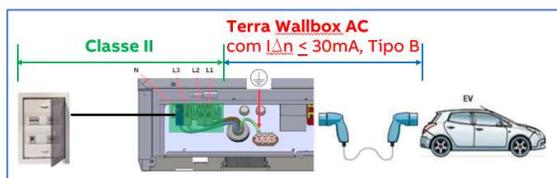
4. Solução de recurso à nuvem, através de [System pro M compact® InSite](#), recorrendo a contadores e/ou sensores.



As medidas de proteção contra choques elétricos

Segundo a legislação em vigor, presente nas RTIEBT e recente parte dedicada [RTIEBT 722](#), no artigo [E] 722.531.2.101, recorre-se ao corte automático da alimentação, por dispositivo diferencial (DR), no mínimo, Tipo A. E Tipo B nas alimentações trifásicas, se a característica da carga não for conhecida.

A ABB assume a segurança máxima à data, para pessoas e bens, com a integração de proteção Tipo B nas soluções da série Terra Wallbox AC, por recurso a RDC-DD (*residual direct current detecting device* segundo a IEC 62955:2018). Dispensando-se, eventualmente, outro DR no quadro elétrico a montante, por recurso a medida equivalente para o mesmo propósito (por exemplo, instalação e execução em Classe II), conforme os artigos [I]413.2 e 2.4.6, presentes nas RTIEBT e [Guia](#) da DGEG, respetivamente.



Salientando, que numa solução Classe I a montante do carregador, e que leve ao recurso de DR como medida de proteção, recomenda-se igualmente o uso de Tipo B.

Um vez que, a jusante, na engenharia de produto acabado dum Terra Wallbox AC, consta também um proteção do mesmo nível de performance.

Assim sendo, porque se reconhece a presença eventual de componentes $dc > 6 \text{ mA}$ em situação de defeito na canalização, na garantia da segurança e continuidade de serviço deve-se utilizar Tipo B evitando os fenómenos de blinding causados por valores elevados de frequência e corrente $dc > 6 \text{ mA}$ de defeito à terra nos tipos AC / A / F e que podem comprometer o seu correto funcionamento.



Em conformidade com as normas IEC 62103:2003 (EN 50178:1997) e sua substituição pela IEC 62477:2012.

Um testemunho na primeira pessoa

Depois e para além dos conteúdos técnicos e formativos, importa dar voz ao mercado. Pelo que, partilhamos um vídeo, embora sem a responsabilidade da marca, disponível em acesso público que testemunha na primeira pessoa a experiência pela opção da solução mais representativa do mercado dos EV Chargers no perfil modo 3 Tipo2: [Installing the new ABB Electric Vehicle Charging Point - YouTube](#).

GRAUS DE PROTEÇÃO ASSEGURADOS PELOS INVÓLUCROS

1. Enquadramento

Existem dois tipos de graus de proteção, tendo cada um deles o seu sistema de codificação: Código IP e Código IK.

Cada um destes códigos encontra-se descrito e caracterizado numa norma, que indica também a metodologia de realização dos testes de verificação do código:

- Código IP: NP EN 60529;
(Aplicável a invólucros de tensão estipulada igual ou inferior a 72,5 kV)
- Código IK: NP EN 50102.

2. Definições

Invólucro: O invólucro é o elemento que assegura a proteção dos equipamentos contra determinadas influências externas e, em todas as direções, a proteção contra os contactos diretos .

Grau de proteção: O grau de proteção é o nível de proteção assegurado por um invólucro contra o acesso a partes perigosas, contra a penetração de corpos sólidos estranhos, contra a penetração de água, ou contra os impactos mecânicos exteriores, verificado por métodos de ensaio normalizados.

3. Código IP

O código IP consiste num sistema de codificação para indicar os graus de proteção assegurados por um invólucro contra o acesso a partes perigosas, a penetração de corpos sólidos estranhos, a penetração de água e para fornecer uma informação adicional relacionada com a referida proteção.

O código IP é composto por dois números de um dígito cada,

localizados imediatamente após as letras "IP" e que são independentes um do outro.

- O número que aparece em primeiro lugar (primeiro algarismo característico), indica a proteção das pessoas contra o acesso a partes perigosas (normalmente partes vivas ou partes móveis que não sejam eixos rotativos e similares), limitando ou impedindo a penetração de uma parte do corpo humano ou de um objeto capturado por uma pessoa e, simultaneamente, garantir a proteção do equipamento contra a penetração de corpos sólidos estranhos.

É graduado de 0 (zero) a 6 (seis), sendo que à medida que o seu valor aumenta, a proteção contra a penetração de corpos sólidos é maior.

- O número que aparece em segundo lugar (segundo algarismo característico), indica a proteção do equipamento dentro do invólucro contra os efeitos nocivos causados pela penetração da água.

É graduado de 0 (zero) a 9 (nove), sendo que à medida que o seu valor aumenta, a proteção contra a penetração de corpos líquidos é maior.

Opcionalmente, o código IP pode ser complementado com uma letra adicional (A, B, C ou D), colocada imediatamente após os algarismos característicos, que fornece informação sobre a acessibilidade de certos objetos ou partes do corpo às partes perigosas dentro do invólucro. Pode também ser complementado com uma letra suplementar (H, M, S ou W), que fornece informação suplementar, conforme indicado na tabela 2.

Caso o invólucro não tenha um algarismo característico especificado, porque não é necessário para uma aplicação específica ou porque não foi ensaiado nesse sentido, este deve ser substituído pela letra «X» (ou «XX» se forem omitidos os dois algarismos característicos).

Tabela 1. Codificação do grau de proteção assegurado pelos invólucros

Posição	1	2	3	4	5
	Letras do código		1º Algarismo característico Grau de proteção dos invólucros de equipamentos elétricos contra a penetração de corpos sólidos	2º Algarismo característico Grau de proteção dos invólucros de equipamentos elétricos contra a penetração de água	Letra adicional (facultativa)
Codificação	IP	Algarismo de 0 a 6 ou letra X	Algarismo de 0 a 9 ou letra X	A, B, C, D	H, M, S, W

Se não for exigida a especificação de um algarismo característico, este deverá ser substituído pela letra "X" (ou "XX" se forem omitidos os dois algarismos). As letras adicionais e/ou as letras suplementares podem ser omitidas sem substituição.
Se for utilizada mais do que uma letra suplementar deve aplicar-se a ordem alfabética.

Tabela 2. Significado da codificação do grau de proteção assegurado pelos invólucros

Letra	IP	Significado para a proteção		
		do equipamento	de pessoas	
Primeiro algarismo característico	Grau de proteção dos invólucros de equipamentos elétricos contra a penetração de corpos sólidos	0	(Não protegido)	(Não protegido)
		1	Protegido contra a penetração de corpos sólidos estranhos de diâmetro ≥ 50 mm	Protegido contra o acesso às partes perigosas com as costas da mão
		2	Protegido contra a penetração de corpos sólidos estranhos de diâmetro $\geq 12,5$ mm	Protegido contra o acesso às partes perigosas com um dedo
		3	Protegido contra a penetração de corpos sólidos estranhos de diâmetro $\geq 2,5$ mm	Protegido contra o acesso às partes perigosas com uma ferramenta
		4	Protegido contra a penetração de corpos sólidos estranhos de diâmetro ≥ 1 mm	Protegido contra o acesso às partes perigosas com um fio
		5	Protegido contra a penetração de poeira	Protegido contra o acesso às partes perigosas com um fio
		6	Estanque à poeira	Protegido contra o acesso às partes perigosas com um fio
Segundo algarismo característico	Grau de proteção dos invólucros de equipamentos elétricos contra a penetração de água	0	(Não protegido)	--
		1	Protegido contra a queda vertical de gotas de água	--
		2	Protegido contra a queda vertical de gotas de água com o invólucro inclinado no máximo 15º	--
		3	Protegido contra a chuva	--
		4	Protegido contra as projeções de água	--
		5	Protegido contra os jatos de água	--
		6	Protegido contra fortes jatos de água	--
		7	Protegido contra os efeitos de imersão temporária em água	--
		8	Protegido contra os efeitos da imersão permanente em água	--
9	Protegido contra os jatos a alta pressão e a alta temperatura	--		
Letra adicional (facultativa)	A	Protegido contra o acesso a partes perigosas com as costas da mão		
	B	Protegido contra o acesso a partes perigosas com o dedo e objetos análogos que não excedam um comprimento de 80 mm.		
	C	Protegido contra o acesso a partes perigosas com uma ferramenta com um diâmetro superior a 2,5 mm		
	D	Protegido contra o acesso a partes perigosas com um fio de diâmetro superior a 2,5 mm		
Letra supl. (facultativa)	H	Equipamento de alta tensão		
	M	Movimento durante o ensaio de água		
	S	Estacionário durante o ensaio de água		
	W	Intempéries		

1.4. Código IK

O código IK consiste num sistema de codificação para indicar o grau de proteção assegurado por um invólucro contra os impactos mecânicos nocivos, salvaguardando os materiais e/ou equipamentos que se encontram no seu interior.

O código IK é composto por um número característico de dois dígitos, localizado imediatamente após as letras "IK".

É graduado de 00 (zero) a 10 (dez), sendo que à medida que o seu valor aumenta, indica que a proteção contra impactos mecânicos é maior.

Tabela 3 - Codificação do grau de proteção contra os impactos mecânicos (código IK)

Posição	1	2
	Letras do código (Proteção mecânica internacional)	Grupo de números característico
Codificação	IK	De 00 a 10

Tabela 4 - Significado dos grupos de números característicos do grau de proteção contra os impactos mecânicos (código IK)

Número característico	Energia de impacto (Joule)
00	Não protegido
01	0.14
02	0.20
03	0.35
04	0.50
05	0.70
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

Quando for necessário um valor de energia de impacto superior, é recomendado a utilização do valor de 50 Joule.

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

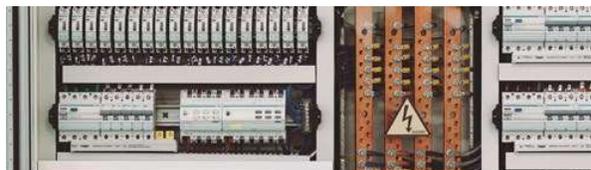
Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Licenciado e Mestre (grd. Robotiz) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador da Disciplina CDEB022 – Engenharia de Segurança, entre 1999 e 2008. Sócio da empresa Hager & Tere – Gabinete de Engenharia Lda (GG2) a 2006. Prestação de serviços de formação e/ou projeto e/ou assessoria e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, e diversas entidades, nomeadamente INEBCA – Consultores de Engenharia, S.A., Solutra – Engenharia e Serviços Lda, ENERO – Consultores de Engenharia, Lda, FQ – Instituto de Soluções e Qualidade, Quênia – Fábrica de Queijos Bêlicos, S.A., EP – Instituto Eletrotécnico Português, CENITEC – Centro de Energia e Tecnologia, AMACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações, ICI – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico, IDV – Agência de Energia Entre Douros 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 (grd. Robotiz) 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 Elétricos de Energia. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista neutro à terra e integrou vários júris de provas públicas de doutoramento e para a concessão do ensino superior.



LISTA DE AUTORES:

André Fernando Ribeiro de Sá

Professor adjunto convidado, ESTGA - Universidade de Aveiro

andre.sa@ua.pt

<https://www.ua.pt>

António Augusto Araújo Gomes

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

aag@isep.ipp.pt

www.isep.ipp.pt

Filipe Miguel Tavares de Azevedo

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

fta@isep.ipp.pt

www.isep.ipp.pt

Henrique Ribeiro da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto (Aposentado)

www.isep.ipp.pt

José António Beleza Carvalho

Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

jbc@isep.ipp.pt

www.isep.ipp.pt

Paulo Alexandre Caldeira Branco

Product Marketing & Consulting | Electrification Business

paulo.branco@pt.abb.com

<https://new.abb.com/pt>

Sérgio Filipe Carvalho Ramos

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

scr@isep.ipp.pt

www.isep.ipp.pt

