



CABLENA

MANUAL DO ELETRICISTA



1. Conhecimento e aplicação dos cabos para a indústria da construção civil

1.1. Cabos para a indústria da construção civil

Os cabos para a indústria da construção em baixa tensão têm uma aplicação definida de acordo com seu projeto. Os elementos integrantes são:

- O condutor elétrico é preferencialmente de cobre leve e pode ter diferentes flexibilidades: **Rígida** (classe 1), **Semiflexível** (classe 2), **Flexível** (classe 5).

Por este elemento circula a corrente elétrica.

- O isolamento formado pelos dois revestimentos de material geralmente plástico à base de cloreto de polivinila (PVC).

- A função principal do isolamento é suportar a tensão elétrica aplicada e separar o condutor elétrico de partes aterradas.

- Um revestimento externo de material geralmente plástico à base de cloreto de polivinila (PVC) para cabos multicabos.

Sua função principal é de proteger o cabo de impactos e agentes do meio externo (ambiente e especiais).

1.2. Apresentação de produtos, características e aplicações

A linha de fios e cabos para a indústria da construção, que a **CABLENA do Brasil** fabrica, conta com uma alta tecnologia e desenvolvimentos de vanguarda como a dupla extrusão de isolamento, adicionando este conceito à aplicação da cobertura dos cabos multipolares, resultando em produtos de máxima confiabilidade e segurança para as instalações elétricas, com maior vida útil e, em consequência disso, com o menor custo de operação disponível no mercado.

Linha de produtos:

Fios com isolamento de PVC anti-chama BWF Classe 1, 750 V. NBR 6148

Cabos unipolares com isolamento de PVC anti-chama BWF Classe 2, 750 V. NBR 6148

Cabos unipolares extra-flexíveis com isolamento de PVC anti-chama BWF Classe 5, 750 V. NBR 6148

Cabos unipolares e multipolares com isolamento de PVC anti-chama BWF Classe 2, 0,6/1 kV. NBR 7288

Cabos multipolares extra-flexíveis com isolamento de PVC anti-chama Classe 5, 750 V. NBR 13249

A linha de cabos para a indústria da construção para baixa tensão cumpre e supera os requisitos técnicos especificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Nossos cabos estão certificados pela CEPEL e homologados pelo INMETRO.

A confiabilidade do nosso sistema de qualidade é reconhecida pela certificação da ISO 9002 concedida pelo órgão certificador ABS.



1.3. Características construtivas dos cabos

Como temos visto, os cabos para a indústria da construção são formados por um condutor de cobre leve de alta pureza, duplo revestimento de material isolante à base de cloreto de polivinila e, no caso de cabos multipolares, um revestimento externo do mesmo material do isolamento. A seguir, apresentamos as características do condutor e dos isolantes.

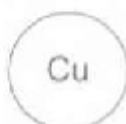
Condutor

São quatro os fatores que devem ser considerados na seleção dos condutores: material, flexibilidade, forma e dimensões.

MATERIAL - Os materiais mais utilizados como condutores elétricos são o cobre e o alumínio, mesmo sendo o primeiro superior nas características elétricas e mecânicas (a condutividade do alumínio é aproximadamente de 60% da do cobre e sua resistência na tensão mecânica é 40%), as características de baixo peso do alumínio têm dado lugar a uma ampla utilização desse metal na fabricação de cabos isolados e nus.

Na tabela apresentada a seguir são mostradas as propriedades gerais dos condutores de cobre leve e de alumínio ³/₄ duro.

Características	Cobre recozido	Alumínio duro
Grau de pureza, (%)	> 99,9	> 99,5
Resistividade a 20°C, (ohm.mm ² /m)	17,241 . 10 ⁻³	28,264 . 10 ⁻³
Coefficiente de variação da resistividade elétrica a 20°C, para cada °C	3,93 . 10 ⁻³	4,03 . 10 ⁻³
Densidade a 20°C (g/cm ³)	8,89	2,70
Coefficiente de dilatação linear a 20°C, por cada °C	17 . 10 ⁻⁶	23 . 10 ⁻⁶
Carga de ruptura, Mpa	230 a 250	120 a 150
Alargamento na ruptura, (%)	20 a 40	1 a 4
Temperatura de fusão, (°C)	1080	660



Por que o cobre é o metal preferencial na elaboração de condutores elétricos?

Existem muitas razões técnicas que reforçam a utilização do **cobre** como material para condutores elétricos, porém, a principal é a confiabilidade comprovada que possui.

As razões do êxito que o cobre tem tido baseiam-se em sua condutividade e nas suas propriedades mecânicas, considerando que sua capacidade de condução de corrente o converte no mais eficiente condutor elétrico, em termos econômicos.

No que se refere ao cobre utilizado como material condutor em cabos de baixa tensão para a indústria da construção, pode-se assegurar que, dada sua maior capacidade de condução de corrente para uma determinada bitola, com uma espessura de isolamento igual aos cabos isolados de alumínio, podem ser instaladas em eletrodutos, bandejas e canaletas de tamanhos menores. Em outras palavras, o cobre minimiza as exigências de espaço. Isso será útil se levarmos em conta que um aumento no diâmetro dos eletrodutos ou canaletas, em conjunto com o espaço requerido, aumenta os custos de instalação e de todos os seus componentes, como, por exemplo, as caixas de conexão.



O **alumínio** tem tido êxito como condutor elétrico em linhas de distribuição e transmissão, mas nem tanto como condutor elétrico para cabos de baixa tensão.

O alumínio apresenta problemas na conexão devido às suas propriedades físicas e químicas inerentes, já que sob condições de calor e pressão este material se dilata e acaba tornando as conexões mais frouxas. Os terminais e parafusos dos equipamentos, aparelhos etc, são confeccionados com metais de liga de cobre, os quais na tabela de eletronegatividade estão próximos; enquanto o alumínio está distante e, em consequência, apresenta o problema de corrosão galvânica.

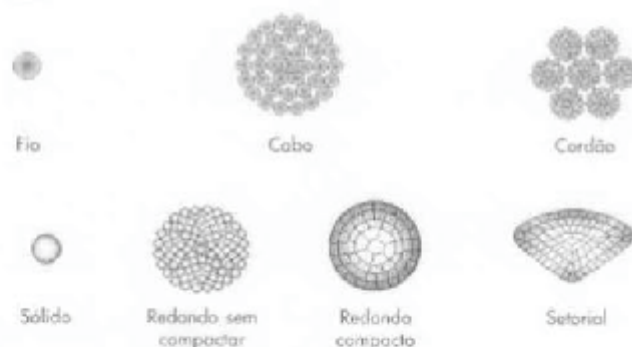
Para concluir, podemos dizer que o cobre, além de ser melhor condutor que o alumínio, é mecânica e quimicamente mais resistente. O primeiro significa que suporta alargamentos (processo de instalação dos cabos dentro do canalização), redução de seção por pressão (nos pontos de conexão quando o parafuso opressor é submetido aos condutores), pontos de pressão e fraturas (processo mecânico de conexão).

O óxido que se forma nas conexões é do tipo não condutor, ocasionando pontos quentes que são um risco para a instalação elétrica.

FLEXIBILIDADE - De acordo com os requisitos de uma instalação particular, as normas de produtos dividiram a flexibilidade dos condutores em classes, combinando diferentes diâmetros de fios e seu número:

- a) CLASSE 1 - Condutores sólidos (fios);
- b) CLASSE 2 - Condutores semi-flexíveis (com ou sem compactação);
- c) CLASSE 4, 5 ou 6 - Condutores flexíveis (crescendo a flexibilidade com o número).

FORMA - A forma geométrica dos condutores elétricos pode ser:



DIMENSÕES - O tamanho ou seção transversal dos condutores elétricos deve ser expresso em mm². A dimensão do condutor elétrico deve ser escolhida de acordo com a carga elétrica a ser atendida.

Nas tabelas apresentadas a seguir, encontraremos as seções, o diâmetro do condutor e sua resistência elétrica em corrente contínua e alternada.

Tabelas de condutores elétricos

Condutores sólidos, Classe 1.

Bitola ou seção transversal nominal	Diâmetro do condutor	Resistência elétrica máxima do condutor a 20°C (c.c.)	**Resistência elétrica máxima do condutor a 70°C (c.a.)
mm ²	mm	ohms/km	ohms/km
0,5	0,9	36,0	42,22
0,75	1,0	24,5	28,73
1	1,2	18,1	21,23
1,5	1,5	12,1	14,19
2,5	1,9	7,41	8,691
4	2,4	4,61	5,407
6	2,9	3,08	3,612
10	3,7	1,83	2,146
16	4,6	1,15	1,348
25	5,7	0,727*	0,8528
35	6,7	0,524*	0,6148
50	7,8	0,387*	0,4542
70	9,4	0,268*	0,3147
95	11,0	0,193*	0,2270
120	12,4	0,153*	0,1803
150	13,8	0,124*	0,1464

NOTAS

* Condutores sólidos com seções superiores a 1,6 mm², somente para produtos especiais.

** Separação entre condutores de 50 mm

Fonte: ABNT-NBR 6880.

Condutores para cabos unipolares e multipolares, Classe 2.

Bitola ou seção transversal nominal	Número de fios	Diâmetro do condutor	Resistência elétrica máxima do condutor a 20°C (c.c.)	* Resistência elétrica máxima do condutor a 70°C (c.a.)
mm ²		mm	ohms/km	ohms/km
0,5	7	1,1	36,0	41,87
0,75	7	1,2	24,5	29,31
1	7	1,4	18,1	21,65
1,5	7	1,7	12,1	14,47
2,5	7	2,2	7,41	8,865
4	7	2,7	4,61	5,515
6	7	3,3	3,08	3,685
10	7	4,2	1,83	2,189
16	7	5,3	1,15	1,376
25	7	6,6	0,727	0,8699
35	7	7,9	0,524	0,6271
50	19	9,1	0,387	0,4633
70	19	11,0	0,268	0,3211
95	19	12,9	0,193	0,2315
120	37	14,5	0,153	0,1839
150	37	16,2	0,124	0,1495
185	37	18,0	0,0991	0,1201
240	61	20,6	0,0754	0,0924
300	61	23,1	0,0601	0,0749
400	61	26,1	0,0470	0,0604
500	61	29,2	0,0366	0,0496

NOTAS

* Separação entre condutores de 50 mm.

Fonte: ABNT-NBR 6880.

Condutores flexíveis para cabos unipolares e multipolares, Classe 4, 5 e 6.

Bitola ou seção transversal nominal	Diâmetro do condutor	Resistência elétrica máxima do condutor a 20°C (c.c.)	*Resistência elétrica máxima do condutor a 70°C (c.a.)
mm ²	mm	ohms/km	ohms/km
0,5	1,1	39,0	47,11
0,75	1,3	26,0	31,41
1	1,5	19,5	23,55
1,5	1,8	13,3	16,06
2,5	2,6	7,98	9,641
4	3,2	4,95	5,980
6	3,9	3,30	3,987
10	5,1	1,91	2,307
16	6,3	1,21	1,461
25	7,8	0,780	0,942
35	9,2	0,554	0,669
50	11,0	0,386	0,466
70	13,1	0,272	0,329
95	15,1	0,206	0,249
120	17,0	0,161	0,195
150	19,0	0,129	0,157
185	21,0	0,106	0,129
240	24,0	0,0801	0,099
300	27,0	0,0641	0,080
400	31,0	0,0486	0,063
500	35,0	0,0384	0,053

NOTAS

* Separação entre condutores de 50 mm.

Fonte: ABNT-NBR 6880.

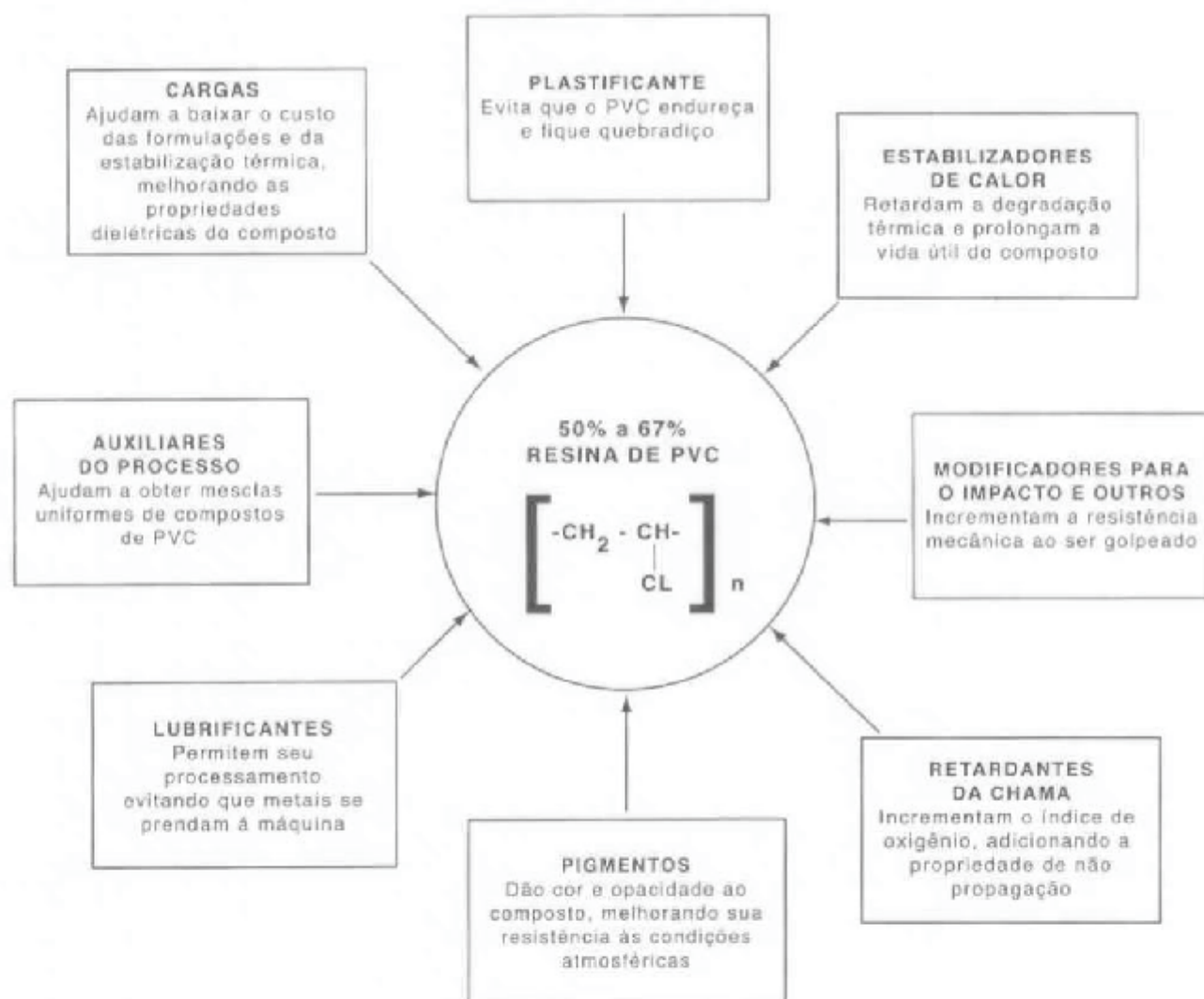
Isolamento

Os cabos para a indústria da construção fabricados pela **CABLENA do Brasil**, possuem revestimento de material à base de cloreto de polivinila (PVC) de mais alta qualidade.

O PVC como material isolante de cabos foi introduzido no mercado de isolantes em 1932. Anos mais tarde, sua aplicação foi definida para isolante de cabos domésticos e equipamento eletrônico.

É importante mencionar que, mesmo que todos os cabos à base de PVC pareçam iguais, suas propriedades diferem intensamente no composto de vinil, que é uma mistura de resina, plastificantes, estabilizadores, cargas e modificadores.

Podemos perceber, através do seguinte diagrama, como é formado um composto de PVC e as propriedades incorporadas a seus agregados:



Cada fabricante tem suas próprias fórmulas de PVC. Podemos generalizar as propriedades dos compostos de PVC da seguinte maneira:

PROPRIEDADES	COMPORTAMENTO
Resistência à oxidação	Excelente
Resistência ao calor	Bom
Resistência ao óleo	Regular
Flexibilidade à baixa temperatura	Regular
Resistência ao meio ambiente	Bom
Resistência ao ozônio	Excelente
Resistência à abrasão	Bom
Propriedades elétricas	Bom
Resistência à chama BWF	Excelente
Resistência à radiação nuclear	Mau
Resistência à água	Bom
Resistência a ácidos:	
Nítrico	Bom
Clorídrico	Bom
Sulfúrico	Regular
Fórmico	Excelente
Acético	Excelente
Resistência à sal alcalino	Excelente
Resistência à gasolina, querosene etc.	Mau
Resistência ao benzeno, tolueno etc.	Regular
Resistência ao álcool	Bom
Resistência a elementos do solo	Regular

1.4. Processo de fabricação e provas de garantia da qualidade

Quando uma pessoa não possui conhecimentos sobre condutores elétricos, então, não consegue perceber as diferenças entre uma marca e outra. Podemos nos deparar com dois produtos; um de boa qualidade e outro de má qualidade, porém, ao vê-los com a mesma seção e a mesma cor, não se percebe as diferenças para se escolher o melhor.

Produtos de qualidade sempre cumprem os requisitos mínimos estabelecidos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para conhecer os valores dessas normas, entre em contato com a nossa fábrica e a área técnica estará pronta para ajudar.

Para muitos clientes geralmente é mais prático recorrer ao fabricante para obter orientação, pois, desta maneira, será possível distinguir entre um produto de boa qualidade e outro de má qualidade.

A **CABLENA do Brasil** conta com a certificação do **CEPEL** e a homologação do **INMETRO** dos seus cabos para a indústria da construção, garantindo, assim, a todos os seus clientes que, ao adquirir um de nossos produtos, estarão adquirindo confiabilidade e qualidade.

CEPEL

INMETRO

Características de fabricação e qualidade dos produtos

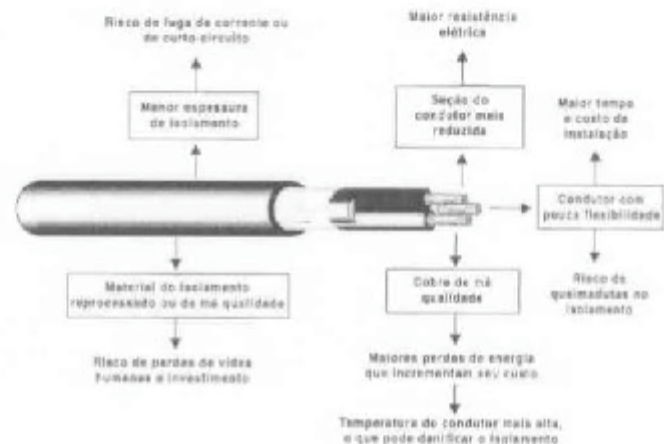
Prova	Produto de boa qualidade	Razão	Produto de má qualidade	Causa	Conseqüências
Cor do cobre	Rosa ou laranja-claro	Cobre de 99,96% de pureza	Laranja-escuro ou ligeiramente café	Cobre reprocessado e com impurezas	Maior resistência elétrica que provoca aquecimento e diminui a vida útil do cabo
Pureza do condutor de cobre	Sem raios nem impurezas	Processo de estiramento adequado, cobre de boa qualidade	Com raios e impurezas	Cobre de má qualidade e/ou mal processado	Maior resistência elétrica em alguns pontos do condutor, o que pode provocar falhas
Diâmetro do condutor	De acordo com as normas	Cumprir os regulamentos do país	Diâmetro menor que o especificado nas normas	Reduzir o custo do produto	Os condutores com seção menor que o adequado são um engano ao cliente e não são seguros porque se aquecem excessivamente
Número de fios do cabo ou cordão	De acordo com as normas	Cumprir os regulamentos do país	Menor número de fios	Reduzir o custo do produto	Diminui a seção real do condutor, provocando falhas, aquecimento e desgaste prematuro
Passagem do cabeamento	De acordo com as normas	Cabos com flexibilidade e resistências adequadas	Cabeamento muito apertado ou muito estendido	Processo de fabricação insatisfatório	O cabo tenderá a uma maior resistência que o normal, provocando aquecimento e desgaste prematuro
Espessura do isolamento	De acordo com as normas	Corrente bem isolada	Menor espessura de isolamento	Reduzir o custo do produto	A instalação tenderá a um alto risco de falha, porque a corrente não está isolada adequadamente
Centro do condutor	Igual espessura de isolamento em todo o condutor	Isolamento bem aplicado	Menor espessura em algumas partes ao longo do cabo	Processo de fabricação insatisfatório	Possibilidade de falha à terra em algum ponto do cabo na passagem de uma sobrecarga
Pureza do isolamento	Isolamento sem pontos duros ou poros	PVC de boa qualidade e bem processado	Isolamento com pontos duros, poros ou fendas	PVC de má qualidade e/ou mal processado	Possibilidade de falha à terra em períodos de sobrecarga
Suavidade do produto	Facilidade de manuseio, porém, não muito mole	Matéria-prima de qualidade e processo correto	Condutores muito duros ou muito moles se despedaçam ao tocá-los	Matéria-prima de má qualidade e mal processado	Dificuldade na instalação do cabo, aumentando o tempo e o custo da instalação
Quantidade de produtos embalados	O especificado na norma e embalagem	Medidas de comprimento corretas	Roletos de 95 m em vez de 100 m	Reduzir o preço do produto ou maquinário em mau estado	Fraude ao cliente

Problemas ocasionados por condutores de má qualidade

São comuns as tentativas por todos os meios de se reduzir os custos de uma instalação elétrica e geralmente acaba-se comprando materiais de má qualidade, apenas porque são mais baratos.

Não obstante, para que uma instalação seja confiável e duradoura e ao mesmo tempo econômica, adquirir condutores elétricos de baixo custo não é o que resulta em mais economia, porque, mesmo sendo seu custo inicial menor, sua utilização provocará uma instalação que oferece maior risco, incômoda (pelas danos que se produzem), efêmera (porque não durará muitos anos funcionando) e dispendiosa (pelas perdas de energia em virtude dos excessivos aquecimentos).

Dessa maneira, empregar condutores de má qualidade não significa uma economia real, visto que, mesmo que se pague menos para adquiri-los, pagar-se-á mais por sua utilização, uma vez que os problemas que causam representam perdas de dinheiro (para reparo ou reinstalação), de prestígio (porque o trabalho dever-se-á repetir por alguns anos) e de clientes (por produzir trabalhos de má qualidade).



1.5. Normatização

Os cabos para a indústria da construção são apenas uma parte dos elementos que integram uma instalação elétrica. O conjunto de elementos, as técnicas de instalação, a seleção dos dispositivos de proteção etc são especificados nas normas de instalações elétricas brasileiras.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), publicou em 1999 a última edição da Norma NBR 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

A norma contém os seguintes capítulos:

Introdução

1. Objetivo
2. Referências normativas
3. Definições
4. Determinação das características gerais
5. Proteção para garantir a segurança
6. Seleção e instalação dos componentes
7. Verificação final
8. Manutenção
9. Requisitos para instalações em locais especiais

ANEXOS

- A. Tipos de tensão elétrica
- B. Método de ensaio para a medição da resistência elétrica em pisos e paredes
- C. Verificação da operação dos dispositivos à corrente diferencial-residual (DR)
- D. Medição da resistência de aterramento
- E. Ensaio da tensão aplicada

As instalações elétricas a ser realizadas no Brasil deverão cumprir com o estabelecido na Norma NBR 5410.

Esta norma se complementa com o indicado na série de normas da International Electrotechnical Commission; IEC 364 **Instalações Elétricas nos Edifícios**.

2. Aspectos relevantes da Norma de Instalações Elétricas em Baixa Tensão NBR 5410

2.1. Resumo do campo de aplicação

Objetivo geral

Definir as condições que garantem o funcionamento adequado da instalação elétrica, a segurança das pessoas e animais domésticos, preservando os seus bens.

Definições:

Tensão nominal: 1000 V ou menor (corrente alternada) e 1500 V ou menor (corrente contínua).

Frequência: 400 Hz ou menor.

Campo de aplicação: Edifícios residenciais, estabelecimentos de uso público, estabelecimentos industriais, estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros, edifícios pré-fabricados, casa remoque, acampamentos, marinas e instalações similares, obras em construção, feiras, exposições ou outras instalações temporárias.

Tipos de sistemas de distribuição:

- Esquema de condutores vivos;
- Esquemas de aterramento.

Esquema de condutores vivos:

- corrente alternada:
 - monofásico a dois condutores
 - monofásico a três condutores
 - bifásico a três condutores
 - trifásico a três condutores
 - trifásico a quatro condutores

b) corrente contínua:

- dois condutores
- três condutores

Sistemas de aterramento, simbologia:

A primeira letra define a situação da alimentação em relação à terra:

T = um ponto diretamente aterrado;

I = separação das partes vivas em relação à terra ou aterramento no ponto através de uma impedância.

A segunda letra define a situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:

T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação;

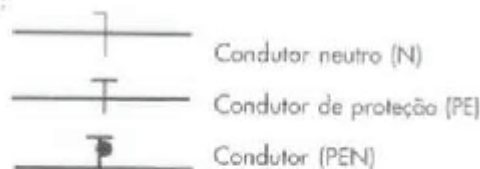
N = massas ligadas diretamente ao ponto de aterramento da alimentação (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro).

Outras letras eventuais, disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

S = função de neutro e de proteção, asseguradas por condutores distintos;

C = função de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (definido como condutor PEN).

Símbolos:



Sistemas de aterramento, esquemas:

TN - Este esquema possui um ponto de alimentação que está aterrado, as massas estão ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. Neste esquema, toda a corrente de falha por contato entre uma fase e a massa é uma corrente de curto-circuito.

Consideram-se três tipos de esquemas TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

a) **Esquema TN-S**, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos.

b) **Esquema TN-C-S**, no qual as funções de neutro e proteção estão combinadas em um único condutor em algum ponto da instalação.

c) **Esquema TN-C**, idem ao anterior, porém ao longo de toda a instalação.

TT - Este esquema possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, as massas da instalação estão ligadas a eletrodos de aterramento diferentes dos da alimentação.

Neste esquema a corrente de falha por contato entre uma fase e uma massa deve ser inferior à corrente de curto-circuito, pois é capaz de criar tensões de contato perigosas.

IT - Este esquema não possui nenhum ponto de alimentação diretamente aterrado, as massas da instalação estão aterradas. Neste esquema a corrente resultante de uma falha entre uma fase e qualquer massa não deve ser um valor tal que desenvolva tensões de contato perigosas.

O uso do esquema **IT** se restringe aos seguintes casos:

a) Instalações industriais de processo contínuo, com tensão de alimentação igual ou superior a 380 V, em que se requer:

- continuidade na operação;
- manutenção da instalação por pessoal qualificado;
- existe detecção permanente de falha à terra;
- condutor neutro não distribuído.

b) Instalações alimentadas por transformador de isolamento com tensão primária inferior a 1000 V, em que se requer:

- a instalação utiliza poucos circuitos de comando;
- a alimentação dos circuitos de comando é essencial;
- manutenção da instalação por pessoal qualificado;
- existe detecção permanente de falha à terra.

c) Circuitos com alimentação independente, de extensão reduzida, sendo prioritária a continuidade dos serviços como, por exemplo, em um hospital.

d) Instalações que alimentam exclusivamente fornos industriais.

e) Instalações de retificação destinado exclusivamente a acionamentos com velocidade controlada.

NOTA: Nas instalações de baixa tensão, o neutro está sempre aterrado na origem da instalação, quando uma companhia elétrica fornece o serviço.

Figura 1 - Esquema TN-S. O condutor neutro e o condutor de proteção estão separados por toda a instalação.

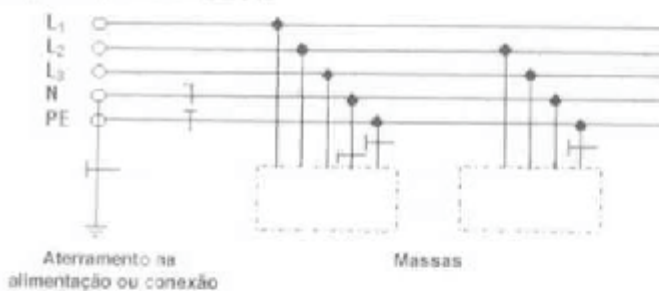


Figura 2 - Esquema TN-C-S. O condutor neutro e o condutor de proteção estão funcionando como um só em algum ponto da instalação.

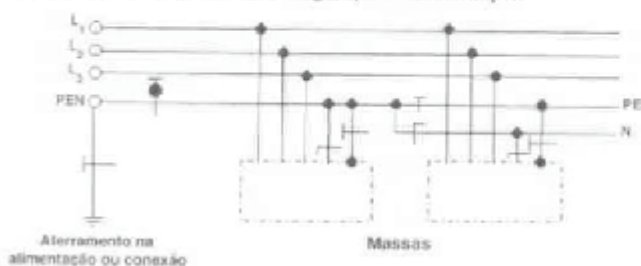


Figura 3 - Esquema TN-C. O condutor neutro e o condutor de proteção estão funcionando como um só ao longo de toda instalação.

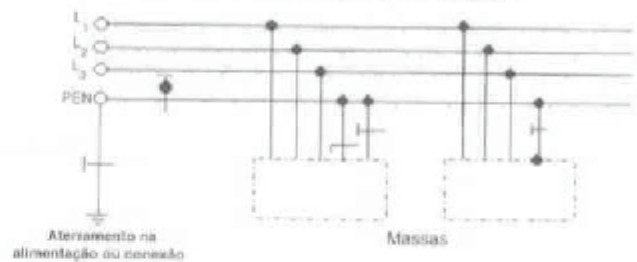


Figura 4 - Esquema TT.

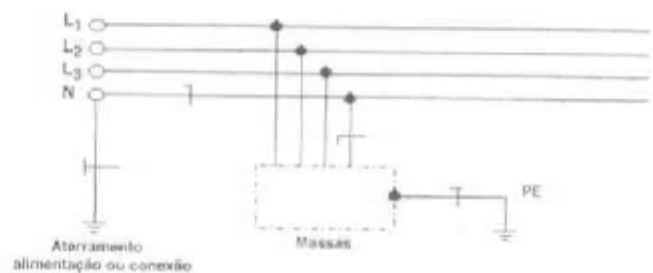
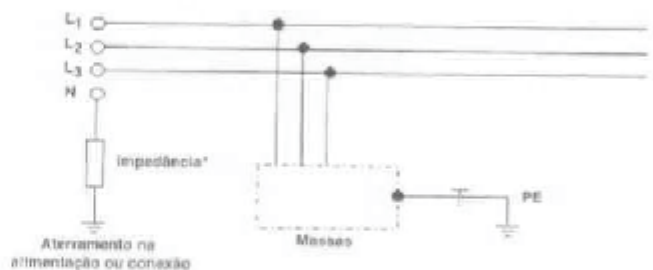


Figura 5 - Esquema IT.



* O neutro pode estar isolado do terra.

Tempos máximos de eliminação de uma falha no esquema TN

U_n (V)	Tempo de liberação(ões)
115, 120, 127	0,8
220	0,4
277	0,4
400	0,2
> 400	0,1

U_n = tensão nominal entre fase e terra, valor eficaz em corrente alternada.

Tempos máximos de eliminação de uma falha no esquema IT

U (V)	Tempo de liberação(ões)
208, 220, 230	0,8
380, 400, 480	0,4
690	0,2
1000	0,1

U = tensão nominal entre fases, valor eficaz em corrente alternada.

Temperaturas máximas nas superfícies externas de equipamentos elétricos ao alcance das pessoas

Tipo de superfície	Temperaturas máximas (°C)
Superfícies de alavancas, volantes ou maçanetas de dispositivos de controle manual: - Metálicas - Não-metálicas	55 65
Superfícies previstas para toque em serviço normal, com contatos ocasionais: - Metálicas - Não-metálicas	70 80
Superfícies acessíveis, mas não destinadas ao toque no serviço normal: - Metálicas - Não-metálicas	80 90

2.2. Os condutores elétricos

Antes de entrar na seção 6.2.3 da Norma NBR 5410 que regula o uso dos condutores elétricos, vamos falar das cores para sua identificação.

Identificação do condutor neutro: Qualquer condutor isolado, como cabo unipolar ou "núcleo" de um cabo multipolar que funcione como neutro, deve utilizar a cor azul claro em seu isolamento ou revestimento externo.

Identificação do condutor de proteção PE: Qualquer condutor isolado, como cabo unipolar ou "núcleo" de um cabo multipolar que funcione como condutor de proteção, deve utilizar a combinação de cores verde-amarelo em seu isolamento ou revestimento externo.

Identificação do condutor de proteção neutro PEN: Qualquer condutor isolado, como cabo unipolar ou "núcleo" de um cabo multipolar que funcione como condutor de proteção neutro, deve utilizar a cor azul claro como cor do isolamento e uma faixa ou linha em cores verde-amarelo sobre o isolamento ou revestimento externo.

Identificação dos condutores de fase: Os condutores de fase podem levar qualquer cor sempre e quando se respeitarem as cores utilizadas pelos condutores com funções de: neutro, proteção e neutro-proteção.

CONDUTORES COM ISOLAMENTO À BASE DE PVC TIPO BWF

O material dos condutores elétricos permitido pela norma pode ser o cobre ou o alumínio, preferindo-se os condutores de cobre pelas razões técnicas expostas no início deste *Manual do Eletricista*.

No caso dos condutores elétricos isolados com clorato de polivinila (PVC), este material deverá ser à prova de fogo, do tipo BWF.

Tipos de Linhas Elétricas

Os condutores elétricos deverão ser instalados como indicado na seguinte Tabela 1:

Tabela 1 - Tipo de Linhas Elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede terminicamente isolante	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede terminicamente isolante	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaço da mesma	B1
4		Cabo multipolar e eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaço da mesma	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou afastado da mesma	C
11A		Cabo unipolar ou cabo multipolar no teto	C
11B		Cabo unipolar ou cabo multipolar afastado do teto	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada ou prateleira	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais ou teto	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G

21		Cabos unipolares ou cabo multipolar em espaço de construção	$1,5 D_1 \leq V < 5 D_1$ B2 $5 D_1 \leq V < 50 D_1$ B1
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção	$1,5 D_1 \leq V < 20 D_1$ B2 $20 D_1 \leq V$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não circular em espaço de construção	$1,5 D_1 \leq V < 20 D_1$ B2 $V \geq 20 D_1$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular em espaço de construção	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	$1,5 D_1 \leq V < 5 D_1$ B2 $5 D_1 \leq V < 50 D_1$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	B2
28		Cabos unipolares ou cabo multipolar em forro falso ou em piso elevado	$1,5 D_1 \leq V < 5 D_1$ B2 $5 D_1 \leq V < 50 D_1$ B1
31		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede	B1
32		em percurso horizontal ou vertical	B1
31A		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em	B2
32A		percurso horizontal ou vertical	B2
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada encaixada no piso ou no solo	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada encaixada no piso ou no solo	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical	$1,5 D_1 \leq V < 20 D_1$ B2 $V \geq 20 D_1$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada encaixada no piso ou no solo	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada encaixada no piso ou no solo	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante	A1

52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto enterrado ou em canaleta não ventilada no solo	D
61A		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto enterrado ou em canaleta não ventilada no solo	D
62		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), sem proteção mecânica adicional	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede	B1
72A		Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1
74		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A		Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B2

FONTE: ABNT-NBR 5410

Capacidades de condução de corrente

As capacidades de condução de corrente dos condutores elétricos estão baseadas na Norma IEC 364-5-523 e dependem em primeira instância de: forma de instalação, temperaturas de operação, número de condutores na canalização etc.

A Norma NBR 5410 define os métodos de instalação dos condutores elétricos por meio de letras, como segue:

A1 - Condutores isolados em um eletroduto de seção circular embutido em uma parede termicamente isolante.

A2 - Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em uma parede termicamente isolante.

B1 - Condutores isolados em eletroduto de seção circular instalado sobre uma parede de madeira.

B2 - Cabo multipolar em eletroduto de seção circular instalado sobre uma parede de madeira.

C - Cabos unipolares ou multipolares instalados em uma parede de madeira.

D - Cabo multipolar em eletroduto enterrado diretamente.

E - Cabo multipolar ao ar livre.

F - Agrupamento de cabos unipolares na forma de trevo ou coplanar.

G - Cabos unipolares espaçados ao ar livre.

NOTAS GERAIS

- Para A1 e A2, a condutância mínima considerada é de $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

- Para B1 e B2, eletrodutos metálicos ou de plástico com um afastamento da parede de pelo menos 0,3 vezes o diâmetro externo do eletroduto.

- Para C, a distância de afastamento da parede ou entre condutores de pelo menos 0,3 vezes o diâmetro externo do cabo.

- Para o método D, os eletrodutos de metal, plástico ou cerâmica ou diretamente enterrados se considerados com uma resistividade térmica de $2,5 \text{ k}\cdot\text{m/W}$, com uma profundidade de 0,7 m.

- Para os métodos E, F e G, as distâncias entre cabos ou qualquer superfície adjacente devem ser ao menos 0,3 vezes o diâmetro externo do cabo multipolar ou um diâmetro externo no caso de cabos unipolares.

- Para o método G, a separação dos cabos deve ser de pelo menos o diâmetro externo do cabo.

- O fator de carga considerado é de 100%.

- A frequência da corrente considerada é de 50 ou 60 Hz.

Tabela 2 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.

Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares – cobre e alumínio, isolamento de PVC; - temperatura de 70°C no condutor; - temperaturas – 30°C (ambiente); 20°C (solo)

Método de instalação definidos na tabela 1												
Seções nominais mm ²	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares – cobre e alumínio, isolação de EPR ou XLPE; - temperatura de 90°C no condutor; - temperaturas – 30°C (ambiente); 20°C (solo)

Método de instalação definidos na tabela 1												
Seções nominais mm ²	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1122	923	711	596
800	885	792	805	721	1158	1020	952	837	1311	1074	811	679
1000	1014	908	923	826	1332	1173	1088	957	1515	1237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

FONTE: ABNT-NBR 5410.

Tabela 4 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G. Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares – cobre e alumínio, isolação PVC; - temperatura de 70°C no condutor; - temperaturas – 30°C






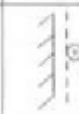

Método de instalação definidos na tabela 1							
Seções nominais mm ²	E	E	F	F	F	G	G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1000	1292	1073	1346	1079	1296	1528	1448
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	740	900	840
800	822	714	944	832	875	1050	1000
1000	948	823	1092	965	1015	1213	1161

Tabela 5 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G. Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares – cobre e alumínio, isolamento de EPR ou XLPE; - temperatura de 90°C no condutor; - temperaturas – 30°C

Seções nominais mm ²	Método de instalação definidos na tabela 1						
	E	E	F	F	F	G	G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1085	1008
500	1030	859	1083	946	998	1253	1169
630	1196	995	1254	1088	1151	1454	1362
800	1396	1159	1460	1252	1328	1696	1595
1000	1613	1336	1683	1420	1511	1958	1849
Alumínio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1154	1077
800	1026	879	1164	1056	1106	1351	1266
1000	1186	1012	1347	1226	1285	1565	1472

Temperaturas de operação dos condutores elétricos

Tipo de isolamento	Temperatura máxima em serviço contínuo (condutor) (°C)	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) (°C)	Temperatura de curto-circuito (condutor) (°C)
Cloreto de polivinila (PVC)	70	100	160
Borracha etileno propileno (EPR)	90	130	250
Policetileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C e de 20°C no caso de condutores diretamente enterrados

Temperatura (°C)	Tipo de isolamento	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,87	0,96
40	0,79	0,91
45	0,71	0,87
50	0,61	0,82
55	0,50	0,76
60	-	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41
do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Fatores de correção para agrupamento de circuitos ou cabos multipolares, aplicáveis aos valores de capacidade de condução de corrente dados nas tabelas de 2 a 5.

Item	Disposição dos cabos justapostos	Número de circuitos ou de cabos multipolares														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20			
1	Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38			
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou greideira (Nota 7)	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70						
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61						
4	Camada única em bandeja perfurada (Nota 7)	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72						
5	Camada única em leito, suporte (Nota 7)	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78						

Fonte: ABNT-NBR 5410

NOTAS

- Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos, uniformemente carregados.
- Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- Os mesmos fatores de correção são aplicáveis a:
 - grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares;
 - cabos multipolares.
- Se um agrupamento é constituído tanto de cabos bipolares como de cabos tripolares, o número total de cabos é tomado igual ao número de circuitos e o fator de correção correspondente é aplicado às tabelas de dois condutores carregados, para os cabos bipolares, e às tabelas de três condutores carregados para cabos tripolares.
- Se um agrupamento consiste em N condutores isolados ou cabos unipolares, pode-se considerar tanto N/2 circuitos com dois condutores carregados como N/3 circuitos com três condutores carregados.
- Os valores indicados são médias para faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.
- Os fatores de correção dos itens 2, 4 e 5 são genéricos e podem não atender a situações específicas.

Fatores de correção para agrupamento de circuitos constituídos por cabos unipolares, aplicáveis aos valores referentes a cabos unipolares ao ar livre – Método de referência F nas tabelas 3 e 4

Método de instalação		Número de bandejas ou leitos	Número de circuitos trifásicos (Nota 5)			Utilizar como multiplicador para a coluna:
			1	2	3	
Bandejas horizontais perfuradas (Nota 3)		1	0,98	0,91	0,87	6
		2	0,96	0,87	0,81	
		3	0,95	0,85	0,78	
Bandejas verticais perfuradas (Nota 4)		1	0,96	0,86	-	6
		2	0,95	0,84	-	
Leitos suportes horizontais etc. (Nota 3)		1	1,00	0,97	0,96	6
		2	0,98	0,93	0,89	
		3	0,97	0,90	0,86	
Bandeja horizontal perfurada (Nota 3)		1	1,00	0,98	0,96	5
		2	0,97	0,93	0,89	
		3	0,96	0,92	0,86	
Bandejas verticais perfuradas (Nota 4)		1	1,00	0,91	0,89	5
		2	1,00	0,90	0,86	
		3	1,00	1,00	1,00	
Leitos suportes horizontais etc. (Nota 3)		1	0,97	0,95	0,93	5
		2	0,96	0,94	0,90	
		3	0,96	0,94	0,90	

FONTE: ABNT-NBR 5410.

NOTAS

- Os valores indicados são médios.
- Os fatores são aplicáveis a cabos agrupados em uma única camada, como mostrado acima, e não se aplicam a cabos dispostos em mais de uma camada. Os valores para tais disposições podem ser sensivelmente inferiores e devem ser determinados por um método adequado.
- Os valores são indicados para uma distância vertical entre bandejas ou leitos de 300 mm. Para distâncias menores, os fatores devem ser reduzidos.
- Os valores são indicados para uma distância horizontal entre bandejas de 225 mm, estando montadas fundo a fundo. Para espaçamentos inferiores os fatores devem ser reduzidos.
- Para circuitos contendo vários cabos em paralelo por fase, cada grupo de três condutores deve ser considerado um circuito para a aplicação desta tabela.

Seções transversais mínimas dos condutores

Tipo de instalação	Tipo de circuito em que vai ser utilizado	Seção transversal mínima do condutor (mm ²) - material	
Instalações fixas em geral	Cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e controle	0,5 Cu
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e controle	4 Cu
		Para um equipamento específico	Conforme especificado na norma do equipamento
Ligações flexíveis realizadas com cabos isolados	Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu	
	Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu	

NOTAS

- Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos são permitidas seções de até 0,1 mm².
- Em cabos multipolares flexíveis com mais de sete núcleos são permitidas seções de até 0,1 mm².
- Os circuitos para tomada de corrente são considerados circuitos de força.

Seção transversal do condutor neutro

Seção transversal dos condutores de fase mm ²	Seção transversal do condutor neutro mm ²
S ≤ 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120

Limites de queda de tensão*

Instalações	Iluminação	Outros usos
A – Alimentadas diretamente por um circuito derivado de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão	4 %	4 %
B – Alimentadas diretamente do transformador de distribuição a partir de uma instalação de alta tensão	7 %	7 %
C – Por alimentação própria	7 %	7 %

NOTAS

- * Esta queda de tensão é considerada desde a origem ou fonte de alimentação da instalação elétrica até qualquer ponto de utilização desta.
- Nos casos B e C, as quedas de tensão nos circuitos derivados não devem ser maiores que os valores indicados em A.
- Nos casos B e C, quando os circuitos alimentadores possuem comprimentos superiores a 100 m, as quedas de tensão podem aumentar 0,005% por metro a partir de 100 m, sem que essa percentagem exceda 0,5%.

Porcentagem	Aplica-se ao caso de:
53 %	um único condutor ou cabo
31 %	dois condutores ou cabos
40 %	três ou mais condutores ou cabos

NOTA

Aplica-se somente a cabos que conduzem corrente elétrica.

Seções mínimas dos condutores de aterramento

Proteção contra a corrosão	Com proteção mecânica	Sem proteção mecânica
Sim	Os condutores devem estar contidos em canos	Cobre: 16 mm ² Aço: 16 mm ²
Não	1 - Cobre: 16 mm ² (somente presença de ácidos), 2 - 25mm ² (somente presença de sal alcalino), 3 - Aço: 50 mm ²	

condutores de fase (S) mm ²	condutor de proteção correspondente (Sp) mm ²
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

Valores da constante "K" para o cálculo da resistência de isolamento dos cabos com isolamento à base de cloreto de polivinila (PVC)

K = 185 Mohms·km a 20°C NBR 7288

K = 37 Mohms·km a 20°C NBR 13249

K = 185 Mohms·km a 20°C NBR 6148

3. Seleção e cálculo de seções

3.1. Fatores a ser considerados para o cálculo da seção mínima

Após a seleção do produto para a aplicação e levando em conta os requisitos que a norma de instalações elétricas em baixa tensão indica, o passo a seguir é o cálculo da seção mínima do condutor com base na carga a ser atendida.

Para a seleção de uma seção são realizadas os seguintes cálculos:

Elétricos:

- Capacidade de condução de corrente
- queda de tensão
- curto-circuito

Mecânicos:

- cálculos de instalação dos condutores

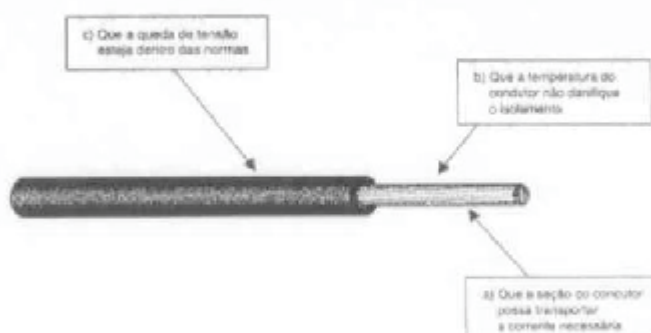
Econômicos:

- cálculos de perdas
- seleção de calibre econômico

Neste *Manual do Eletricista* vamos nos concentrar nos cálculos elétricos e mecânicos, deixando para os engenheiros da planta as execuções dos cálculos econômicos quanto aos critérios e variáveis financeiras, assim como fiscais que devem ser consideradas.

Em primeiro lugar, é necessário deixar clara que a escolha da seção mínima de um condutor nem sempre é a mais econômica.

A figura apresentada a seguir ilustra os principais fatores a considerar para o cálculo da seção mínima.



É de vital importância considerar os três aspectos simultaneamente, porque caso contrário, podem ocorrer os seguintes problemas:

a) Se a seção de cobre for menor:

- O condutor tenderá a uma maior resistência elétrica, aumentando as perdas de energia.
- O condutor tenderá a uma maior temperatura de operação, degradando rapidamente o isolamento.
- A queda de tensão no circuito será maior que a permitida, o que afeta a operação de equipamentos sobre todos os componentes eletrônicos.

b) Se não houver proteção do isolamento:

- Sofrerá uma deterioração por causa da alta temperatura, aumentando o risco de fugas de corrente e de curtos-circuitos.
- A vida útil do cabo será diminuída.

c) Se não houver preocupação com a queda de tensão:

- A instalação elétrica não cumprirá a norma.
- Os equipamentos alimentados podem ser danificados ou não funcionar adequadamente.

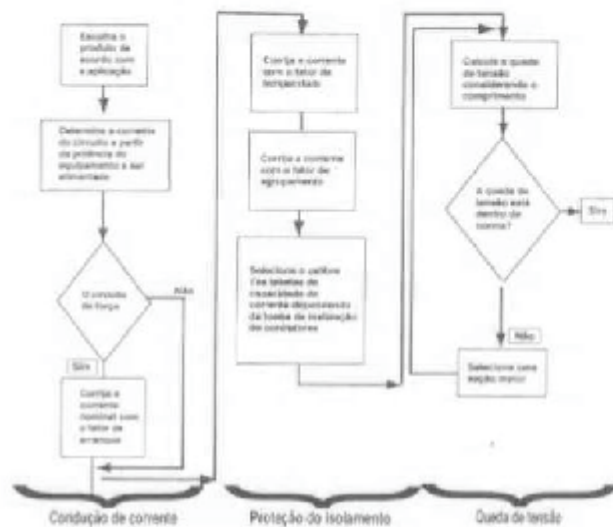
3.2. Dados necessários para o cálculo

Os dados apresentados a seguir são, em princípio, suficientes para calcular os condutores elétricos nos três aspectos vistos anteriormente:



3.3. Procedimento geral de cálculo

O seguinte diagrama de fluxo nos orientará como proceder para calcular os condutores elétricos:



3.4. Cálculos elétricos

1 - Determinação da corrente que demanda a carga

Para calcular a corrente que demanda a carga, podemos utilizar qualquer uma das fórmulas seguintes em função dos dados obtidos:

Fórmulas elétricas	Corrente contínua	Corrente alternada		
		Uma fase	Duas fases	Três fases
Ampères HP conhecido	$\frac{HP \times 746}{E \times N}$	$\frac{HP \times 746}{E \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 746}{2 \times E \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 746}{1,73 \times E \times N \times f.p.}$
Ampères kW conhecido	$\frac{kW \times 1.000}{E \times f.p.}$	$\frac{kW \times 1.000}{E \times f.p.}$	$\frac{kW \times 1.000}{2 \times E \times f.p.}$	$\frac{kW \times 1.000}{1,73 \times E \times f.p.}$
Ampères kVA conhecido		$\frac{kVA \times 1.000}{E}$	$\frac{kVA \times 1.000}{2 \times E}$	$\frac{kVA \times 1.000}{1,73 \times E}$
kW	$\frac{I \times E}{1.000}$	$\frac{I \times E \times f.p.}{1.000}$	$\frac{I \times E \times f.p. \times 2}{1.000}$	$\frac{I \times E \times f.p. \times 1,73}{1.000}$
kVA		$\frac{I \times E}{1.000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1.000}$	$\frac{I \times E \times 1,73}{1.000}$
Potência de saída HP	$\frac{I \times E \times N}{746}$	$\frac{I \times E \times N \times f.p.}{746}$	$\frac{I \times E \times N \times f.p. \times 2}{746}$	$\frac{I \times E \times N \times f.p. \times 1,73}{746}$
Fator de potência	Unitário	$\frac{W}{E \times I}$	$\frac{W}{2 \times E \times I}$	$\frac{W}{1,73 \times E \times I}$

onde:

I = corrente em Ampères;

E = tensão em Volts;

N = eficiência;

HP = cavalos de potência;

R.P.M. = $f \times 120 / \pi$;

f = frequência;

p = número de pólos;

f.p. = fator de potência;

KW = potência em quilowatts;

KVA = potência aparente;

W = potência real em Watts;

R.P.M. = rotações por minuto.

Para sistemas de duas fases, três fios, a corrente no condutor comum é 1,41 vezes maior que em qualquer um dos outros condutores.

2 - Seleção da capacidade de condução de corrente

Após determinarmos a corrente que a carga demanda, o passo seguinte é selecionar a seção do condutor que pode conduzir essa corrente em função da forma de instalação dos condutores elétricos.

Conceito básico - A capacidade de condução de corrente é um fenômeno de transferência de calor. As fontes de geração de calor em um cabo de baixa tensão são:

- a) o condutor;
- b) o isolante.

O calor gerado fluirá de um ponto de maior temperatura a um de menor temperatura.

Existem diferentes barreiras térmicas que detêm esse fluxo de calor:

- o isolante do cabo;
- ar ao redor do cabo;
- terra circundante ao cabo;
- parede do eletroduto etc.

Existem diferentes programas de computador que nos permitem obter as capacidades de corrente dos condutores elétricos executando-se ensaios de transferência de calor.

A Norma de instalações elétricas NBR 5410 indica as mesmas e o *Manual do Eletricista* define os métodos de instalação e suas respectivas capacidades de condução de corrente de acordo com essa Norma.

Após a seleção de uma seção ou calibre para uma instalação particular, deveremos corrigir essa corrente:

- Pelo número de condutores na canalização;
- Pela temperatura ambiente.

3 - Queda de tensão

Conforme comentado anteriormente, a queda de tensão deve ser mínima para evitar que os equipamentos alimentados apresentem mau funcionamento.

As fórmulas para o cálculo da queda de tensão são:

1- Sistema monopolar em corrente alternada

$$\Delta V = 2 \times I \times L \times Z \dots\dots\dots \text{volts}$$

2 - Sistema tripolar em corrente alternada

$$\Delta V = 1,732 \times I \times L \times Z \dots\dots\dots \text{volts}$$

3 - Sistema em corrente contínua

$$\Delta V = 2 \times I \times L \times R_{cc} \dots\dots\dots \text{volts}$$

onde:

I = Corrente calculada do sistema, sem ser afetada pelos fatores de agrupamento e temperatura

L = Comprimento total do circuito, compensando a cabeceação na canalização

Z = Impedância do sistema de cabos em corrente alternada

R_{cc} = Resistência dos condutores em corrente contínua à temperatura de operação do condutor

No caso de sistemas de corrente alternada, a impedância do sistema de cabos é calculada através das seguintes fórmulas:

Sem considerar o fator de potência:

$$Z = R^2 + X_L^2 \dots\dots\dots \text{ohms/km}$$

Considerando o fator de potência:

$$Z = R \cos\phi + X_L \sin\phi \dots\dots\dots \text{ohms/km}$$

onde:

R = Resistência à corrente alternada corrigida na temperatura de operação do condutor

$\cos\phi$ = Fator de potência da instalação

X_L = Reatância indutiva

$\sin\phi$ = Seno do ângulo que resulta do fator de potência

Reatância indutiva

Para o cálculo da reatância indutiva utilizaremos as seguintes fórmulas:

$$X_L = 2\pi fL \dots\dots\dots \text{ohms/km}$$

onde:

L = indutância em H/km;

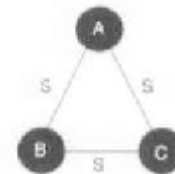
f = frequência da rede elétrica.

Indutância total

Encontraremos a seguir as diferentes fórmulas empregadas em função da configuração dos condutores na instalação:

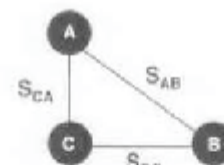


$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left(\frac{S}{RMG} \right) \dots\dots\dots \text{H/km}$$



$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left(\frac{S}{RMG} \right) \dots\dots\dots \text{H/km}$$

$$DMG = (S_{AB} \times S_{BC} \times S_{AC})^{1/3}$$



$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \dots\dots\dots \text{H/km}$$

$$DMG = (2)^{1/3} \times S$$



$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \dots\dots\dots \text{H/km}$$

Raio Médio Geométrico RMG

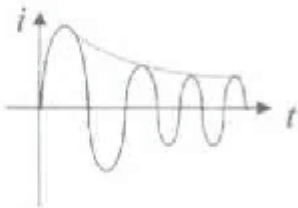
Tipo de condutor	RMG
Fio sólido	0,779r
Cabo de 7 fios	0,726r
Cabo de 19 fios	0,758r
Cabo de 37 fios	0,768r
Cabo de 61 fios	0,772r

r = raio do condutor nu

4 - Capacidade de corrente de curto-circuito. Efeitos térmicos.

Os sistemas elétricos estão sujeitos a diversos distúrbios durante sua operação. Um destes distúrbios é o curto-circuito.

As correntes de curto-circuito introduzem no sistema elétrico grandes quantidades de energia destrutiva na forma de calor e forças magnéticas.



Tipos de curto-circuito	Incidência
Fase a terra	70%
Fase a fase	10%
Tripolar	15%
Duas fases a terra	1%
Três fases a terra	4%

Fórmula aplicada aos condutores elétricos

$$I = \sqrt{\frac{K \log \left[\frac{T_2 + 234,5}{T_1 + 234,5} \right]}{t}} \times A \dots\dots\dots \text{Ampères}$$

onde:

- K = 0,0297 para o cobre e 0,0125 para o alumínio;
- T₂ = Temperatura máxima de curto-circuito para o isolante;
- T₁ = Temperatura máxima de operação normal do isolante;
- t = Tempo de liberação da falha;
- A = Área do condutor em circular mils.

1 mm ² = 1973,53 circular mils
1 ciclo = 1/60 Hz = 0,0167 segundos

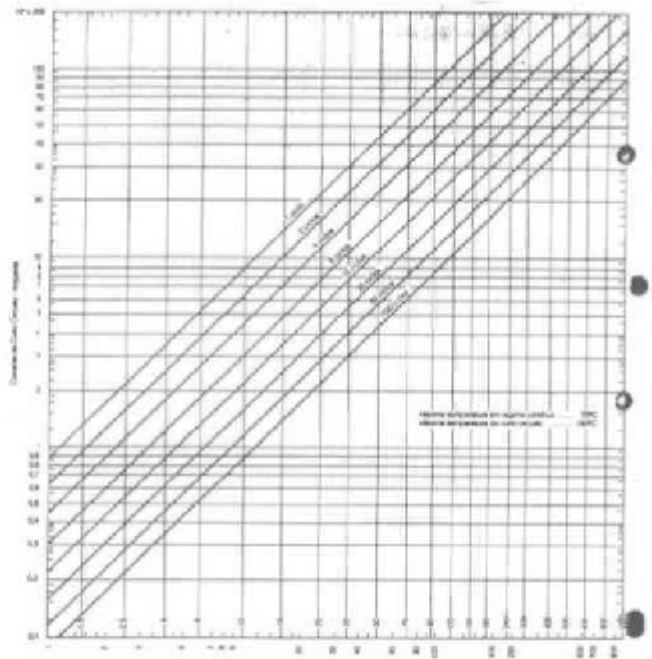
Temperaturas de operação dos isolantes em °C

Tipo de isolante	Máximo de operação	Máximo de sobrecarga	Curto-circuito
PVC	70	100	160
EPR	90	130	250
XLPE	90	130	250

Dispositivos de proteção com seus tempos de disparo ou de liberação de falhas

Dispositivo de proteção	Marco	
Interruptor de ar	225 - 600 A 2 a 3 ciclos	1600 - 4000 A 3 ciclos
Interruptor termomagnético	100 A 1,1 ciclos	225 - 1200 A 1,5 ciclos
Fusível de alta corrente	0,25 ciclos	
Fusível de baixa corrente	1000 segundos	

Gráfico de capacidades de corrente de curto-circuito de cabos isolados com PVC tipo BWF, com condutor de cobre



Capacidade de corrente de curto-circuito. Efeitos dinâmicos.

Ao circular uma corrente de curto-circuito por um condutor, cria-se um campo magnético que ocasiona o movimento de um condutor. Entre condutores surge um fenômeno de repulsão em virtude da direção do campo magnético.

A seguir, são apresentadas as equações que nos permitirão calcular a força de repulsão que aparece no curto-circuito e que nos indicará a que distância devemos fixar os condutores instalados em bandejas.

Os fabricantes de cintas indicam em seus catálogos a força que as cintas suportam em função do tipo de material e da relação largura-espessura, dependendo do projeto de cintas, cinturões ou abraçadeiras como são conhecidas.

Corrente contínua. Disposição coplanar:

$$F = 2,08 I^2/d \times 10^{-8} \dots\dots\dots \text{kg/cm}$$

Corrente alternada monofásica. Disposição coplanar:

$$F = 4,08 I^2/d \times 10^{-8} \dots\dots\dots \text{kg/cm}$$

Corrente alternada tripolar. Disposição em trevo:

$$F = 1,756 I^2/d \times 10^{-8} \dots\dots\dots \text{kg/cm}$$

Corrente alternada tripolar. Disposição coplanar:

$$F = 1,53 I^2/d \times 10^{-8} \dots\dots\dots \text{kg/cm}$$

onde:

- F = Força de repulsão resultante entre condutores;
- I = Corrente de curto-circuito;
- d = Separação entre condutores.

4. Recomendações e cuidados com os condutores elétricos

4.1. Regras Importantes

Elaboração física de circuitos elétricos

Existem duas fases importantes na elaboração de circuitos elétricos; a primeira consiste no desenho (projeto) do circuito, e a segunda, na instalação correta dos equipamentos e materiais envolvidos.

Um excelente desenho torna-se obsoleto se, ao executar a instalação, os materiais sejam danificados, expondo o pessoal que trabalha com eles a sérios perigos e colocando suas vidas em risco. Isto acarreta perdas econômicas consideráveis.

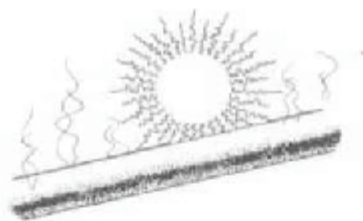
Nesta seção são oferecidos alguns conselhos práticos para o manejo, armazenamento e instalação dos condutores elétricos, com o fim de obter-se a máxima eficiência e segurança que se deve existir em toda instalação elétrica.



- Fazer uniões com a técnica correta. Uniões e terminais defeituosos são fontes de dificuldades.



- Quando for necessário repar fusíveis, procurar os que tenham capacidade suficiente.



- Quando for necessário instalar condutores expostos ao sol, é preciso levar em conta as condições que estará exposto o cabo para calcular a capacidade de corrente e o tipo de condutor.



- Instalar eletrodutos com marcações de distância. Evitar número excessivo de voltas e procurar que tenham o raio de curvatura correto.



- Checar periodicamente a carga dos circuitos, com o objetivo de evitar sobrecargas. Re projetar circuitos quando as ampliações exigirem.



- Na medida do possível, projetar dutos com registros (válvula), para evitar inundações.



- Evitar que os condutores entrem em contato com resíduos de produtos químicos, água, óleo etc. Alguns isolamentos são agredidos por esses tipos de substâncias.



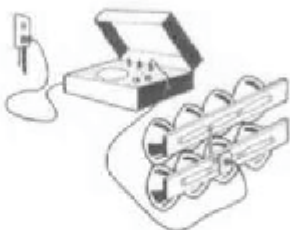
- Retirar os fios flexíveis do piso quando não estiverem em uso para evitar danos desnecessários.



- Não fazer instalações provisórias para que se tornem permanentes, isto equivale a fazer uma corrente com um elo quebrado.



- Não utilizar graxa para introduzir fios nos eletrodutos, é preferível usar condutores deslizantes que não precisam desses recursos.



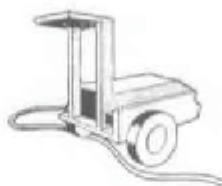
- Não permitir quedas excessivas de voltagem, estas reduzem a eficiência e causam super-aquecimento.



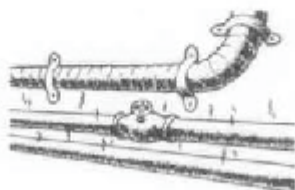
- Não esticar os condutores sobre cantos vivos ou superfícies ásperas.



- Nunca puxar os condutores de modo irresponsável. A formação de dobras é extremamente prejudicial.



- Não descuidar de cabos de aparelhos portáteis. Evitar colocá-los em áreas de trânsito de equipamentos pesados.



- Não instalar eletrodutos próximos a tubulações de vapor ou qualquer outra fonte de calor. Se necessário, instalar divisórias ou outro recurso adequado.



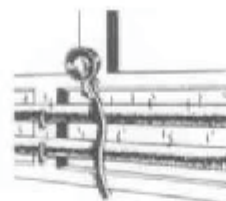
- Evitar correr cabos sobre raios de curvatura excessivamente pequenos.



- Não armazenar condutores elétricos em lugares extremamente quentes ou frios. Os isolamentos podem ser danificados.



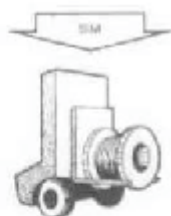
- Não congestionar um eletroduto ocupando uma área maior que a permitida, uma vez que a capacidade de corrente dos condutores se reduz consideravelmente. Deve-se seguir as recomendações da Norma NBR 5410.



- Evitar a instalação de fios elétricos sobre tubulações de vapor, seja temporária ou permanentemente.

Armazenagem

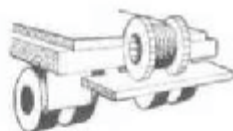
- Utilizar superfícies duras, para evitar que as flanges das bobinas afundem. As bobinas pequenas podem ser muito pesadas.
- Prevenir danos por impacto nos cabos; acomodar as bobinas flange com flange e manter fileiras ou colunas adequadas, para prevenir que o cabo seja golpeado pelos equipamentos que trabalham na construção.
- Prender os terminais do cabo depois de cortar um trecho, para evitar que a umidade penetre no isolamento.



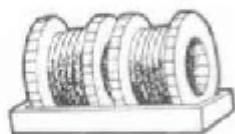
- Colocar as duas flanges entre as garras.



- A bobina pode ser levantada por meio de uma barra que a atravesse e se estenda a ambos os lados.



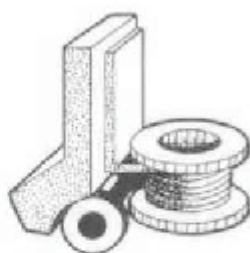
- Deve ser descarregada por uma plataforma hidráulica ou empilhadeira e abaixada lentamente.



- Carregá-las sempre unidas pelas flanges e bem travadas.



- Os materiais acondicionados desta maneira podem ser danificados.



- Não devem ser transportados por uma só flange. O cabo ou a bobina podem ser danificados.



- Nunca carregar a bobina fazendo pressão no material.



- Nunca deixá-las cair.

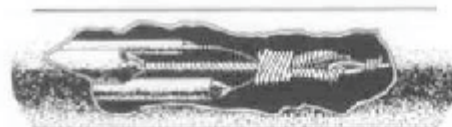
4.2. Conselhos para a instalação de cabos em eletrodutos ou bandejas. Elaboração de terminações

4.2.1. Eletrodutos

- Introduzir a guia no eletroduto. Isto pode ser feito por meio de um dispositivo que é empurrado por ar comprimido através do eletroduto. Outro método consiste em empurrar uma guia redonda flexível de aço através do eletroduto.



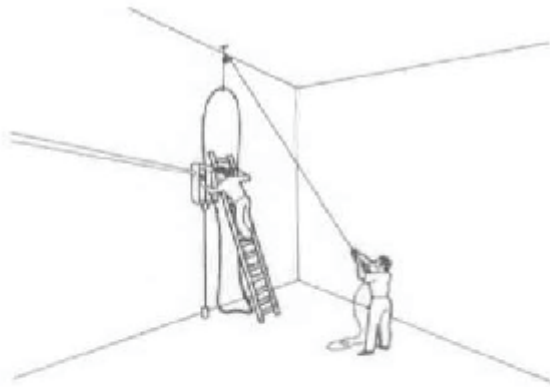
- Amarrar a guia ou linha para puxar os condutores. Uma malha (meia capa) pode ser usada sobre o isolamento; observar que a malha seja de um tipo que não possa danificar o eletroduto durante a tração.



- Quando os condutores forem puxados com uma corda ou arame, as pontas devem ser dobradas e fixas como ilustrado na figura, para garantir máxima flexibilidade nas mudanças de direção.

- É aconselhável alimentar os condutores dentro do eletroduto, o mais próximo possível da primeira dobra ou mudança de direção, para reduzir a tensão de tração.

- Para reduzir o coeficiente de fricção entre o eletroduto e os cabos são instalados condutores "deslizantes" que, sem necessidade de agregados, diminuem em até cinco vezes o esforço de tração. A força máxima de tração admissível nos condutores suaves de cobre é de (0,008 lb/CM) 7,3 kg/mm².



- Sempre que for possível, se deve empurrar os condutores para baixo; isto permite que a força da gravidade ajude reduzindo a tensão de tração.
- Quando se está preparando as pontas dos condutores para a tração é preciso atentar para que o metal não seja danificado, uma vez que condutores danificados possuem capacidade reduzida de tração, podendo ocorrer rupturas dentro do eletroduto, com conseqüente perda de tempo.

4.2.2. Dutos ou bandejas

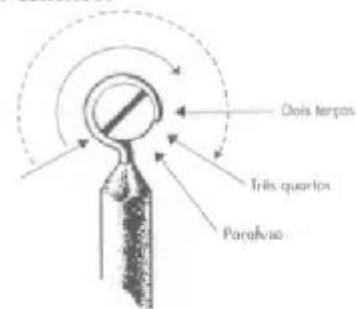
Desejando-se instalar cabos em dutos ou bandejas deve-se tomar as seguintes precauções, além daquelas aplicáveis à instalação em eletrodutos;

- Usar roldanas de raio grande e baixo peso onde houver necessidade de mudança de direção e roldanas pequenas nos segmentos de suporte reto; isto facilita a instalação e reduz consideravelmente a tensão de tração.
- Manter os raios de curvatura mínimos recomendados nas mudanças de direção (pelo menos oito vezes o diâmetro do cabo).
- Onde os cabos forem presos às bandejas, cuide para que os meios de fixação não danifiquem o isolamento.
- Os condutores de um mesmo circuito devem permanecer agrupados, mas sempre que for possível, é necessário mantê-los espaçados nos diferentes circuitos, para obter a melhor capacidade de condução de corrente e evitar concentração de calor.

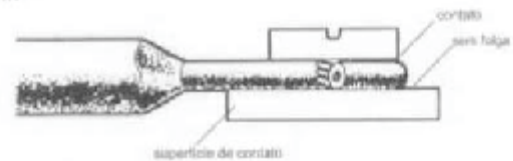
Elaboração de terminais

A parte importante de um sistema de fixação são as conexões. 80% dos problemas em um sistema de fixação está em conexões mal elaboradas, já que as conexões do condutor ao equipamento ou aparelho representam pontas quentes em função da alta resistência elétrica, o que significa um problema para a economia de energia e para a segurança contra incêndios. Isto, sem considerar o dano ao isolamento de cabos e equipamentos.

4.2.3. Como fazer conexões



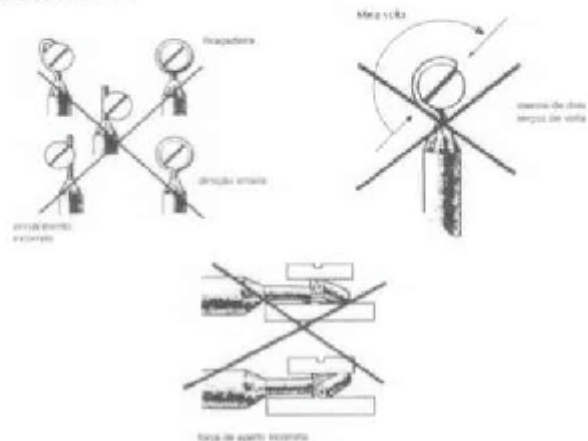
1 - Enrolar a parte desencapada do condutor dois terços ou três quartos da distância ao redor do pino do parafuso, como mostra a figura. A volta se faz de modo que, ao girar o parafuso para apertar, a tendência seja fechar-se mais, em vez de abrir.



2 - Apertar o parafuso até que o fio esteja em estreito contato com a parte inferior da cabeça do parafuso e a superfície de contato.



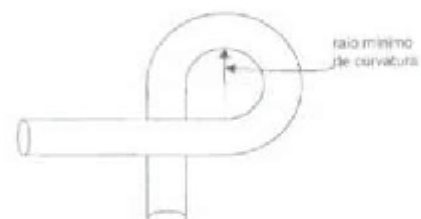
3 - Apertar o parafuso meia-volta adicional para garantir uma conexão firme.



4 - Esta figura mostra as maneiras erradas de se fazer conexões.

4.3. Cálculos de instalação de condutores elétricos

Os cálculos a que nos referimos são cálculos mecânicos que precisam ser feitas para evitar danos físicos aos condutores elétricos nos processos de instalação.



RAIO MÍNIMO DE CURVATURA

Cabos unipolares e multipolares

oito vezes o diâmetro externo do cabo.
Aplica-se a cabos de até 6 cm de diâmetro exterior

TENSÃO MÁXIMA ESTICADO EM LINHA RETA

$$T_m = T \times N \times A \dots\dots\dots\text{kg}$$

onde:

T_m = Tensão máxima permissível esticado em linha reta em kg;

T = Esforço permissível (kg/mm²), de acordo com o material condutor:

Valores de T (kg/mm ²)	
Alumínio duro (3/4)	5,3
Alumínio leve	2,7
Cobre leve	7,0

Valores máximos de T_m

2200 kg para cabos unipolares;

2700 kg para cabos multipolares acima de 10 mm² de seção transversal;

454 kg para cabos multipolares abaixo de 10 mm² de seção transversal;

Estes valores são limitantes e não deverão ser ultrapassados mesmo se os cálculos resultarem em um valor superior de tensão de arrasto.

COMPRIMENTO MÁXIMO DE INSTALAÇÃO EM LINHA RETA

$$L_m = T_m / (W \times F) \dots\dots\dots\text{m}$$

onde:

L_m = Comprimento máximo de instalação em linha reta em m;

T_m = Tensão máxima permissível esticado em linha reta em kg;

W = Peso total do cabo em kg/m;

F = Coeficiente de fricção (geralmente 0,5).

Materiais utilizados para lubrificar e baixar a fricção

Recomendados	Adequados	Não recomendados
Lubrificantes comerciais: 3M, Ideal, Dow Corning etc. que em suas formulações contenham teflon. Gordura siliconizada	Bentonita	Tálco industrial Sabão ou detergente

TENSÃO MÁXIMA DE ARRASTAMENTO (ESTICADO) CONSIDERANDO MUDANÇAS DE DIREÇÃO

$$T_m = T_2 + T_1 \times e^{\alpha} \dots\dots\dots\text{kg}$$

onde:

T_m = Tensão máxima permissível em kg;

T_2 = Tensão na final da parte reta da instalação em kg;

T_1 = Tensão T_2 que é a tensão de entrada na curva;

α = Ângulo da curva em radianos (° da curva x 3.1416/180);

f = Coeficiente de fricção (geralmente 0,5);

e = Base do logaritmo natural igual a 2,718.

OUTRAS CONSIDERAÇÕES

É importante lembrar que a canalização não deve ser escolhida somente para atender aos requisitos de dissipação térmica. Deve-se deixar espaço suficiente para a instalação dos condutores.

As fórmulas de instalação dos condutores elétricos, considerando todas as possibilidades, são muito complexas. Vamos considerar aqui a instalação em um único plano (horizontal).

Existem direções inclinadas para cima ou para baixo, curvas para cima ou para baixo, ângulos de curvatura fechados ou abertos.

À medida que se aumenta dimensões e peso dos cabos, é preciso calcular a pressão lateral para evitar danos ao cabo por esmagamento:

$$P_l = T_s / R \dots\dots\dots\text{kg/m}$$

onde:

T_s = Tensão na saída da curva em kg;

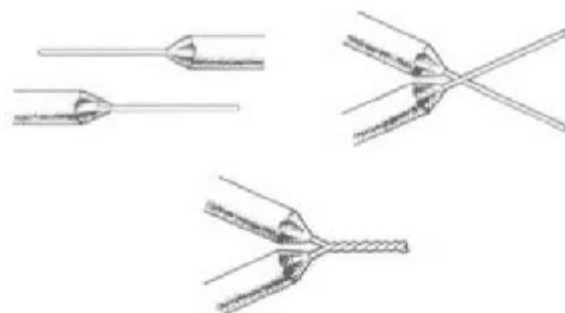
R = Raio da curva em metros.

Em qualquer caso, valores de 745 kg/m não deverão ser ultrapassados para evitar danos aos condutores.

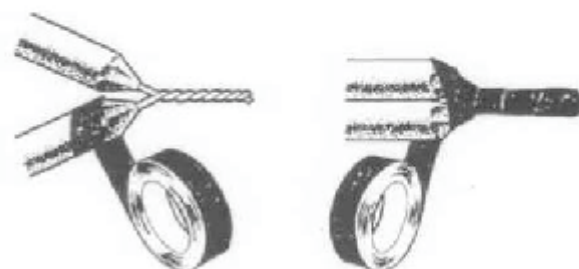
4.4. Emendas de condutores elétricos



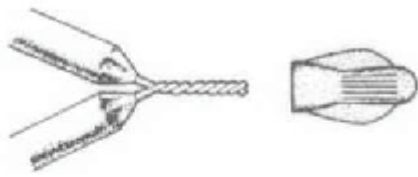
Forma de descascar o fio



Amarrado rabo de porco



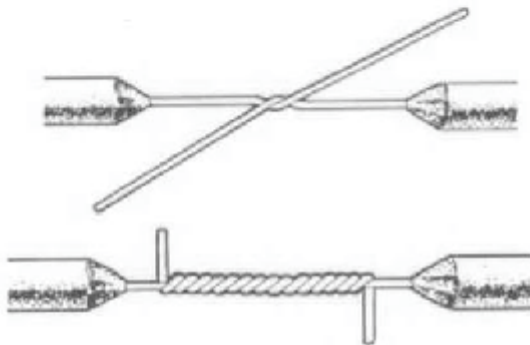
Isolamento do amarrado rabo de porco com fita isolante



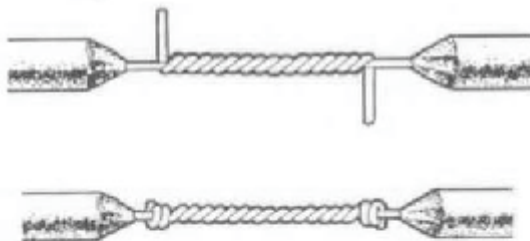
Conector para amarrado rabo de porco



- Nos calibres grossos, uma maneira fácil de se fazer é segurar no cabo e remover o isolamento da mesma forma que se aponta um lápis.



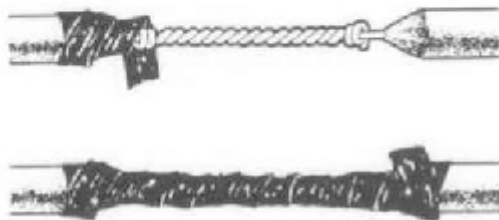
- Outro método seguro é cortar o isolamento para trás e em seguida cortar para frente as partes do mesmo.



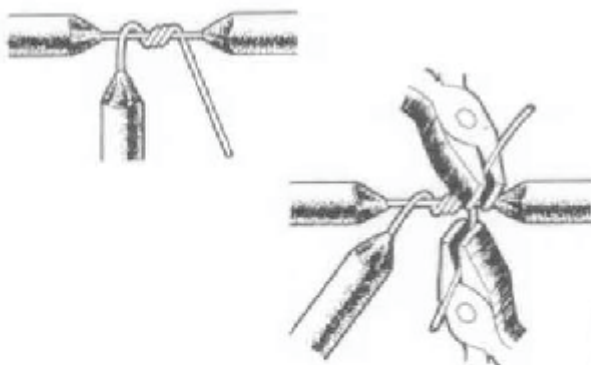
Amarrado Western



- Em calibres pequenos, recomenda-se o uso do descascador de fios. É preciso verificar e escolher o diâmetro adequado na ferramenta, para não estragar o condutor.



Isolamento do amarrado Western com fita isolante



Amarrado em T

Nota : Como parte complementar, para retirar o isolamento de um cabo com fio de baixa tensão, se recomenda observar o seguinte:

5. Seção Técnica

5.1. Importância do aterramento

É tão grande a massa do globo terrestre que seu potencial se mantém praticamente invariável qualquer que seja a espécie das cargas a ele aplicadas. É nesta característica que se baseia o princípio do aterramento.

Dependendo da finalidade que se pretende alcançar, existem os seguintes tipos de aterramento:

Aterramento para proteção

Significa drenar para a terra as correntes de falhas perigosas para garantir a integridade física das pessoas.

Aterramento para a execução de trabalhos

É um aterramento de caráter provisório. Serve para garantir a integridade física daqueles que trabalham em elementos normalmente de baixa tensão (por exemplo, linhas elétricas aéreas), pois normalmente estão desativadas.

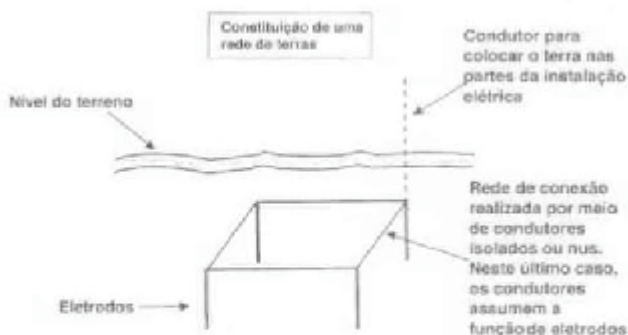
Aterramento de funcionamento

Refere-se à manutenção de uma parte do circuito ao potencial de terra. Estão enquadrados aqui o aterramento de condutor neutro das redes de distribuição de energia elétrica, a conexão ao terra dos trilhos de ferrovias e bondes elétricos, nos casos em que estes se constituem em um condutor ativo da rede de distribuição.

Constituição de uma instalação de terra

Uma instalação de aterramento compõe-se essencialmente de alguns eletrodos (pinos, placas ou condutores que estão em contato estreito com o terreno) e de uma rede de condutores que os conectam às partes da instalação que devem ser aterradas.

A conexão à terra das partes metálicas será mais eficiente quanto maior for a possibilidade das correntes de falha fluírem para o terreno, a fim de dispersá-las de maneira uniforme e sem originar zonas de concentração que, por sua vez, poderiam ser fonte de risco para a integridade física das pessoas que se encontrarem próximas às zonas mencionadas, além disso, para que evitassem que no âmbito da própria instalação receptora (eletrodomésticos, motores, aparelhos de iluminação etc.) possam ocorrer tensões perigosas entre as partes que normalmente não estão submetidas à tensão, mas que eventualmente podem ocorrer.



Tensão de contato

É a tensão a que o corpo humano pode estar exposto em consequência de contato com as carcaças e estruturas metálicas de máquinas e instalações que normalmente não estão sob tensão, porém eventualmente podem causar uma avaria interna.

Tensão de passo

É a tensão que, durante o funcionamento de uma instalação de terra, pode ocorrer aplicada entre os pés de uma pessoa a distância de um passo (1 metro).

A proteção contra as tensões de passagem referem-se particularmente a média e alta tensão.

EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA NO SER HUMANO (Padrão 524a IEEE 1993)

Efeitos	Corrente (mA)			
	Corrente Contínua		60Hz rms	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Nenhuma sensibilidade na mão.	1,0	0,6	0,4	0,3
Ligeiro formigamento limiar de percepção.	5,2	3,5	1,1	0,7
Incômodo, porém sem dor e sem perda do controle muscular.	9,0	6,0	1,8	1,2
Choque doloroso, perda do controle muscular. Cansaço do coração.	62,0	41,0	9,0	6,0

5.2. Prefixos do Sistema Internacional para expressar fatores decimais

Fator	Prefixo	Símbolo	Fator	Prefixo	Símbolo
10^{16}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^9	giga	G	10^{-6}	micro	u
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	quilo	k	10^{-12}	pico	p
10^2	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^1	deca	da	10^{-18}	atto	a

5.3. Fatores de conversão

Massa

Unidade	Multiplicar por:	Para obter:
Libras (lbs)	0,4536	Quilogramas
Quilogramas	2,205	Libras (lbs)
Toneladas GB (2240 lbs)	1016,02	Quilogramas
Quilogramas	0,00098	Toneladas GB (2240 lbs)
Onças (oz)	28,35	Gramas
Gramas	0,0353	Onças (oz)
Grãos (gr)	0,0648	Gramas
Gramas	15,432	Grãos (gr)
Toneladas US (2000 lbs)	907,184	Quilogramas
Quilogramas	0,001102	Toneladas US (2000 lbs)

Potência

Unidade	Multiplicar por:	Para obter:
Cavalos-vapor	33000,00	Libras-pês
Watts	44,24	Libras-pês
Cavalos de potência	0,746	Quilowatts
Quilowatts	1,34	Cavalos de potência
Atmosferas	14,68	Libras por polegada quadrada

Eleticidade

Unidade	Multiplicar por:	Para obter:
Ohms por milha	0,6214	Ohms por quilômetro
Ohms por quilômetro	1,6093	Ohms por milha
Ohms por 1000 pês	3,2810	Ohms por quilômetro
Ohms por quilômetro	0,3048	Ohms por 1000 pês

Temperatura

Unidade	Multiplicar por:	Para obter:
Graus Fahrenheit	$-32 (+ ^\circ\text{F}) \times 5/9$	Graus Centígrados
Graus Centígrados	$^\circ\text{C} \times 9/5 + 32$	Graus Fahrenheit

Comprimento

Unidade	Multiplicar por:	Para obter:
Polegadas	2,540	Centímetros
Centímetros	0,3937	Polegadas
Pês	0,3048	Metros
Metros	3,2810	Pês
Jardas	0,9144	Metros
Metros	1,0936	Jardas
Milhas terrestres	0,6648	Quilômetros
Quilômetros	15,432	Milhas terrestres

Superfícies

Unidade	Multiplicar por:	Para obter:
Polegadas quadradas	645,16	Milímetros quadrados
Milímetros quadrados	0,00155	Polegadas quadradas
Jardas quadradas	0,8361	Metros quadrados
Metros quadrados	1,196	Jardas quadradas
Hectares	2,471	Acres
Acres	0,4047	Hectares
Milhas circulares	0,0005067	Milímetros quadrados
Milímetros quadrados	1973,5	Milhas circulares

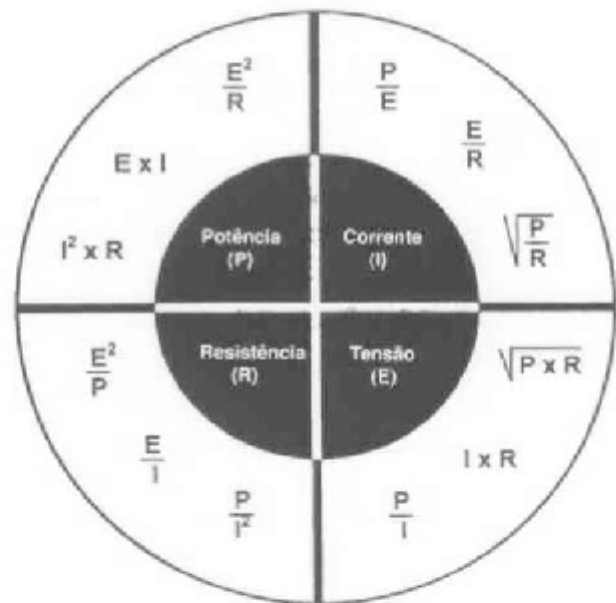
Volumes

Unidade	Multiplicar por:	Para obter:
Polegadas cúbicas	16,387	Centímetros cúbicos
Centímetros cúbicos	0,0610	Polegadas cúbicas
Jardas cúbicas	0,7645	Metros cúbicos
Metros cúbicos	1,308	Jardas cúbicas
Galões GB	4,546	Litros
Litros	0,220	Galões GB
Galões US	3,785	Litros
Litros	0,264	Galões US

Constantes

Unidade	Valor
Zero absoluto	$-273,15^\circ\text{C}$ ou $-459,7^\circ\text{F}$
Densidade do ar seco a 0°C e 760 mm	0,001293 gramas por cc
Raio médio da terra	6371 km = 3 959 milhas
Densidade média da terra	5,52 gramas por cc
Densidade da água do mar	1,025 gramas por cc
Velocidade da luz	$3,00 \times 10^8$ metros por segundo

5.4. Lei de Ohm



Resumo das fórmulas da Lei de Ohm:

Em que:

R = Resistência em ohms;

I = Corrente em ampères;

E = Tensão em volts;

P = Potência em watts.

5.5. Efeitos das variações de voltagem e frequência nos motores elétricos de indução

Tabela 5.1

Característica variável	Voltagem			Frequência	
	120%	110%	90%	105%	95%
Par de partida e marcha	Aumenta 40%	Aumenta 21%	Decresce 19%	Decresce 10%	Aumenta 11%
Velocidade sincronizada	Não varia	Não varia	Não varia	Aumenta 5%	Decresce 5%
Porcentagem de deslizamento	Decresce 30%	Decresce 17%	Aumenta 23%	Praticamente não varia	Praticamente não varia
Velocidade de plena carga	Aumenta 1,5%	Aumenta 1%	Decresce 1,5%	Aumenta 5%	Decresce 5%
Eficiência de plena carga	Aumenta ligeiramente	Aumenta 1/2 a 1 ponto	Diminui 2 pontos	Aumenta ligeiramente	Decresce ligeiramente
Fator de potência de plena carga	Diminui 5 a 15 pontos	Diminui 3 pontos	Aumenta 1 ponto	Aumenta ligeiramente	Decresce ligeiramente
Corrente de plena carga	Decresce 11%	Decresce 7%	Aumenta 11%	Decresce ligeiramente	Aumenta ligeiramente
Corrente com rotor freiado	Aumenta 25%	Aumenta 10 a 12%	Decresce 10 a 12%	Decresce 5 a 6%	Aumenta ligeiramente 5 a 6%
Elevação da temperatura em plena carga	Decresce 5 a 6°C	Decresce 3 a 4°C	Aumenta 6 a 7°C	Decresce ligeiramente	Aumenta ligeiramente
Capacidade máxima de sobrecarga	Aumenta 44%	Aumenta 21%	Decresce 19%	Decresce ligeiramente	Aumenta ligeiramente
Ruído magnético no vácuo	Notável aumento	Aumenta ligeiramente	Decresce ligeiramente	Decresce ligeiramente	Aumenta ligeiramente

Os motores padrão suportam perfeitamente sua carga normal quando a tensão é 10% maior ou menor que a especificada, e quando a frequência é 5% maior ou menor que a especificada.

5.6. O fator de potência e sua melhoria com capacitores

Os motores, transformadores, fornos de indução, lâmpadas fluorescentes, soldadoras etc. consomem tanto potência ativa como potência reativa. Como resultado da anterior, sem a ajuda de capacitores, a corrente é muito maior do que realmente é necessário.

Do ponto de vista elétrico, isto provoca uma redução da capacidade disponível de transformadores e cabos. Da perspectiva financeira, ocasiona um custo extra da energia sem benefício algum e, portanto, uma redução dos ganhos.

Diante deste problema, os capacitores são um recurso simples, eficaz e de baixo custo, atuando como fonte de potência reativa.

Os capacitores proporcionam uma economia considerável no custo da energia, em virtude do seguinte:

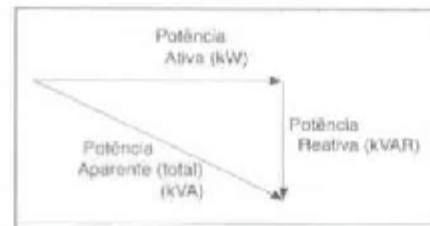
- Reduzem o montante de energia absorvida ao eliminar as deficiências por baixo fator de potência.
- Diminuem as perdas por aquecimento em cabos e transformadores.
- Incrementam a capacidade de condução dos cabos.
- Conseguem potência disponível nos transformadores.
- Melhoram a regulação da voltagem nos cabos.

O fator de potência

Como foi mencionado, grande parte dos equipamentos elétricos geram cargas indutivas (motores, transformadores), exigindo, portanto, dois componentes de potência.

- Potência ativa ou de trabalho (kilowatt), que é a potência que o equipamento converte em trabalho útil.
- Potência reativa ou não produtiva (kilovolt-ampère reativos), que proporciona o fluxo magnético necessário para o funcionamento do equipamento, mas não se transforma em trabalho útil.

Portanto, a potência total aparente que o equipamento consome é formada por esses dois componentes (veja figura):



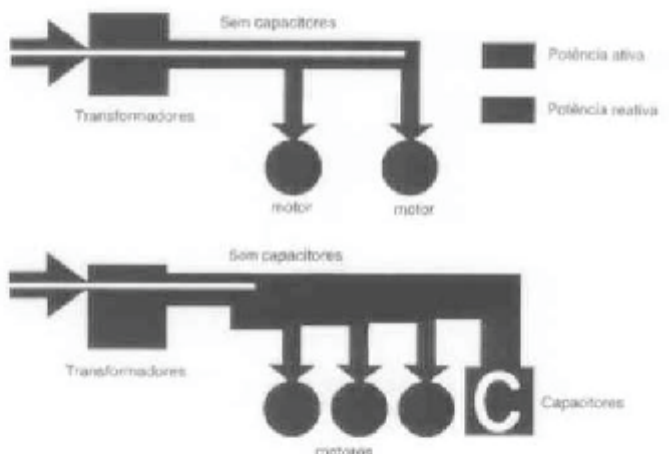
De onde se conclui que fator de potência é a relação entre a potência ativa e a potência total consumida pelo equipamento ou carga.

$$\text{Fator de Potência} = \frac{\text{Potência Ativa}}{\text{Potência Total}}$$

Significado do baixo fator de potência

Um baixo fator de potência é provocado por cargas indutivas, que requerem grandes quantidades de potência reativa ou não produtiva, causando muitos problemas ao usuário.

Consumo de potência

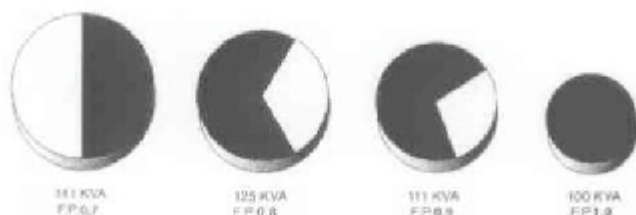


Incremento do custo da energia

Quando se trabalha com um baixo fator de potência, a companhia fornecedora deve incrementar a capacidade de geração e transmissão para poder manejar o componente de potência reativa. Este incremento de custo - associado ao fornecimento da citada potência reativa - aumenta as tarifas de energia, conseqüentemente, afetando o cliente (p. ex. penalizações).

Capacidade restringida do sistema

A principal função de um sistema elétrico é fornecer potência ativa à carga. Quando o sistema também é utilizado para transportar a potência reativa, sua função básica se restringe severamente. De fato, é comum que 50% da capacidade do sistema seja usada para transportar a potência reativa.



Redução do calibre do condutor necessário para transportar os mesmos 100 kW (potência ativa) com valores de fator de potência de 0,7 a 1,0.

Maiores perdas no sistema

O fluxo de potência reativa através do sistema provoca um incremento de perdas (aquecimento de condutores), consumindo potência, o que posteriormente provoca um aumento no custo da energia.

Incremento da queda de voltagem

À medida que as perdas são incrementadas, aumenta a queda de voltagem, isto é, há uma diminuição no valor da voltagem na carga, com o que o equipamento tende a demandar mais corrente, provocando superaquecimento e envelhecimento prematuro.

Dimensões do capacitor necessário para corrigir o fator de potência

De acordo com a tabela abaixo, é necessário conhecer apenas o fator de potência atual, o fator desejado e a demanda em kilowatt. O cruzamento dos fatores na tabela indica o valor a ser multiplicado pelo kilowatt para se obter o capacitor necessário.

Tabela 5.2 Valores para corrigir o fator de potência

Fator de potência atual	Fator de potência desejado															
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
66	518	545	571	598	626	654	682	709	743	775	809	847	887	935	996	1138
67	488	515	541	568	596	624	652	679	713	745	779	817	857	905	966	1108
68	459	486	512	539	567	595	623	650	684	716	750	788	828	876	937	1079
69	429	456	482	509	537	565	593	620	654	686	720	758	798	840	907	1049
70	400	427	453	480	508	536	564	591	625	657	691	729	769	811	878	1020
71	372	399	425	452	480	508	536	563	597	629	663	701	741	783	850	992
72	343	370	396	423	451	479	507	538	568	600	634	672	712	754	821	963
73	316	343	369	396	424	452	480	507	541	573	607	645	685	727	794	936
74	289	316	342	369	397	425	453	480	514	546	580	616	658	700	767	909
75	262	289	315	342	370	398	426	453	487	519	553	591	631	673	740	882
76	235	262	288	315	343	371	399	426	460	492	526	564	604	652	713	855
77	209	236	262	289	317	345	373	400	434	466	500	538	578	620	687	829
78	183	210	236	263	291	319	347	374	408	440	474	512	552	594	661	803
79	156	183	209	236	264	292	320	347	381	413	447	485	525	567	634	776
80	130	157	183	210	238	266	294	321	355	387	421	459	499	541	608	750
81	104	131	157	184	212	240	268	295	329	361	395	433	473	515	582	724
82	078	105	131	158	186	214	242	269	303	335	369	407	447	489	556	698
83	052	079	105	132	160	188	216	243	277	309	343	381	421	463	530	672
84	026	053	079	106	134	162	190	217	251	283	317	355	395	437	504	645
85	000	027	053	080	106	136	164	191	225	257	291	329	369	417	478	620
86	-	-	026	053	081	109	137	167	198	230	265	301	343	390	451	593
87	-	-	-	027	055	082	111	141	172	204	238	275	317	364	425	567
88	-	-	-	-	028	056	084	114	145	177	211	248	290	337	398	540
89	-	-	-	-	-	028	056	086	117	149	183	220	262	309	370	512
90	-	-	-	-	-	-	028	058	089	121	155	192	234	281	342	484
91	-	-	-	-	-	-	-	030	061	093	127	164	206	253	314	456
92	-	-	-	-	-	-	-	-	031	063	097	134	176	223	284	426
93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	032	066	103	145	192	253	395
94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	034	071	113	160	221	363
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	037	079	126	187	328

Exemplo: Fator de potência atual, 0.75; fator de potência desejado, 0.9; consumo de potência médio, 500 kW; voltagem, 480 Volts.

- Localizar o fator de potência atual.
- Localizar o fator de potência desejado.
- O ponto onde os dois valores se encontram (0.398) é o que se multiplicará pela demanda (500 kW) para se obter o valor do capacitor adequado.

$$0.398 \times 500 \text{ kW} = 199 \text{ kVAR}$$

Portanto, selecionamos quatro capacitores de 50 kVAR de 480 Volts.

5.7. Glossário

A Ampère: unidade utilizada para denominar a intensidade de corrente elétrica.

Isolante É um material que tem boas propriedades elétricas, as quais são empregadas para separar partes vivas em um circuito elétrico.

Al Símbolo do alumínio.

Ampacidade É a capacidade de condução de corrente de um cabo, expressa em ampères. É a corrente que um cabo pode transmitir sob condições térmicas estáticas sem degradar o isolante.

ANSI American National Standards Institute: Instituto americano que emite normas técnicas para a indústria.

AWG American Wire Gauge: escala de calibres americanos para fios e cabos, também conhecida como B&S (Brown and Shape) Wire Gauge.

BWF Tipo de cabos para a indústria da construção com isolantes a base de PVC, os quais não são propagadores de incêndio.

CA Corrente alternada: é uma corrente elétrica que periodicamente muda de direção o fluxo de elétrons.

Carga elétrica É um dispositivo que consome potência de uma fonte que utiliza para realizar uma função.

CC Corrente contínua: é uma corrente elétrica na qual os elétrons fluem somente em uma direção.

CM Milha circular: área de um círculo com um diâmetro de 1/1000 de polegada.

Condutividade É a capacidade de um material de permitir que os elétrons fluam. Seu recíproco é a resistividade.

Condutor É um material que oferece baixa resistência à passagem da corrente elétrica através dele.

Fio Condutor elétrico extraflexível.

CP Cavalos de potência, também conhecido como HP.

CSA Canadian Standards Association: associação canadense de normas.

Cu Símbolo do cobre.

CuSn Símbolo que indica cobre estanhado.

CV Continuous Vulcanization: processo de vulcanização em linha com a extrusão.

CW Copperweld: vareta de aço com revestimento de cobre.

EPR Ethylene Propylene Rubber: isolante à base de etileno-propileno.

Fase É uma relação angular de ondas. Em um circuito tripolar, as ondas de corrente estão separadas eletricamente em 120° quando o circuito está balanceado e em condições estáveis.

Flexibilidade É a capacidade de um cabo de dobrar-se em um diâmetro pequeno.

Frequência É o número de vezes que uma ação periódica ocorre em uma unidade de tempo. É o número de ciclos que uma corrente elétrica completa em um segundo, normalmente é de 60 Hz.

HP Horse Power: cavalos de potência.

Hz Hertz: unidade para denominação da frequência em eletricidade.

I Símbolo utilizado para designar a corrente elétrica.

PR Fórmula que indica perdas de energia por efeito Joule.

Impedância É a oposição total que um circuito, cabo ou componente oferece à passagem da corrente alternada.

Indutância É a propriedade de um condutor ou um circuito de resistir às mudanças de direção de corrente.

IACS International Annealed Copper Standard: padrão internacional para a condutividade do cobre (igual a 100% para o cobre suave eletrolítico recozido).

KCM Kilo Milhas Circulares: unidade de área no sistema americano de calibres ou seções de condutores elétricos, igual a 1000 milhas circulares (CM). Anteriormente conhecida como MCM.

KV Kilo Volt: unidade de medida de tensão elétrica igual a 1000 volts.

Lei de Ohm Indica que a corrente em um circuito é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência que este oferece à passagem da corrente.

m.s.n.m. Metros sobre o nível do mar.

NBR Associação de Normas Brasileiras.

NEMA National Electrical Manufacturers Association: associação americana de fabricantes de equipamentos elétricos.

Ohm Unidade elétrica da resistência.

Potência É a quantidade de trabalho realizada em uma unidade de tempo.

PSI Pounds per square inch: libras por polegada quadrada.

PVC Polyvinil Chloride: cloreto de polivinilo, composto amplamente utilizado como isolante e revestimento.

R Símbolo da resistência elétrica.

Reatância É uma medição dos efeitos combinados da capacitância e indutância de uma corrente alternada. Esta varia com a frequência da corrente.

Resistência Em circuitos de corrente contínua, é a oposição que oferece um material à passagem da corrente elétrica. Em circuitos de corrente alternada, a resistência é o componente real da impedância. A resistência é maior em corrente alternada que em corrente contínua.

RMS Root Mean Square: raiz quadrada média.

SIC Specific Inductive Capacity: indutância capacitiva específica, constante dielétrica de um material.

TC Power and Control Tray Cable: dois ou mais condutores isolados com ou sem condutor de terra e com um revestimento exterior de material não-metálico e aprovado para utilização em instalações de bandejas, canalizações ou suportado por um fio portador.

Termoplástico É um material que sofre contrações leves, fluência ou distorções previsíveis (calculáveis) quando submetido a calor e pressão excessivos.

Termofixo É um material que não sofre amolecimento, fluência ou distorções quando submetido a calor e pressão excessivos.

Terra É uma conexão elétrica à terra, geralmente através de um cabo ou eletrodo. Sua referência é zero Volts.

UL Underwriters Laboratories, Inc: associação americana que regulamenta a segurança de equipamentos e artefatos elétricos para que não causem danos aos usuários.

V Volt: unidade utilizada para denominar a tensão ou voltagem elétrica.

VA Volt-ampère: unidade de potência aparente.

Watt Unidade de potência elétrica.

X Símbolo de reatância.

Z Símbolo de impedância.

6. Primeiros socorros

6.1. Descarga elétrica

Lembre-se: cada segundo que o acidentado estiver em contato com a corrente elétrica diminui suas chances de sobreviver. Interrumpa o contato do vítima com o cabo ou ferro eletrificado da maneira mais rápida possível, mas que não represente risco para você. Se o acidente ocorreu em casa, desconecte a tomada ou desligue o interruptor (chave) principal da casa. Se ocorreu fora, use um pedaço de madeira ou um galho seco.

Usando um pedaço de madeira seco (nunca uma vara metálica) ou uma corda seca (como um cinto de couro ou roupa seca), remova o cabo da vítima ou separe-a do cabo. Certifique-se de estar pisando em uma superfície seca e só utilize materiais secos e não condutores. Não toque no acidentado até que deixe de estar em contato com a corrente. Em seguida examine-o para verificar se respira e se tem pulso; se necessário, aplique respiração artificial boca a boca ou ressuscitação cardiopulmonar. Providencie auxílio médico imediato.

6.2. Choque elétrico, como tratá-lo

Mesmo que o choque elétrico seja leve e a pessoa esteja consciente, deve receber cuidados médicos.

Sempre que houver uma lesão grave (ferimento com hemorragia, fratura, queimaduras de grandes proporções), conte com a possibilidade de choque e tome providências para atenuá-lo.

1 - Mantenha a vítima deitada com a cabeça mais baixa que os pés (salvo quando apresentar um ferimento importante na cabeça ou no peito); se respirar com dificuldades deve-se levantar os ombros e a cabeça até que esta fique cerca de 25 cm acima do nível dos pés.

2 - Afrouxe em seguida a roupa apertada (cinto, gola, sutiã etc.)

3 - Chame uma ambulância ou leve o paciente, reclinado, a um hospital.

6.3. Queimaduras

Se uma descarga elétrica tiver provocado uma combustão e a roupa da pessoa estiver queimando, apague as chamas com um casaco, um cobertor ou um tapete, ou faça com que a pessoa se deite no chão e role sobre o próprio corpo.

1 - Chame imediatamente um médico ou uma ambulância.

2 - Mantenha a vítima deitada para atenuar o choque.

3 - Corte as roupas que cobrem a área queimada. Se o tecido estiver aderido à queimadura não o solte aos puxões; corte-o com cuidado ao redor da ferida. Não aplique bálsamo para queimaduras, óleos nem anti-sépticos de qualquer espécie.

4 - Aplique os primeiros socorros contra choque.

Se a pessoa queimada estiver consciente, dissolva meia colherinha de bicarbonato de sódio e uma colher de sal em um litro de água. Deve-se dar meio copo desta solução ao acidentado a cada 15 minutos para reposição dos líquidos perdidos pelo organismo. Suspenda imediatamente se a pessoa vomitar.

Para queimaduras leves

Submergir imediatamente a pele queimada em água fria. Quando se trata de queimaduras que não podem ser submersas em função do lugar em que se encontram, aplique gelo envolto em um tecido ou lenços ensopados em água gelada, trocando-os constantemente. Continue o tratamento até que a dor desapareça. Não aplique bálsamos, óleos nem bicarbonato de sódio, especialmente em queimaduras suficientemente sérias que exijam atenção médica (sempre abolir essas aplicações, pois atrasam o tratamento e podem ser muito dolorosas). Se a pele estiver com bolhas não fure nem esvazie as bolhas.

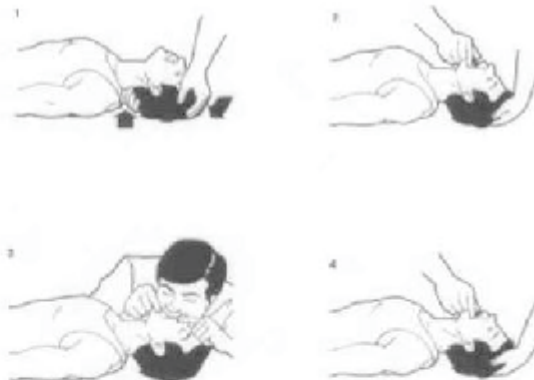
6.4. Respiração artificial. Paralisação respiratória

Em caso de choque elétrico, assegure-se de que a corrente foi interrompida antes de tocar no paciente. Havendo gás ou fumaça coloque a vítima ao ar livre. Chame imediatamente um médico ou uma ambulância.

Suspeitando-se de parada respiratória, siga estas indicações:

- Certifique-se de que as vias respiratórias estão livres. Examine a boca e a garganta e remova qualquer corpo que as obstrua. Observe o peito do paciente e verifique se expela ar pelo nariz ou pela boca.
- Verifique o pulso ou batimentos cardíacos.

Se a vítima não estiver respirando, mas seu coração continua batendo, recorra à respiração boca a boca.



1 - Deite o paciente de costas. Retire com os dedos qualquer objeto estranho que se encontre na boca do acidentado. Ponha uma mão debaixo do pescoço, levando sua cabeça ligeiramente para trás.

2 - Levante o queixo do acidentado.

3 - Coloque firmemente sua boca sobre a boca aberta do acidentado; aperte as narinas para fechá-las e infle os pulmões o suficiente para dilatar o peito. Se for uma criança pequena, considere que os pulmões são menores e o volume de ar deverá ser menor.

4 - Retire a boca e certifique-se de perceber o som do ar exalado. Repita a operação. Se o ar não circular, confira a posição do cabeça e da mandíbula da pessoa. A língua ou algum corpo estranho podem estar obstruindo a passagem do ar. Tente novamente.

Se não conseguir a troca de ar, deite o enfermo de lado e golpeie-o por várias vezes fortemente entre os ombros (omoplata), para desalojar qualquer corpo estranho de sua garganta. Se o acidentado for uma criança, suspenda-o momentaneamente de cabeça para baixo, sustentado sobre o braço ou sobre as pernas e aplique golpes fortes e repetidos entre os omoplatas. Limpe bem a boca.

Restabeleça a respiração boca a boca. Tratando-se de adultos, infle os pulmões vigorosamente a cada cinco segundos. Em crianças pequenas, infle suavemente a cada três segundos. Se preferir, pode colocar um pano sobre a boca da vítima para soprar através dele; não suspenda a manobra até que a pessoa comece a respirar. Muitos acidentados foram reanimados até depois de horas de aplicação da respiração artificial.

Quando a pessoa volta em si, não a deixe levantar durante pelo menos uma hora e mantenha-a agasalhada.

6.5. Ressuscitamento cardiopulmonar. Falta de respiração e ausência de pulso

Se o paciente não respira, é preciso certificar-se de que não há obstrução das vias respiratórias. Escute os batimentos cardíacos ou verifique o pulso. Se não perceber nada, isto significa que o coração parou. Neste caso, é indispensável a aplicação da ressuscitação cardiopulmonar (RCP), de preferência com um ajudante.

Este procedimento compreende a respiração ou insuflação intermitente de boca a boca e a massagem cardíaca.

1 - Deite a pessoa de costas sobre o chão. De joelhos junto a ele, aplique um golpe forte no peito (esterno) com o punho; assim é possível conseguir que o coração volte a bater.

2 - Se isso não ocorrer, examine o peito do acidentado para encontrar a extremidade inferior do esterno. Ponha um dedo da mão esquerda sobre a cartilagem; em seguida aproxime a parte posterior da mão direita (nunca a palma) até a ponta do dedo; retire o dedo e coloque a mão esquerda sobre a direita.

3 - Empurre para baixo com um impulso rápido e firme para afundar o terço inferior do esterno em aproximadamente quatro centímetros, o que se consegue deixando cair o peso do corpo e levantando-o outra vez. Esta compressão deve ser repetida continuamente: apertando e soltando. Cada vez que se empurra, obriga o coração a contrair-se e a impulsionar o sangue pelo corpo da vítima. Essa operação substitui o batimento.

Se você estiver sozinho com o acidentado, depois de cada quinze compressões, pare para insuflar ar duas vezes profundamente boca a boca, e em seguida continue com este ritmo de quinze por dois até que alguém possa ajudá-lo. Se contar com outro voluntário, este deverá ajoelhar-se junto à cabeça do acidentado e soprar-lhe ar boca a boca doze vezes por minuto, ou seja, uma insuflação para cada cinco compressões.

É necessário continuar a RCP até que o paciente reviva: as pupilas se contraem, a cor melhora, a respiração é restabelecida e o pulso reaparece. Com este procedimento é possível manter uma pessoa viva durante pelo menos uma hora.

Advertência: Mesmo quando a ressuscitação cardiopulmonar é efetuada corretamente, existe o risco de quebrar costelas. Quando o procedimento for mal feito, a ponta do esterno ou uma costela quebrada podem perfurar o fígado ou um pulmão. É por isso que se recomenda um treinamento adequada nessa técnica. Mas, em uma emergência, mesmo que você não tenha sido treinado, tente a RCP. Sem ela, a pessoa cujo coração tenha parado fatalmente morrerá.

