

ELETRICISTA INSTALADOR PREDIAL

Projetos e Instalações



editora
VIENA

Valdemar Carlos de Moraes

Eletricista Instalador Predial

Projetos e Instalações



editora
VIENA

2ª Edição

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	17
1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS	19
1.1. Matéria.....	21
1.2. Circuito Elétrico.....	22
1.2.1. Dispositivo de Manobra.....	23
1.3. Grandezas Elétricas.....	23
1.3.1. Carga Elétrica.....	24
1.3.2. Corrente Elétrica (I).....	24
1.3.3. Tensão Elétrica (E).....	24
1.3.4. Resistência Elétrica (R).....	25
1.3.5. Efeito Joule.....	26
1.3.6. Condutância Elétrica (G).....	26
1.3.7. Lei de Ohm.....	27
1.3.8. Potência Elétrica (P).....	28
1.4. Associações.....	30
1.4.1. Leis de Kirchhoff.....	30
1.4.1.1. Lei dos Nós ou Lei das Correntes.....	31
1.4.1.2. Lei da Malha ou Lei das Tensões.....	31
1.4.2. Associação de Resistores.....	32
1.4.2.1. Resistores em Série.....	32
1.4.2.2. Resistores em Paralelo.....	35
1.4.2.3. Associação Mista.....	38
1.5. Unidades de Medida.....	40
1.6. Corrente Contínua e Corrente Alternada.....	41
1.6.1. Corrente ou Tensão Contínua.....	41
1.6.2. Corrente ou Tensão Alternada.....	42
1.6.2.1. Corrente ou Tensão Eficaz.....	43
1.6.2.2. Defasagem.....	44
1.6.2.3. Sistemas Alternados Trifásicos.....	45
1.6.3. Potência Elétrica em Circuitos de Corrente Alternada (P).....	46
1.6.3.1. Potência Ativa.....	46
1.6.3.2. Potência Reativa.....	46
1.6.4. Fator de Potência.....	46
2. ENERGIA ELÉTRICA DE POTÊNCIA.....	49
2.1. Conceitos.....	51
2.2. Geração de Energia Elétrica.....	52
2.3. Transmissão de Energia Elétrica.....	56
2.4. Distribuição de Energia Elétrica.....	57
2.5. Padrões.....	58
2.6. Normas para Fornecimento de Energia.....	58
3. DADOS PARA PROJETOS.....	61
3.1. Conceitos de Luminotécnica.....	63
3.1.1. Conceitos e Grandezas.....	63
3.1.1.1. Fluxo Luminoso (Φ).....	63
3.1.1.2. Intensidade Luminosa (I).....	63
3.1.1.3. Iluminância ou Iluminamento (E).....	64

3.1.1.4.	Luminância (L).....	64
3.1.2.	Tipos de Lâmpadas e Características	64
3.1.2.1.	Lâmpadas Incandescentes	64
3.1.2.2.	Lâmpadas Fluorescentes.....	65
3.1.2.3.	Lâmpadas Halógenas	65
3.1.2.4.	Lâmpadas de Descarga.....	66
3.1.2.5.	LEDs.....	67
3.1.2.6.	Outros Tipos de Lâmpadas	67
3.1.3.	Iluminâncias Recomendadas.....	67
3.1.4.	Interferências na Iluminação	69
3.1.5.	Tabelas.....	69
3.1.6.	Cálculos de Luminárias.....	79
3.1.6.1.	Pelo Método do Índice Médio	80
3.1.6.2.	Pelo Método do Fluxo Luminoso.....	82
3.1.7.	Considerações.....	83
3.2.	Previsões de Cargas	85
3.2.1.	Previsão de Cargas em Habitação.....	85
3.2.1.1.	Iluminação.....	85
3.2.1.2.	Tomadas	86
3.2.2.	Divisão da Instalação	87
3.2.3.	Potências Típicas de Equipamentos.....	87
3.3.	Simbologia Gráfica	89
3.3.1.	Dutos e Distribuição.....	89
3.3.2.	Quadros Distribuição	90
3.3.3.	Interruptores.....	91
3.3.4.	Luminárias, Refletores e Lâmpadas	92
3.3.5.	Tomadas	94
3.4.	Elaboração de Projetos	94
3.5.	Esquemas Unifilares e Multifilares	98
3.5.1.	Esquema Unifilar.....	98
3.5.2.	Esquema Multifilar	99
3.6.	Potência Instalada	101
3.7.	Potência de Alimentação	101
3.7.1.	Demanda Provável.....	101
3.7.2.	Demanda Geral Provável	104
3.7.3.	Seletividade da Instalação.....	105
3.8.	Normas Técnicas.....	105
3.9.	Instalação.....	106
3.9.1.	Tensão	106
3.9.2.	Número de Fios	106
3.9.3.	Tipo da Entrada.....	107
3.10.	Esquemas de Distribuição.....	108
3.10.1.	Esquema de Condutores Vivos.....	108
3.10.2.	Esquemas de Aterramento	108
3.10.2.1.	Esquema TN	108
3.10.2.2.	Esquema TT	110
3.10.2.3.	Esquema IT	111
4.	FERRAMENTAS E COMPONENTES	115
4.1.	Ferramentas	117
4.1.1.	Alicates	117
4.1.2.	Chaves de Fenda.....	118

4.1.3.	Chaves Philips	119
4.1.4.	Chave Inglesa.....	119
4.1.5.	Canivete ou Estilete	119
4.1.6.	Trena	119
4.1.7.	Martelo.....	120
4.1.8.	Chave de Teste	120
4.1.9.	Prumo e Nível	120
4.1.10.	Fita Passa-fio.....	120
4.1.11.	Lanterna	121
4.1.12.	Serra de Arco	121
4.1.13.	Furadeira	121
4.1.14.	Serra Copo	121
4.1.15.	Fita Isolante.....	122
4.1.16.	Multímetro	122
4.1.17.	Alicate Amperímetro.....	122
4.1.18.	Outras Ferramentas	122
4.1.19.	Jogos de Ferramentas	123
4.2.	Tomadas	123
4.3.	Dispositivos de Comando de Sinalização e Iluminação	125
4.3.1.	Lâmpadas e Interruptores	126
4.3.2.	Combinados ou Conjuntos.....	128
4.3.3.	Módulos	130
4.3.4.	Dimmer.....	131
4.3.4.	Pulsadores.....	132
4.3.4.1.	Minuterias	133
4.3.4.2.	Sensores de Presença ou Movimento	133
4.3.4.3.	Multifunções	133
4.4.	Relés de Impulso e Fotoelétrico.....	134
4.4.1.	Relé de Impulso	134
4.4.2.	Relé Fotoelétrico.....	135
4.4.3.	Outros Acionadores	136
4.5.	Dispositivos Inteligentes “Smart”	136
4.5.1.	Interruptores Inteligentes “Smart”	137
4.5.2.	Módulos Inteligentes	138
4.5.3.	Outros Dispositivos Inteligentes	139
4.6.	Associações e Ligações.....	140
4.6.1.	Ligações.....	140
4.6.1.1.	Ligação Estrela.....	141
4.6.1.2.	O Sistema Triângulo ou Delta.....	142
4.7.	Materiais Isolantes	143
4.8.	Medidas de Segurança.....	144
5.	CONDUTORES.....	147
5.1.	Tipos de Condutores	149
5.1.1.	Isolamento.....	150
5.1.2.	Identificação e Cores.....	150
5.2.	Dimensionamento dos Condutores.....	150
5.2.1.	Seções Mínimas	151
5.2.2.	Métodos de Referência e Instalação.....	152
5.2.3.	Tipos de Linhas Elétricas	152
5.2.4.	Temperaturas Características dos Condutores	154
5.2.5.	Capacidade de Condução de Corrente.....	154

5.2.6.	Fatores de Temperatura Ambiente.....	159
5.2.7.	Fatores de Agrupamento	160
5.2.8.	Carregamento	162
5.2.9.	CrITÉRIOS e Cálculos.....	163
5.2.9.1.	Cálculos de Queda de Tensão	165
5.3.	Conexões	168
5.3.1.	Conectores.....	168
5.3.1.1.	Conectores para Condutores Isolados	168
5.3.1.2.	Conectores para Condutores sem Isolamento.....	171
5.3.2.	Emendas.....	171
5.3.2.1.	Emendas de Prolongamento	172
5.3.2.2.	Emendas de Ligação	173
5.3.2.3.	Emendas de Derivação.....	174
5.3.2.4.	Emendas de Condutores Grossos	175
5.4.	Soldagem	177
5.5.	Terminais.....	178
6.	ELETRODUTOS	181
6.1.	Eletrodutos e Instalação	183
6.1.1.	Eletrodutos Metálicos	184
6.1.2.	Eletrodutos de Materiais Isolantes.....	185
6.1.3.	Eletrodutos Flexíveis	187
6.1.4.	Instalação dos Eletrodutos	189
6.1.4.1.	Taxa de Ocupação dos Eletrodutos	189
6.1.4.2.	Outros Fatores Normativos em Relação aos Eletrodutos	191
6.2.	Leito, Bandeja e Eletrocalha.....	192
6.2.1.	Leito	192
6.2.2.	Bandeja.....	192
6.2.3.	Eletrocalha.....	192
6.2.4.	Instalações	193
6.3.	Canaletas e Perfilados.....	194
7.	QUADROS E CAIXAS.....	197
7.1.	Quadro de Medição.....	199
7.2.	Caixa Seccionadoras.....	200
7.3.	Caixas ou Quadros de Distribuição.....	201
7.4.	Caixas de Passagem.....	202
7.5.	Caixas de Luz.....	204
7.6.	Outras Caixas	204
7.6.1.	Caixa para o DPS	205
7.6.2.	Caixa para o BEP.....	205
8.	PROTEÇÕES.....	209
8.1.	Patologias nas Instalações Eléctricas Prediais.....	211
8.2.	Proteções em Instalações Eléctricas Prediais	212
8.2.1.	Fusíveis.....	212
8.2.1.1.	Tipo Cartucho	213
8.2.1.2.	Tipo Cilíndrico.....	214
8.2.1.3.	Tipo Rolha	214
8.2.2.	Disjuntores	215
8.2.2.1.	Disjuntores de Alta e Média Tensão	216
8.2.2.2.	Disjuntores de Baixa Tensão.....	216

8.2.2.2.1.	Disjuntores Térmicos	216
8.2.2.2.2.	Disjuntores Magnéticos	217
8.2.2.2.3.	Disjuntores Termomagnéticos	217
8.2.2.3.	Diferença entre Disjuntores NEMA e IEC.....	219
8.3.	Aterramento	220
8.4.	Condutores de Proteção.....	222
8.4.1.	Condutor de Proteção (PE).....	223
8.4.2.	Condutor de Proteção e Neutro Combinados (PEN)	226
8.5.	Dispositivo de Proteção Contra Surto (DPS)	227
8.6.	Choque Elétrico.....	229
8.6.1.	Dispositivo Diferencial Residual (DR)	231
8.6.1.1.	Tipos de Dispositivo DR	232
8.7.	Descargas Atmosféricas	232
8.7.1.	Descargas Nuvem-Solo	233
8.7.2.	Raios de Polaridade Negativa	233
8.7.3.	Líder Escalonado	234
8.7.4.	Descarga de Retorno.....	234
8.7.5.	Líder Contínuo.....	235
8.7.6.	Raios Múltiplos	236
8.7.7.	Raios de Polaridade Positiva.....	236
8.8.	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA)	237
8.8.1.	Sistema Externo de Proteção Contra Descargas Atmosféricas	239
8.8.1.1.	Captorez	239
8.8.2.	Condutores de Descida.....	243
8.8.2.1.	Descidas para SPDA isolados.....	243
8.8.2.2.	Descidas para SPDA não Isolados.....	243
8.8.2.3.	Construção das Descidas não Naturais.....	244
8.8.2.4.	Construção das Descidas Naturais	244
8.8.2.5.	Conexão de Medição	245
8.8.3.	Aterramento	245
8.8.3.1.	Eletrodos de Aterramento	246
8.8.3.2.	Aterramento para Condições Normais	246
8.8.3.3.	Eletrodos não Naturais.....	247
8.8.4.	Fixações e Conexões do SPDA.....	247
8.8.4.1.	Fixações	247
8.8.4.2.	Conexões	247
8.9.	Equipotencialização	248
9.	INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	251
9.1.	Tipos de Sistema de Geração Solar Fotovoltaico	253
9.1.1.	Sistema de Geração Distribuída on grid (Sistema de Compensação)	253
9.1.2.	Sistema de Off grid.....	254
9.1.3.	Sistema Híbrido.....	255
9.1.4.	Sistema de Geração Centralizada	255
9.2.	Componentes do Sistema	256
9.2.1.	Módulo Solar Fotovoltaicos	256
9.2.2.	Baterias	265
9.2.3.	Controladores de Carga	268
9.2.4.	Inversores.....	270
9.3.	Cabos para Sistema Fotovoltaico.....	273
9.3.1.	Capacidade de Condução de Corrente.....	273
9.3.1.1.	Cabos Instalados ao Ar Livre - Modo de Instalação	274

9.3.1.2.	Cabos Diretamente Enterrados	276
9.3.1.3.	Cabos em Eletroduto Diretamente Enterrados	277
9.3.1.4.	Cabos em Eletroduto não Metálico em Parede	278
9.4.	Proteções e Manobra do Sistema Solar Fotovoltaico	278
9.4.1.	Chave de Manobra	280
9.4.2.	Porta Fusíveis	281
9.4.3.	Disjuntores CC	281
9.4.4.	DPS CC	282
9.4.5.	String Box	282
9.5.	Manobras e Proteções da Instalação e do Banco de Baterias	283
9.5.1.	Reles de Proteção	283
9.5.2.	Dispositivos Anti arco Elétrico	283
9.6.	Conectores	284
9.7.	Montagem dos Módulos	286
9.8.	Diagrama Unifilar Típico de Microgeração	288
10.	ENSAIOS, INSPEÇÕES E MANUTENÇÕES	291
10.1.	Norma NBR 5410	293
10.2.	Materiais	293
10.3.	Análise de Projetos	296
10.4.	Ensaio e Manutenção	297
10.4.1.	Inspeção Visual	297
10.4.2.	Ensaios	298
10.4.3.	Manutenção	298
REFERÊNCIAS		301
GLOSSÁRIO		303

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Ω	<i>ohm.</i>
ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas.</i>
ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica.</i>
AFCI	<i>Interruptor de proteção contra falha de arco – “Arc-fault circuit interrupter”.</i>
AFDD	<i>Dispositivo de detecção de falha de arco – “Arc fault detection device”.</i>
BEP	<i>Barramento de Equipotencialização.</i>
cm	<i>Centímetro.</i>
DPS	<i>Dispositivo de Proteção contra Surtos.</i>
DVC	<i>Classe de tensão decisiva – “decisive voltage classification”.</i>
DR	<i>Dispositivo Diferencial Residual.</i>
ETI	<i>Equipamentos de Tecnologia da Informação.</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission.</i>
INMET	<i>Instituto Nacional de Meteorologia.</i>
INMETRO	<i>Instituto Nacional de Metrologia.</i>
kA	<i>Quiloampere.</i>
Km	<i>Quilômetro.</i>
Km/h	<i>Quilômetro por hora.</i>
mA	<i>MiliAmpère.</i>
Mm	<i>Milímetro.</i>
Ms	<i>Milissegundos.</i>
MTE	<i>Ministério do Trabalho e Emprego.</i>
NBR	<i>Norma Brasileira.</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association.</i>
NPF	<i>Não perfura.</i>
NPQ	<i>Não gera ponto quente.</i>
MPPT	<i>Rastreador de ponto máximo de potência - “Maximum Power Point Tracking”.</i>
NR	<i>Norma regulamentadora do MTE.</i>
ONS	<i>Operador Nacional do Sistema Elétrico.</i>
PE	<i>Condutor de Proteção.</i>
PEN	<i>Condutor de Proteção Neutro.</i>
PWM	<i>Modulação por largura de pulso “Pulse Width Modulation”.</i>
PPF	<i>Pode perfurar.</i>
PROCEL	<i>Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.</i>
SPDA	<i>Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.</i>
SI	<i>Sistema Internacional de Unidades.</i>
SIGA	<i>Sistema de Informação de Geração da ANEEL.</i>
UCP	<i>Unidade de condicionamento de potência.</i>
V	<i>Volt.</i>

C A P Í T U L O

1

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

MATÉRIA

•

CIRCUITO ELÉTRICO

•

GRANDEZAS ELÉTRICAS

•

ASSOCIAÇÕES

•

UNIDADES DE MEDIDA

•

CORRENTE CONTÍNUA E CORRENTE ALTERNADA



CONCEITOS FUNDAMENTAIS

1

CAPÍTULO

1.1. MATÉRIA

No universo, toda a matéria existente é constituída de partículas minúsculas que são os átomos. Cada átomo é constituído de um núcleo e da eletrosfera. No núcleo encontram-se os prótons e os nêutrons, e na eletrosfera estão localizados os elétrons.

No núcleo do átomo os prótons possuem carga elétrica positiva e os nêutrons não possuem carga elétrica.

Na eletrosfera que é disposta em camadas ao redor do núcleo, estão os elétrons do átomo que possuem cargas elétricas negativas e, movimentam-se girando em torno do núcleo em órbitas elípticas.

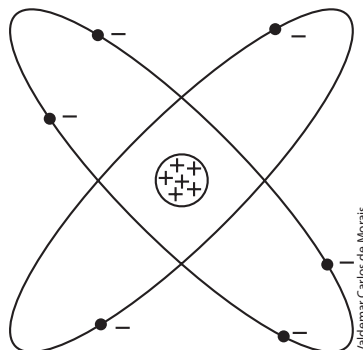
Os elétrons (-) se repelem e os prótons (+) também, havendo atração ente elétrons (-) e prótons (+), ou seja, cargas de sinais contrário se atraem.

Desta forma, o núcleo efetua uma força de atração sobre a eletrosfera mantendo os elétrons orbitando no átomo.

Os materiais possuem números diferentes de prótons, nêutrons e elétrons, e é o que os diferencia uns dos outros.

Exemplo:

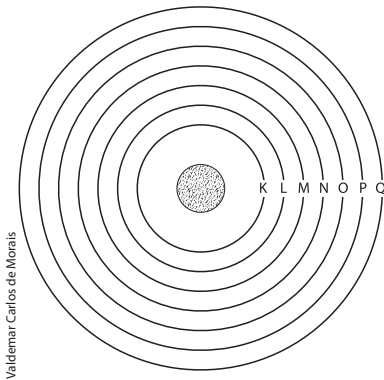
- » O carbono possui 6 prótons, 6 nêutrons e 6 elétrons.
- » O oxigênio possui 8 prótons, 8 nêutrons e 8 elétrons
- » O cobre possui 29 prótons, 34 nêutrons e 29 elétrons.
- » O ouro possui 79 prótons, 118 nêutrons e 79 elétrons.



Valdemar Carlos de Moraes

Fig. 01 - Átomo de carbono.

Cada camada da eletrosfera pode possuir um número máximo de elétrons que são:



Camada	Máximo de Elétrons
K	2
L	8
M	18
N	32
O	32
P	18
Q	2

Quanto maior o número de elétrons, maior será o número de camadas e, por consequência, menor será a atração do núcleo em relação às últimas camadas, tornando o material mais instável eletricamente, que é a característica dos materiais considerados bons condutores de eletricidade.

Da mesma forma, quanto menor o número de elétrons, menor será o número de camadas e mais estável eletricamente é o material, sendo as características dos materiais isolantes, que também são chamados de dielétricos.

1.2. CIRCUITO ELÉTRICO

Circuito elétrico é a ligação de elementos elétricos formando um caminho fechado da corrente elétrica.

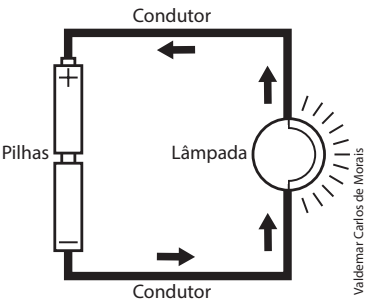


Fig. 02 - Circuito elétrico fechado com a corrente representada no sentido real.

Para a formação de um circuito elétrico são necessários:

- » Uma fonte geradora de eletricidade (pilha, bateria, gerador).
- » Uma carga elétrica (lâmpada, motor).
- » Condutores.

Ao analisar uma lanterna, observa-se que a corrente elétrica sai das pilhas, passando pelos condutores até o filamento da lâmpada e retorna no outro polo das pilhas.

Na antiguidade, convencionou-se que as correntes elétricas saíam do polo positivo para o negativo o que define-se como **sentido convencional da corrente elétrica**. Com os estudos sobre o átomo, percebeu-se que o sentido da corrente depende da natureza do condutor, e que, nos condutores sólidos o fluxo das cargas é através dos elétrons livres que são negativos. Portanto, o **sentido real da corrente elétrica** em condutores sólidos é do polo negativo para o polo positivo.

Na Fig. 02 a lâmpada acenderá e permanecerá acesa até que se queime ou esgote a carga das pilhas.

1.2.1. DISPOSITIVO DE MANOBRA

É o componente instalado nos condutores, que permite ou impede a passagem de corrente da fonte geradora para a carga elétrica, através de manobras (ligar e desligar).

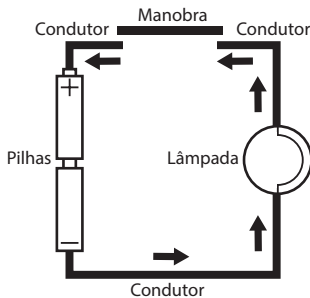


Fig. 03 - Circuito elétrico desligado.

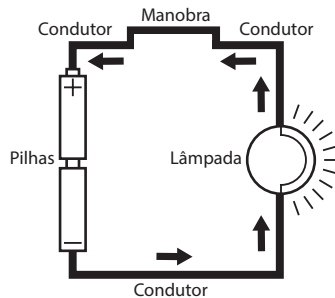


Fig. 04 - Circuito elétrico ligado.

1.3. GRANDEZAS ELÉTRICAS

Uma grandeza é tudo aquilo que possa ser comparado quantitativamente através de uma escala predefinida. Exemplo: Quando dizemos que uma pessoa pesa 60 kg e tem 1,70 m de altura, estamos comparando a sua massa com um peso de referência que, no caso, é em quilogramas e estamos comparando a sua altura com uma medida de referência que é o metro.

Em eletricidade, há várias grandezas elétricas que podem ser medidas e comparadas com uma unidade de referência.

1.3.1. CARGA ELÉTRICA

Em um material, pode haver desequilíbrio elétrico, ocasionando o deslocamento de elétrons. Esse fluxo de deslocamento dos elétrons é denominado de carga elétrica e é medido em Coulomb (C).

O Coulomb (C) é a unidade de carga elétrica pelo Sistema Internacional (SI).

O deslocamento de 6.250.000.000.000.000.000 (seis quintilhões e duzentos e cinquenta quadrilhões) ou $6,25 \times 10^{18}$ de elétrons por um condutor é equivalente a circulação de uma corrente elétrica de 1 Coulomb.

Como não é uma unidade muito prática de se medir por ser muito extensa, definiu-se que a carga elétrica é medida em função do tempo, criando-se uma unidade mais prática de medição, o Ampère (A).

Dessa maneira, definiu-se que 1 Coulomb é a quantidade de carga carregada pela corrente de 1 Ampère durante o intervalo de tempo de 1 segundo ($1A = 1C/s$).

1.3.2. CORRENTE ELÉTRICA (I)

A movimentação ordenada dos elétrons é denominada corrente elétrica. Sua intensidade é medida em **Ampères** (A) em homenagem ao francês André Marie Ampère (1775-1836).

Portanto, a corrente elétrica é uma relação entre o fluxo de cargas elétricas (ΔQ) atravessando transversalmente a superfície do condutor em um intervalo de tempo (Δt).

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

1.3.3. TENSÃO ELÉTRICA (E)

É a força necessária para que os elétrons circulem de forma ordenada movendo-se de um átomo para o outro. Pode ser definida também como **Força eletro motriz** (f.e.m), **Diferença de potencial** (d.d.p) ou simplesmente **Tensão**.

Sua intensidade é medida em **Volt**(V) em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta (1745-1827).

Fazendo uma analogia para entendimento, entre corrente e tensão, podemos tomar como exemplo uma caixa cheia de água. Haverá uma mínima movimentação de água, quase imperceptível.

Ao colocar esta mesma caixa no alto da casa e ligá-la, através de mangueiras, a uma torneira no jardim, estamos criando uma diferença de pressão entre a caixa e a torneira (analogicamente, uma diferença de tensão entre o gerador e a carga).

Analogicamente, ao abrir a torneira, haverá um fluxo muito grande da água fluindo em direção a ela (analogicamente, uma corrente elétrica).

Deste modo, podemos dizer que a tensão elétrica, é a maneira que temos de inicializar e potencializar a corrente elétrica. E, de certa forma, concluir que pode haver tensão sem necessariamente haver corrente (Exemplo: torneira fechada) e não haver corrente sem tensão.

1.3.4. RESISTÊNCIA ELÉTRICA (R)

A capacidade de um material se opor à passagem de corrente é denominada Resistência elétrica. Seu resultado é obtido em **Ohms** (Ω) (George Simon Ohm - Alemão - 1789-1854).

A resistência elétrica está diretamente relacionada a resistividade (ρ) do material e é obtida pela equação:

$$R = \frac{\rho \ell}{S}$$

Onde:

- » **R**: É a resistência elétrica (em ohms, Ω).
- » **ρ** : É a resistividade elétrica ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$).
- » **ℓ** : É o comprimento (em metros).
- » **S**: É a área da seção (em mm^2).

Resistividades de alguns materiais a 20 °C:

- » Prata = 0,016.
- » Cobre = 0,0172.
- » Ouro = 0,0230.
- » Alumínio = 0,02857.

Exemplo:

- a) Calcular a resistência de um fio de cobre com 50 metros e seção 2,5 mm^2 .

A resistividade do cobre é 0,0172 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, então, temos:

$$R = \frac{0,0172 \times 50}{2,5} \rightarrow \frac{0,86}{2,5} = 0,34 \Omega$$

- b) Calcular a resistência de um fio de cobre com 200 metros e seção 4,0 mm².

$$R = \frac{0,0172 \times 200}{4} \rightarrow \frac{3,44}{4} = 0,86 \, \Omega$$

- c) Calcular a resistência de um fio de alumínio com 500 metros e seção 16 mm².

A resistividade do alumínio é 0,02857 Ωmm²/m, então, temos:

$$R = \frac{0,02857 \times 500}{16} \rightarrow \frac{14,285}{16} = 0,89 \, \Omega$$

1.3.5. EFEITO JOULE

O físico inglês Giacomo Presscott Joule (1818-1889) estudou um fenômeno físico que transforma a energia elétrica em calor sempre que uma corrente elétrica percorre um condutor pela resistência à passagem da corrente. Ele percebeu que quanto maior a corrente, maior é a resistência à sua passagem, aumentando proporcionalmente o calor produzido.

Este fenômeno é utilizado em equipamentos de aquecimento, tais como aquecedores, chuveiro, ferro elétrico, etc, onde a corrente elétrica percorre suas resistências, transformando energia elétrica em energia térmica.

O fenômeno pode também ser facilmente notado nas lâmpadas incandescentes onde a corrente elétrica percorre o filamento interno de tungstênio (metal cujo ponto de ebulição é elevado) esquentando a temperatura de até 2.500 °C, até torná-lo incandescente e dessa forma emitindo luz.

Devido a esse fenômeno, todos os equipamentos elétricos em funcionamento produzirão a energia a que são destinados (mecânica, luminosa, etc.), mas devido ao efeito Joule, produzem energia térmica (calor).

1.3.6. CONDUTÂNCIA ELÉTRICA (G)

Todo material condutor de energia possui uma facilidade de conduzir corrente e uma certa resistência ao mesmo tempo.

A facilidade de conduzir corrente é denominada de condutância (G) e é medida em Siemens.

A condutância é o oposto da resistividade:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Onde:

- » σ : Condutância ou condutividade elétrica de um material.
- » ρ : Resistividade de um material

Condutâncias dos materiais a 20 °C:

- » Prata = 62,5.
- » Cobre puro = 61,7.
- » Ouro = 43,5.
- » Alumínio puro = 34,2.
- » Cobre condutores = 56.
- » Alumínio condutores = 32.

1.3.7. LEI DE OHM

Em 1827, o filósofo alemão George S. Ohm estabeleceu a Lei de Ohm, que indica como se comportam tensões e corrente quando submetidas a uma resistência em um circuito.

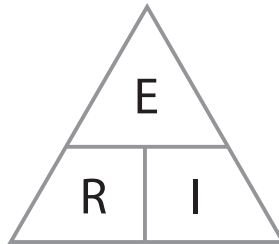


Fig. 05 - Triângulo da tensão.

A equação é:

$$E = R \times I$$

Onde:

- » **E**: Tensão ou diferença de potencial (d.d.p) em Volts (V).
- » **R**: Resistência em Ohms (Ω).
- » **I**: Corrente em Ampères (A).

Da Lei de Ohm, obtemos as outras expressões que são:

$$R = \frac{E}{I} \quad \text{e} \quad I = \frac{E}{R}$$

De acordo com as expressões podemos concluir que:

- » Quanto maior a tensão, maior será a corrente.
- » Quanto maior a resistência, menor será a corrente.

Ou:

A corrente (I) é proporcional à tensão (E) e inversamente proporcional à resistência (R).

Exemplos:

- a) Em um circuito, qual será a corrente se a tensão for de 12 V e a resistência de 6 Ω ?

$$I = \frac{12}{6} = 2A$$

- b) Se a resistência for de 12 Ω , a corrente será de?

$$I = \frac{12}{12} = 1A$$

Ou seja, aumenta-se a resistência, diminui-se a corrente.

- c) Considerando as mesmas resistências e aumentando a tensão para 24 V qual serão as correntes resultantes?

$$I = \frac{24}{6} = 4A$$

$$I = \frac{24}{12} = 2A$$

R: Aumenta a tensão e a corrente proporcionalmente.

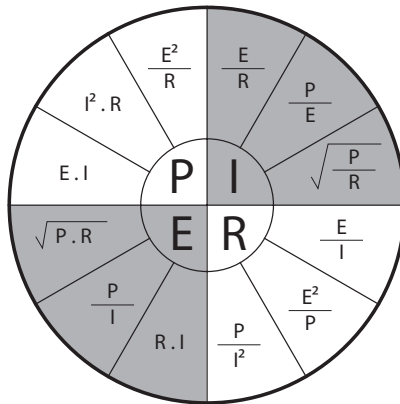


Fig. 06 - Roda de conversão da Lei de Ohm.

1.3.8. POTÊNCIA ELÉTRICA (P)

A capacidade de um equipamento produzir um trabalho utilizando a energia elétrica e transformando-a em outro tipo de energia é denominado de potência elétrica do equipamento.

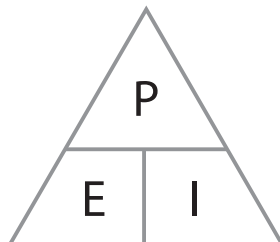


Fig. 07 - Triângulo das potências.

Para potência temos a equação:

$$P = E \times I$$

Segundo a Lei de Ohm, $E = R \times I$, substituindo a tensão temos:

$$P = (R \times I) \times I$$

Em um resistor onde a corrente é conhecida, a potência é dada pela equação:

$$P = R \times I^2$$

Onde a tensão é conhecida, obtemos a potência pela equação:

$$P = \frac{E^2}{R}$$

Exemplos:

- a) Uma lâmpada de 100 Watts é alimentada na tensão de 220 V, ao acendê-la qual será a corrente elétrica?
- » $P = 100 \text{ W}$
 - » $E = 220 \text{ V}$
 - » $I = (x) \text{ A}$

Pela equação temos:

$$I = \frac{P}{E} = 100/220 = 0,45 \text{ A}$$

- b) Essa mesma lâmpada sendo alimentada na tensão de 110 V, qual será a corrente ao acendê-la?

$$I = 100/110 = 0,91 \text{ A}$$

- c) Ligamos um chuveiro na tensão de 220 V, e obtemos a corrente de 22 A. Qual é a potência do chuveiro?

$$P = 220 \times 22 = 4840 \text{ Watts}$$

- d) Qual é a potência de um resistor de 10Ω ligado em uma tensão de 220 V?

$$P = \frac{220^2}{10} = \frac{48.400}{10} = 4840 \text{ Watts}$$

- e) Qual é a potência de um resistor de 10Ω alimentado por uma corrente de 22 A?

$$P = 10 \times 22^2 = 4840 \text{ Watts}$$

Podemos observar que, quanto menor a tensão, maior a corrente.

Resumo das grandezas:

- » E = Tensão elétrica em Volt (V).
- » I = Corrente elétrica em Ampère (A).

» R = Resistência Elétrica em Ohm (Ω).

$$R = \frac{E}{I}$$

» P = Potência elétrica em Watt (W).

$$P = E \times I$$

$$\text{Com } E \text{ fixa} \rightarrow P = \frac{E^2}{R}$$

$$\text{Com } I \text{ fixa} \rightarrow P = I^2 \times R$$

A potência elétrica de um equipamento, é diretamente relacionada à sua tensão (E) e corrente elétrica (I). Como a tensão é obtida em volts (V) e a corrente em ampères (A), a potência elétrica é obtida em Volt-Ampère (VA), que denominamos de potência aparente.

1.4. ASSOCIAÇÕES

Em algumas instalações, a fim de obtermos uma determinada resistência ou uma determinada potência, temos a necessidade de ligar vários componentes em um mesmo circuito, com intuito de suprirem determinada necessidade.

Exemplo: ligar duas ou mais lâmpadas para iluminar melhor um ambiente.

Essa interligação é denominada de associação de componentes ou associação de cargas.

Para entendermos como se comportam as grandezas elétricas nos componentes individualmente em um circuito, utiliza-se as Leis de Ohm das tensões e das corrente.

Em associações, necessitamos do conhecimento de outras leis que indicam como se comportam as grandezas elétricas em um circuito onde existam vários componentes e como será a ação e o resultado dessa ação após a passagem das tensões e correntes por esses componentes.

1.4.1. LEIS DE KIRCHHOFF

Formuladas em 1845, as Leis de Kirchhoff (em homenagem ao físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887), baseiam-se nas leis de conservação de carga e da energia existentes no circuito, estabelecendo o comportamento de tensões e correntes nos diversos elementos de um circuito.

ELETRICISTA INSTALADOR PREDIAL

Projetos e Instalações

Esta obra foi desenvolvida para profissionais, estudantes e entusiastas da área de eletricidade predial, oferecendo uma visão abrangente e atualizada sobre os fundamentos e as práticas essenciais para uma instalação elétrica segura e eficiente. A segunda edição explora desde os conceitos básicos de circuitos e grandezas elétricas até temas avançados, como proteção contra descargas atmosféricas e sistemas fotovoltaicos. Com explicações detalhadas, imagens e ilustrações, o livro aborda tópicos fundamentais, como energia elétrica, normas de segurança, simbologia gráfica e os cálculos necessários para a luminotécnica e a instalação predial. Ferramentas, condutores, eletrodutos e quadros de distribuição recebem tratamento aprofundado, acompanhados de normas técnicas atualizadas para garantir precisão e eficiência no trabalho.

Ideal para quem busca aprimorar seus conhecimentos técnicos e estar alinhado às exigências do mercado, esta edição é uma referência completa para profissionais de instalação elétrica predial.

ISBN: 978-65-86763-39-3



9 786586 763393

