

CAPÍTULO 1

SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS

Quando se usa as unidades de medidas, é muito comum escrevê-las de forma incorreta, principalmente, pela falta do conhecimento de critérios estabelecidos por órgãos governamentais de normalização. O CONMETRO¹ instituiu a Resolução no. 12, de 12 de outubro de 1988, que resolve adotar um quadro geral de unidades de medidas com símbolos das unidades do Sistema Internacional de Unidades.

O Sistema internacional de unidades, foi o nome adotado para um sistema universal, unificado e coerente de unidades de medidas, pela XI Conferência Geral de Pesos e Medidas, realizada em Paris em 1960. Este sistema é conhecido como SI (iniciais de Sistema Internacional) e é baseado no sistema MKS (metro-quilograma-segundo). O MKS é uma evolução do CGS: centímetro – grama - segundo.

Segundo ainda o CONMETRO, “ A necessidade de medir é muito antiga e remonta à origem das civilizações. Por longo tempo cada país, cada região, teve o seu próprio sistema de medidas, baseado em unidades arbitrárias e imprecisas, como por exemplo, aquelas baseadas no corpo humano: palmo, pé, polegada, braça, côvado.

Isso criava muitos problemas para o comércio, porque as pessoas de uma região não estavam familiarizadas com o sistema de medida das outras regiões. Imagine a dificuldade em comprar ou vender produtos cujas quantidades eram expressas em unidades de medida diferentes e que não tinham correspondência entre si.

Em 1789, numa tentativa de resolver o problema, o Governo Republicano Francês pediu à Academia de Ciências da França que criasse um sistema de medidas baseado numa "constante natural". Assim foi criado o Sistema Métrico Decimal. Posteriormente, muitos outros países adotaram o sistema, inclusive o Brasil, aderindo à "Convenção do Metro". O Sistema Métrico Decimal adotou, inicialmente, três unidades básicas de medida: o metro, o litro e o quilograma.

Entretanto, o desenvolvimento científico e tecnológico passou a exigir medições cada vez mais precisas e diversificadas. Por isso, em 1960, o sistema métrico decimal foi substituído pelo Sistema Internacional de Unidades - SI, mais complexo e sofisticado, adotado também pelo Brasil em 1962 e ratificado pela Resolução nº 12 de 1988 do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro, tornando-se de uso obrigatório em todo o Território Nacional.”

A seguir é apresentada, na íntegra, a Resolução nº 12 de 1988. Ela nos mostra as unidades básicas do SI, outras unidades, prescrições gerais para as unidades, prefixos, símbolos e definições das unidades. Contudo, não são, aqui, apresentadas somente as unidades usadas na eletrotécnica, mas todas as unidades que poderão ajudar os alunos dos vários ramos da engenharia. Além disto, as definições das unidades podem, à primeira vista, ser difíceis de serem interpretadas. E, por isto, é que as definições das unidades de eletrotécnica são redefinidas com conceitos mais básicos ao longo dos capítulos seguintes. Com as redefinições, espera-se que o aluno possa compreender melhor, e com clareza, as primeiras definições.

¹ CONMETRO (Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) é um colegiado interministerial que exerce a função de órgão normativo do Sinmetro (Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e que tem o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) como sua secretaria executiva. Integram o Conmetro os ministros do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; da Ciência e Tecnologia; da Saúde; do Trabalho e Emprego; do Meio Ambiente, das Relações Exteriores, da Justiça, da Agricultura e do Abastecimento, da Defesa, o Presidente do Inmetro, e os Presidentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, da Confederação Nacional da Indústria - CNI e do Instituto de Defesa do Consumidor - IDEC. - <http://www.inmetro.gov.br/inmetro/conmetro.asp>

1.1 TRANSCRIÇÃO DA RESOLUÇÃO nº 12, DE 12 DE OUTUBRO DE 1988

O Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - CONMETRO, usando das atribuições que lhe confere o artigo 3º da Lei n.º 5966, de 11 de dezembro de 1973, através de sua 20ª Sessão Ordinária realizada em Brasília, em 23/08/1988,

Considerando que, as unidades de medida legais no País são aquelas do Sistema Internacional de Unidades - SI, adotado pela Conferência Geral de Pesos e Medidas, cuja adesão pelo Brasil foi formalizada através do Decreto Legislativo n.º 57, de 27 de junho de 1953,

Considerando que, a fim de assegurar em todo o território nacional a indispensável uniformidade na expressão quantitativa e metrológica das grandezas, cabe privativamente à União, conforme estabelecido na Constituição Federal, dispor sobre as unidades de medida, o seu emprego e, de modo geral, o aspecto metrológico de quaisquer atividades comerciais, agropecuárias, industriais, técnicas ou científicas, resolve:

1. Adotar o Quadro Geral de Unidades de Medida, em anexo, no qual constarão os nomes, as definições, os símbolos das unidades e os prefixos SI.
2. Admitir o emprego de certas unidades fora do SI, de grandeza e coeficientes sem dimensões físicas que sejam julgados indispensáveis para determinadas medições.
3. Estabelecer que o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, seja encarregado de propor as modificações que se tornarem necessárias ao Quadro anexo, de modo a resolver casos omissos, mantê-lo atualizado e dirimir dúvidas que possam surgir na interpretação e na aplicação das unidades legais.
4. Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação.

Roberto Cardoso Alves

Anexo

Quadro Geral de Unidades de Medida

Este Quadro Geral de Unidades (QGU) contém:

1. Prescrições sobre o Sistema Internacional de Unidades
 2. Prescrições sobre outras unidades
 3. Prescrições gerais
- | | |
|------------|--|
| Tabela I | Prefixos SI |
| Tabela II | Unidades do Sistema Internacional de Unidades |
| Tabela III | Outras Unidades aceitas para uso com o Sistema Internacional de Unidades |
| Tabela IV | Outras Unidades, fora do Sistema Internacional de Unidades, admitidas temporariamente. |

Nota: São empregadas as seguintes siglas e abreviaturas:

CGPM	Conferência Geral de Pesos e Medidas (precedida pelo número de ordem e seguida pelo ano de sua realização)
------	--

QGU	Quadro Geral de Unidades
-----	--------------------------

SI	Sistema Internacional de Unidades
Unidade SI	Unidade compreendida no Sistema Internacional de Unidades

1. Sistema Internacional de Unidades

O Sistema Internacional de Unidades, ratificado pela 11ª CGPM/1960 e atualizado até a 18ª CGPM/1987, compreende:

a) Sete unidades de base:

Unidade	Símbolo	Grandeza
metro	m	comprimento
quilograma	kg	massa
Segundo	s	tempo
ampère	A	corrente elétrica
kelvin	K	temperatura termodinâmica
mol	mol	quantidade de matéria
candela	cd	intensidade luminosa

b) duas unidades suplementares:

Unidade	Símbolo	Grandeza
radiano	rad	ângulo plano
esterradiano	sr	ângulo sólido

c) unidades derivadas, deduzidas direta ou indiretamente das unidades de base suplementares;

d) os múltiplos e submúltiplos decimais das unidades acima, cujos nomes são formados pelo emprego dos prefixos SI da Tabela I.

2. Outras Unidades

2.1 As unidades fora do SI admitidas no QGU são de duas espécies:

a) unidades aceitas para uso com o SI, isoladamente ou combinadas entre si e/ou com unidades SI, sem restrição de prazo (ver Tabela III);

b) unidades admitidas temporariamente (ver Tabela IV).

2.2 É abolido o emprego das unidades CGS, exceto as que estão compreendidas no SI e as mencionadas na Tabela IV.

3. Prescrições Gerais

3.1 Grafia dos nomes de unidades

3.1.1 Quando escritos por extenso, os nomes de unidades começam por letra minúscula, mesmo quando têm o nome de um cientista (por exemplo, ampère, kelvin, newton, etc.), exceto o grau Celsius.

3.1.2 Na expressão do valor numérico de uma grandeza, a respectiva unidade pode ser escrita por extenso ou representada pelo seu símbolo (por exemplo, quilovolts por milímetro ou kV/mm), não sendo admitidas combinações de partes escritas por extenso com partes expressas por símbolo.

3.2 Plural dos nomes de unidades

Quando os nomes de unidades são escritos ou pronunciados por extenso, a formação do plural obedece às seguintes regras básicas:

a) os prefixos SI são invariáveis;

b) os nomes de unidades recebem a letra “s” no final de cada palavra, exceto nos casos da alínea c,

- quando são palavras simples. Por exemplo, ampères, candelas, curies, farads, grays, joules,

kelvins, quilogramas, parsecs, roentgens, volts, webers, etc.;

- quando são palavras compostas em que o elemento complementar de um nome de unidade não é ligado a este por hífen. Por exemplo, metros quadrados, milhas marítimas, unidades astronômicas, etc.;

- quando são termos compostos por multiplicação, em que os componentes podem variar independentemente um do outro. Por exemplo ampêres-horas, newtons-metros, ohms-metros, pascals-segundos, watts-horas, etc.;

Nota: Segundo esta regra, e a menos que o nome da unidade entre no uso vulgar, o plural não desfigura o nome que a unidade tem no singular (por exemplo, becquerels, decibels, henrys, mols, pascals, etc.), não se aplicando aos nomes de unidades certas regras usuais de formação do plural de palavras.

c) os nomes ou partes dos nomes de unidades não recebem a letra “s” no final,

- quando terminam pelas letras s, x ou z. Por exemplo, siemens, lux, hertz, etc.;

- quando correspondem ao denominador de unidades compostas por divisão. Por exemplo, quilômetros por hora, lumens por watt, watts por esterradiano, etc.;

- quando, em palavras compostas, são elementos complementares de nomes de unidades e ligados a estes por hífen ou preposição. Por exemplo, anos-luz, elétron-volts, quilogramas-força, unidades (unificadas) de massa atômica, etc.

3.3 Grafia dos símbolos de unidades

3.3.1 A grafia dos símbolos de unidades obedece às seguintes regras básicas:

a) os símbolos são invariáveis, não sendo admitido colocar, após o símbolo, seja ponto de abreviatura, seja “s” de plural, sejam sinais, letras ou índices. Por exemplo, o símbolo do watt é sempre W, qualquer que seja o tipo de potência a que se refira: mecânica, elétrica, térmica, acústica, etc.;

b) os prefixos SI nunca são justapostos no mesmo símbolo. Por exemplo, unidades com GWh, nm, pF, etc., não devem ser substituídas por expressões em que se justaponham, respectivamente, os prefixos mega e quilo, mili e micro, micro e micro, etc.,

c) os prefixos SI podem coexistir num símbolo composto por multiplicação ou divisão. Por exemplo, kN.cm, k Ω mA, kV/mm, M Ω cm, kV/ μ s, μ W/cm² etc.;

d) os símbolos de uma mesma unidade podem coexistir num símbolo composto por divisão. Por exemplo, Ω mm² /m, kWh/h, etc.;

e) o símbolo é escrito no mesmo alinhamento do número a que se refere, e não como expoente ou índice. São exceções, os símbolos das unidades não SI de ângulo plano (° ´ “), os expoentes dos símbolos que têm expoente, o sinal ° do símbolo do grau Celsius e os símbolos que têm divisão indicada por traço de fração horizontal;

f) o símbolo de uma unidade composta por multiplicação pode ser formado pela justaposição dos símbolos componentes e que não cause ambigüidade (VA, kWh, etc.), ou mediante a colocação de um ponto entre os símbolos componentes na base da linha ou a meia altura (N.m ou N·m, m.s⁻¹ ou m·s⁻¹, etc.);

g) o símbolo de uma unidade que contém divisão pode ser formado por uma qualquer das três maneiras exemplificadas a seguir:

$$W/(sr.m^2), W.sr^{-1}.m^{-2}, \frac{W}{sr.m^2}$$

não devendo ser empregada esta última forma quando o símbolo, escrito em duas linhas diferentes puder causar confusão.

- 3.3.2 Quando um símbolo com prefixo tem expoente, deve-se entender que esse expoente afeta o conjunto prefixo-unidade, como se esse conjunto estivesse entre parênteses. Por exemplo:

$$dm^3 = 10^{-3} m^3$$

$$mm^3 = 10^{-9} m^3$$

3.4 Grafia dos números

As prescrições desta seção não se aplicam aos números que não representam quantidades (por exemplo, numeração de elementos em seqüência, códigos de identificação, datas, números de telefones, etc.).

- 3.4.1 Para separar a parte inteira da parte decimal de um número, é empregada sempre uma vírgula; quando o valor absoluto do número é menor que 1, coloca-se 0 à esquerda da vírgula.

- 3.4.2 Os números que representam quantias em dinheiro, ou quantidades de mercadorias, bens ou serviços em documentos para efeitos fiscais, jurídicos e/ou comerciais, devem ser escritos com os algarismos separados em grupos de três, a contar da vírgula para a esquerda e para direita, com pontos separando esses grupos entre si.

Nos demais casos é recomendado que os algarismos da parte inteira e os da parte decimal dos números sejam separados em grupos de três, a contar da vírgula para a esquerda e para a direita, com pequenos espaços entre esses grupos (por exemplo, em trabalhos de caráter técnico ou científico), mas é também admitido que os algarismos da parte inteira e os da parte decimal sejam escritos seguidamente (isto é, sem separação em grupos).

- 3.4.3 Para exprimir números sem escrever ou pronunciar todos os seus algarismos:

a) para os números que representam quantias em dinheiro, ou quantidades de mercadorias, bens ou serviços, são empregadas de uma maneira geral as palavras:

mil	= 10 ³	= 1 000
milhão	= 10 ⁶	= 1 000 000
bilhão	= 10 ⁹	= 1 000 000 000
trilhão	= 10 ¹²	= 1 000 000 000 000

podendo ser opcionalmente empregados os prefixos SI ou os fatores decimais da Tabela I, em casos especiais (por exemplo, em cabeçalhos de tabelas);

b) para trabalhos de caráter técnico ou científico, é recomendado o emprego dos prefixos SI ou fatores decimais da Tabela I.

3.5 Espaçamentos entre número e símbolo

O espaçamento entre um número e o símbolo da unidade correspondente deve atender à conveniência de cada caso, assim, por exemplo:

- a) em frases de textos correntes, é dado normalmente o espaçamento correspondente a uma ou a meia letra, mas não se deve dar espaçamento quando há possibilidade de fraude;
b) em colunas de tabelas, é facultado utilizar espaçamentos diversos entre os números e os símbolos das unidades correspondentes.

3.6 Pronúncia dos múltiplos e submúltiplos decimais das unidades

Na forma oral, os nomes dos múltiplos e submúltiplos decimais das unidades são pronunciados por extenso, prevalecendo a sílaba tônica da unidade. As palavras quilômetro, decímetro, centímetro e milímetro, consagradas pelo uso com o acento tônico deslocado para o prefixo, são as únicas exceções a esta regra; assim sendo, os outros múltiplos e submúltiplos decimais do metro devem ser pronunciados com acento tônico na penúltima sílaba (mé), por exemplo, megametro, micrometro (distinto de micrômetro, instrumento de medição), nanometro, etc.

3.7 Grandezas expressas por valores relativos

É aceitável exprimir, quando conveniente, os valores de certas grandezas em relação a um valor determinado da mesma grandeza tomado como referência, na forma de fração ou percentagem, tais são, dentre outras, a massa específica, a massa atômica ou molecular, a condutividade, etc.

Tabela I - Prefixo SI

Nome	Símbolo	Fator pelo qual a Unidade é Multiplicada
exa	E	$10^{18} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
peta	P	$10^{15} = 1\,000\,000\,000\,000\,000$
tera	T	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
giga	G	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
mega	M	$10^6 = 1\,000\,000$
quilo	k	$10^3 = 1\,000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	10
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\,001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\,000\,001$
pico	P	$10^{-12} = 0,000\,000\,000\,001$
femto	F	$10^{-15} = 0,000\,000\,000\,000\,001$
atto	A	$10^{-18} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,001$

Observações:

- 1) Por motivos históricos, o nome da unidade SI de massa contém um prefixo; excepcionalmente e por convenção os múltiplos e submúltiplos dessa unidade são formados pela adjunção de outros prefixos SI à palavra grama e ao símbolo g.
- 2) Os prefixos desta Tabela podem ser também empregados com unidades que não pertencem ao SI.
- 3) Sobre os símbolos de unidades que têm prefixo e expoente, ver 3.3.2.
- 4) As grafias fento e ato serão admitidas em obras sem caráter técnico.

Tabela II - Unidades do Sistema Internacional de Unidades

Além dos exemplos de unidades derivadas sem nomes especiais que constam desta Tabela, estão também compreendidas no SI todas as unidades derivadas que se formarem mediante combinações adequadas de unidades SI.

Grandezas	Unidades			
	Nome	Símbolo	Definição	Observações
Unidades Geométricas e Mecânicas				
Comprimento	metro	m	Metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de 1/299 792 458 de segundo	Unidade de Base – definição adotada pela 17ª Conferência Geral de Pesos e Medidas de 1983.
Área	metro quadrado	m ²	Área de um quadrado cujo lado tem 1 metro de comprimento	
Volume	metro cúbico	m ³	Volume de um cubo cuja aresta tem 1 metro de comprimento	
Ângulo plano	radiano	rad	Ângulo central que subtende um arco de círculo de comprimento igual ao do respectivo raio.	
Ângulo sólido	esterradiano	sr	Ângulo sólido que, tendo vértice no centro de uma esfera, subtende na superfície uma área igual ao quadrado do raio da esfera.	
Tempo	segundo	s	Duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.	Unidade de Base – definição ratificada pela 13ª CGPM/1967.
Frequência	hertz	Hz	Frequência de um fenômeno periódico cujo período é de 1 segundo.	
Velocidade	metro por segundo	m/s	Velocidade de um móvel que em movimento uniforme, percorre a distância de 1 metro em 1 segundo.	
Velocidade angular	radiano por segundo	rad/s	Velocidade angular de um móvel que, em movimento de rotação uniforme, descreve 1 radiano em 1 segundo	
Aceleração	metro por segundo, por segundo	m/s ²	Aceleração de um móvel em movimento retilíneo uniformemente variado, cuja velocidade varia de 1 metro por segundo em 1 segundo	
Aceleração angular	radiano por segundo, por segundo	rad/s ²	Aceleração angular de um móvel em movimento de rotação uniformemente variado, cuja velocidade angular varia de 1 radiano por segundo em 1 segundo	
Massa	quilograma	kg	Massa do protótipo internacional do quilograma	1) Unidade de Base – definição ratificada pela 3ª CGPM/1901. 2) Esse protótipo é conservado no Bureau Internacional de Pesos e Medidas em Sèvres na França.
Massa específica	quilograma por metro cúbico	kg/m ³	Massa específica de um corpo homogêneo, em que um volume igual a 1 metro cúbico contém massa igual a 1 quilograma.	
Vazão	metro cúbico por segundo	m ³ /s	Vazão de um fluido que, em regime permanente através de uma superfície determinada, escoo o volume de 1 metro cúbico do fluido em 1 segundo.	
Fluxo de massa	quilograma por segundo	kg/s	Fluxo de massa de um material que, em regime permanente através de uma superfície determinada, escoo a massa de 1 quilograma do material em 1 segundo.	Esta grandeza é designada pelo nome do material cujo escoamento está sendo considerado (por exemplo fluxo de vapor).

Momento de inércia	quilograma-metro quadrado	kg.m ²	Momento de inércia, em relação a um eixo de um ponto material de massa igual a 1 quilograma, distante 1 metro do eixo.	
Momento linear	quilograma-metro por segundo	kg.m/s	Momento linear de um corpo de massa igual a 1 quilograma que se desloca com velocidade de 1 metro por segundo	Esta grandeza é também chamada quantidade de movimento linear.
Momento angular	quilograma-metro quadrado por segundo	kg.m ² /s	Momento angular em relação a um eixo, de um corpo que gira em torno desse eixo com velocidade angular uniforme de 1 radiano por segundo, e cujo momento de inércia, em relação ao mesmo eixo, é de 1 quilograma-metro quadrado.	Esta grandeza é também chamada quantidade de movimento angular.
Quantidade de matéria	mol	mol	Quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilograma de carbono 12.	1) Unidade de Base - definição ratificada pela 14ª CGPM/1971. 2) Quando se utiliza o mol, as entidades elementares devem ser especificadas, podendo ser átomos, moléculas, íons, elétrons ou outras partículas, bem como agrupamentos especificados de tais partículas.
Força	newton	N	Força que comunica a massa de 1 quilograma à aceleração de 1 metro por segundo, por segundo.	
Momento de uma força, Torque	newton-metro	N.m	Momento de uma força de 1 newton, em relação a um ponto distante 1 metro de sua linha de ação.	
Pressão	pascal	Pa	Pressão exercida por uma força de 1 newton, uniformemente distribuída sobre uma superfície plana de 1 metro quadrado de área, perpendicular à direção da força.	Pascal é também unidade de tensão mecânica (tração, compressão, cisalhamento, tensão tangencial e suas combinações).
Viscosidade dinâmica	pascal-segundo	Pa.s	Viscosidade dinâmica de um fluido que se escoar de forma tal que sua velocidade varia de 1 metro por segundo, por metro de afastamento na direção perpendicular ao plano de deslizamento, quando a tensão tangencial ao longo desse plano é constante e igual a 1 pascal.	
Trabalho, Energia, Quantidade de calor	joule	J	Trabalho realizado por uma força constante de 1 newton que desloca seu ponto de aplicação de 1 metro na sua direção.	
Potência, Fluxo de energia	watt	W	Potência desenvolvida quando se realiza, de maneira contínua e uniforme, o trabalho de 1 joule em 1 segundo.	
Densidade de fluxo de energia	watt por metro quadrado	W/m ²	Densidade de um fluxo de energia uniforme de 1 watt, através de uma superfície plana de 1 metro quadrado de área, perpendicular à direção de propagação da energia.	

Unidades Elétricas e Magnéticas

Para as unidades elétricas e magnéticas, o SI é um sistema de unidades racionalizado, para o qual foi definido o valor da constante magnética.

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ henry por metro}$$

Corrente elétrica	ampère	A	Corrente elétrica invariável que mantida em dois condutores retilíneos, paralelos, de comprimento infinito e de área de seção	1) Unidade de Base – definição ratificação pela 9ª CGPM/1948. 2) O ampère é
-------------------	--------	---	---	---

			transversal desprezível e situados no vácuo a 1 metro de distância um do outro, produz entre esses condutores uma força igual a 2×10^{-7} newton, por metro de comprimento desses condutores.	também unidade de força magnetomotriz; nesses casos, se houver possibilidade de confusão, poderá ser chamado ampère-espira, porém sem alterar o símbolo A.
Carga elétrica (quantidade de eletricidade)	coulomb	C	Carga elétrica que atravessa, em 1 segundo, uma seção transversal de um condutor percorrido por uma corrente invariável de 1 ampère.	
Tensão elétrica, diferença de potencial, força eletromotriz	Volt	V	Tensão elétrica entre os terminais de um elemento passivo de circuito, que dissipa a potência de 1 watt quando percorrido por uma corrente invariável de 1 ampère.	
Gradiente de potencial, intensidade de campo elétrico	volt por metro	V/m	Gradiente de potencial uniforme que se verifica em um meio homogêneo e isotrópico, quando é de 1 volt a diferença de potencial entre dois planos equipotenciais situados a 1 metro de distância um do outro.	A intensidade de campo elétrico pode ser também expressa em newtons por coulomb.
Resistência elétrica	Ohm	Ω	Resistência elétrica de um elemento passivo de circuito que é percorrido por uma corrente invariável de 1 ampère, quando uma tensão elétrica constante de 1 volt é aplicada aos seus terminais.	O ohm é também unidade de impedância e de reatância em elementos de circuito percorridos por corrente alternada.
Resistividade	ohm-metro	$\Omega \cdot m$	Resistividade de um material homogêneo e isotrópico, do qual um cubo com 1 metro de aresta apresenta uma resistência elétrica de 1 ohm entre faces opostas.	
Condutância	Siemens	S	Condutância de um elemento passivo de circuito cuja resistência elétrica é de 1 ohm	O siemens é também unidade de admitância e de susceptância em elementos de circuito percorridos por corrente alternada.
Condutividade	siemens por metro	S/m	Condutividade de um material homogêneo e isotrópico cuja resistividade é de 1 ohm-metro.	
Capacitância	farad	F	Capacitância de um elemento passivo de circuito entre cujos terminais a tensão elétrica varia uniformemente à razão de 1 volt por segundo, quando percorrido por uma corrente invariável de 1 ampère.	
Indutância	Henry	H	Indutância de um elemento passivo de circuito, entre cujos terminais se induz uma tensão constante de 1 volt, quando percorrido por uma corrente que varia uniformemente à razão de 1 ampère por segundo.	
Potência aparente	volt-ampère	VA	Potência aparente de um circuito percorrido por uma corrente alternada senoidal com valor eficaz de 1 ampère, sob uma tensão elétrica com valor eficaz de 1 volt.	
Potência reativa	var	Var	Potência reativa de um circuito percorrido por uma corrente alternada senoidal com valor eficaz de 1 ampère, sob uma tensão elétrica com valor eficaz de 1 volt, defasada de $\pi/2$ radianos em relação à corrente.	
Indução magnética	tesla	T	Indução magnética uniforme que produz uma força constante de 1 newton por metro de um condutor retilíneo situado no vácuo e percorrido por uma corrente invariável de 1 ampère, sendo perpendiculares entre si as direções da indução magnética, da força e da corrente.	
Fluxo magnético	Weber	Wb	Fluxo magnético uniforme através de uma superfície plana de área igual a 1 metro quadrado, perpendicular à direção de uma	

			indução magnética uniforme de 1 tesla.	
Intensidade de campo magnético	ampère por metro	A/m	Intensidade de um campo magnético uniforme, criado por uma corrente invariável de 1 ampère, que percorre um condutor retilíneo, de comprimento infinito e de área de seção transversal desprezível, em qualquer ponto de uma superfície cilíndrica de diretriz circular com 1 metro de circunferência e que tem como eixo o referido condutor.	
Relutância	ampère por weber	A/Wb	Relutância de um elemento de circuito magnético, no qual uma força magnetomotriz invariável de 1 ampère produz um fluxo magnético uniforme de 1 weber.	

Unidades Térmicas

Temperatura termodinâmica	Kelvin	K	Fração 1/273,16 de temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água.	1) kelvin é unidade de base, definição ratificada pela 13ª CGPM/1967
Temperatura Celsius	grau Celsius	° C	Intervalo de temperatura unitário igual a 1 kelvin, numa escala de temperaturas em que o ponto 0 coincide com 273,15 kelvins.	2) kelvin e grau Celsius são também unidades de intervalo de temperaturas. 3) t (em grau Celsius) = T (em kelvins) - 273,15
Gradiente de temperatura	Kelvin por metro	K/m	Gradiente de temperatura uniforme que se verifica em um meio homogêneo e isotrópico, quando é de 1 kelvin a diferença de temperatura entre dois planos isotérmicos situados à distância de 1 metro um do outro.	
Capacidade térmica	Joule por kelvin	J/K	Capacidade térmica de um sistema homogêneo e isotrópico, cuja temperatura aumenta de 1 kelvin quando se lhe adiciona 1 joule de quantidade de calor.	
Calor específico	Joule por quilograma e por kelvin	J/(kg.K)	Calor específico de uma substância cuja temperatura aumenta de 1 kelvin quando se lhe adiciona 1 joule de quantidade de calor por quilograma de sua massa.	
Condutividade térmica	Watt por metro e por kelvin	W/(m.K)	Condutividade térmica de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um gradiente de temperatura uniforme de 1 kelvin por metro, quando existe um fluxo de calor constante com densidade de 1 watt por metro quadrado.	

Unidades Ópticas

Intensidade luminosa	candela	Cd	Intensidade luminosa, numa direção dada, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} hertz, e cuja intensidade energética naquela direção é 1/683 watt por esterradiano.	Unidade de base - definição ratificada pela 16ª CGPM/1979.
Fluxo luminoso	lúmen	/m	Fluxo luminoso emitido por uma fonte pontiforme e invariável de 1 candela, de mesmo valor em todas as direções, no interior de um ângulo sólido de 1 esterradiano.	
Iluminamento	lux	/x	Iluminamento de uma superfície plana de 1 metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de 1 lúmen, uniformemente distribuído.	

Luminância	candela por metro quadrado	Cd/m ²	Luminância de uma fonte com 1 metro quadrado de área e com intensidade luminosa de 1 candela.	
Exitância luminosa	lúmen por metro quadrado	lm/m ²	Exitância luminosa de uma superfície plana de 1 metro quadrado de área, que emite uniformemente um fluxo luminoso de 1 lúmen.	Esta grandeza era denominada "emitância luminosa".
Exposição luminosa, Excitação luminosa	lux-segundo	lx.s	Exposição (Excitação) luminosa de uma superfície com iluminamento de 1 lux, durante 1 segundo.	
Eficiência luminosa	lúmen por watt	lm/W	Eficiência luminosa de uma fonte que consome 1 watt para cada lúmen emitido.	
Número de onda	1 por metro	m ⁻¹	Número de onda de uma radiação monocromática cujo comprimento de onda é igual a 1 metro.	
Intensidade energética	watt por esterradiano	W/sr	Intensidade energética, de mesmo valor em todas as direções, de uma fonte que emite um fluxo de energia uniforme de 1 watt, no interior de um ângulo sólido de 1 esterradiano.	
Luminância energética	watt por esterradiano e por metro quadrado	W/(sr.m ²)	Luminância energética em uma direção determinada, de uma fonte superficial de intensidade energética igual a 1 watt por esterradiano, por metro quadrado de sua área projetada sobre um plano perpendicular à direção considerada.	
Convergência	dioptria	di	Convergência de um sistema óptico com distância focal de 1 metro, no meio considerado.	

Unidades de Radioatividade

Atividade	Becquerel	Bq	Atividade de um material radioativo no qual se produz uma desintegração nuclear por segundo.	
Exposição	Coulomb por quilograma	C/kg	Exposição a uma radiação X ou gama, tal que a carga total dos íons de mesmo sinal produzidos em 1 quilograma de ar, quando todos os elétrons liberados por fótons são completamente detidos no ar, é de 1 coulomb em valor absoluto.	
Dose absorvida	gray	Gy	Dose de radiação ionizante absorvida uniformemente por uma porção de matéria, à razão de 1 joule por quilograma de sua massa.	
Equivalente de dose	Sievert	Sv	Equivalente de dose de uma radiação igual a 1 joule por quilograma.	Nome especial para a unidade SI de equivalente de dose adotado pela 16ª CGPM/1979.

Tabela III - Outras Unidades Aceitas para Uso com o SI, sem Restrição de Prazo

São implicitamente incluídas nesta Tabela outras unidades de comprimento e de tempo estabelecidas pela Astronomia para seu próprio campo de aplicação, e as outras unidades de tempo usuais do calendário civil.

Grandezas	Unidades				
	Nome	Símbolo	Definição	Valor em Unidades SI	Observações
Comprimento	unidade	UA	Distância média da terra	149 600x10 ⁶ m	Valor adotado pela União

	astronômica		ao sol		Astronômica Internacional.
	parsec	pc	Comprimento do raio de um círculo no qual o ângulo central de 1 segundo subtende uma corda igual a 1 unidade astronômica.	$3,0857 \times 10^{16} \text{m}$ (aproximado)	A União Astronômica Internacional adota como exato o valor $1 \text{ pc} = 206\,265 \text{UA}$
volume	litro	ℓ L	Volume igual a 1 decímetro cúbico.	$0,001 \text{m}^3$	A título excepcional a 16ª CGPM/1979 adotou os dois símbolos ℓ (letra ele minúscula) e L (letra ele maiúscula) como símbolos utilizáveis para o litro. O símbolo L será empregado sempre que as máquinas de impressão não apresentem distinção entre o algarismo um e a letra ele minúscula, e que tal coincidência acarrete probabilidade de confusão.
Ângulo plano	grau	$^\circ$	Ângulo plano igual à fração $1/360$ do ângulo central de um círculo completo.	$\pi/180 \text{ rad}$	
	minuto	'	Ângulo plano igual à fração $1/60$ de 1 grau.	$\pi/10\,800 \text{ rad}$	
	segundo	"	Ângulo plano igual à fração $1/60$ de 1 minuto.	$\pi/648\,000 \text{ rad}$	
Intervalo de frequências	oitava		Intervalo de duas frequências cuja relação é igual a 2.		O número de oitavas de um intervalo de frequência é igual ao logaritmo de base 2 da relação entre as frequências extremas do intervalo.
Massa	Unidade (unificada) de massa atômica	u	Massa igual à fração $1/12$ da massa de um átomo de carbono 12.	$1,660\,57 \times 10^{-27} \text{kg}$, aproximadamente.	
	Tonelada	t	Massa igual a 1 000 quilogramas		
Tempo	minuto	min	Intervalo de tempo igual a 60 segundos.	60s	
	hora	h	Intervalo de tempo igual a 60 minutos.	3 600s	
	dia	d	Intervalo de tempo igual a 24 horas.	86 400s	
Velocidade angular	rotação por minuto	rpm	Velocidade angular de um móvel que, em movimento de rotação uniforme a partir de uma posição inicial, retorna à mesma posição após 1 minuto.	$\pi/30 \text{ rad/s}$	
Energia	elétron-volt	eV	Energia adquirida por um elétron ao atravessar, no vácuo, uma diferença de potencial igual a 1 volt.	$1.602\,19 \times 10^{-19} \text{J}$ aproximadamente	
Nível de potência	decibel	dB	Divisão de uma escala logarítmica cujos valores são 10 vezes o logaritmo decimal da relação entre o valor de potência considerado, e um valor de potência especificado, tomado como referência e		$N = 10 \log_{10} P/P_e \text{ dB}$

			expresso na mesma unidade.		
Ecremento logarítmico	neper	Np	Divisão de uma escala logarítmica cujos valores são os logaritmos neperianos da relação entre dois valores de tensões elétricas, ou entre dois valores de correntes elétricas.		$N = \log_e V_1/V_2$ Np ou $N = \log_e I_1/I_2$ Np

Tabela IV - Outras Unidades fora do SI Admitidas Temporariamente

Nome da Unidade	Símbolo	Valor em Unidades SI	Observações
angstrom	Å	10^{-10} m	
*atmosfera	atm	101 325 Pa	
bar	bar	10^5 Pa	
barn	b	10^{-28} m ²	
*caloria	cal	4,1868 J	Este valor é o que foi adotado pela 5ª Conferência Internacional sobre as Propriedades do Vapor, Londres, 1956.
*cavalo-vapor	cv	735,5 W	
curie	Ci	$3,7 \times 10^{10}$ Bq	
gal	Gal	0,01 m/s ²	
*gauss	Gs	10^{-4} T	
hectare	Ha	10^4 m ²	
*quilograma-força	kgf	9,806 65 N	
*milímetro de mercúrio	mmHg	133,322 Pa	Aproximadamente
milha marítima		1 852 m	
nó		(1852/3600) m/s	Velocidade igual a 1 milha marítima por hora.
*quilate		2×10^{-4} kg	Não confundir esta unidade com o “quilate” da escala numérica convencional do teor em ouro das ligas de ouro.
rad		0,01 Gy	
roentgen	R	$2,58 \times 10^{-4}$ C/kg	
rem	rem	1 rem = 1 cSv = 10^{-2} Sv	O rem é uma unidade especial empregada em radioproteção para exprimir o equivalente de dose.

* A evitar e a substituir pela unidade SI correspondente.

Problemas propostos

1.1 Quais dos nomes de unidades estão escritos certos: Ampère, Kelvin, Newton, Volt e Celsius?

1.2 A expressão quilovolts/mm está escrita corretamente?

1.3 Os plurais: farads, metros quadrados, newtons-metros, hertz, quilômetros por hora e anos-luz estão escritos corretamente?

1.4 As grafias Vs, MMV estão corretas?

1.5 As grafias kΩ mA, Ω mm² /m, N.m, N'm e W/(sr.m²) estão corretas?

1.6 Quais os valores numéricos de 10 PW e 10 pW? Qual o valor da relação entre o primeiro e o segundo valor?

1.7 Quais os valores numéricos de 10 MV e 10 mV? Qual o valor da relação entre o primeiro e o segundo valor?

1.8 Usando prefixos, como se pode escrever as potências elétricas:

- a) Em um relâmpago gigante – $P = 2 \times 10^{13} \text{ W}$;
- b) Ondas geradas no mar pelo vento $P = 9,0 \times 10^{16} \text{ W}$;
- c) Grande erupção vulcânica $P = 1,0 \times 10^{14} \text{ W}$;
- d) Uma vela queimando até o final $P = 3,0 \times 10^0 \text{ W}$;
- e) Vôo de um beija-flor $P = 7,0 \times 10^{-1} \text{ W}$.

1.9 Usando prefixos, como se pode escrever as energias :

- a) Energias térmica e mecânica em um furacão típico do Caribe $E = 3,8 \times 10^{19} \text{ J}$;
- b) bomba atômica lançada em Hiroshima em 1945 $E = 8,4 \times 10^{13} \text{ J}$;
- c) Consumo anual de gasolina de um carro compacto $E = 4,0 \times 10^{10} \text{ J}$;
- d) Energia para o salto de uma pulga $E = 1,0 \times 10^{-7} \text{ J}$;
- e) Consumo médio de um apartamento típico de 3 quartos $E = 1,5 \times 10^5 \text{ Wh}$.

Em eletrotécnica, o consumo de energia elétrica normalmente é dado em Wh, kWh, MWh e GWh. Não se usa a unidade J.

Respostas

1.1 Celsius

1.2 Não

1.3 Sim

1.4 Não

1.5 Sim

1.6 $10 \text{ PW} = 10 \times 10^{15} \text{ W}$

$10 \text{ pW} = 10 \times 10^{-12} \text{ W}$

$10 \text{ PW} / 10 \text{ pW} = 10^{27}$

1.7 $10 \text{ MV} = 10 \times 10^6 \text{ V}$

$10 \text{ mV} = 10 \times 10^{-3} \text{ V}$

$10 \text{ MW} / 10 \text{ mW} = 10^9$

1.8 a) $P = 2 \times 10^{13} \text{ W} = 20 \text{ TW}$

b) $P = 9,0 \times 10^{16} \text{ W} = 90 \text{ PW}$

c) $P = 1,0 \times 10^{14} \text{ W} = 100 \text{ TW}$

d) $P = 3,0 \times 10^0 \text{ W} = 3,0 \text{ W}$

e) $P = 7,0 \times 10^{-1} \text{ W} = 0,7 \text{ W}$

1.9 a) $E = 3,8 \times 10^{19} \text{ J} = 38 \text{ EJ}$

b) $E = 8,4 \times 10^{13} \text{ J} = 84 \text{ TJ}$

c) $E = 4,0 \times 10^{10} \text{ J} = 40 \text{ GJ}$

d) $E = 1,0 \times 10^{-7} \text{ J} = 100 \text{ nJ}$

e) $E = 1,5 \times 10^5 \text{ Wh} = 150 \text{ kWh}$.

REFERÊNCIAS.

[1] Eletrobrás/Procel, *Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos*, Escola federal de Engenharia de Itajubá, 2001.