

# Aula01

## Circuitos Eléctricos



# Informações Gerais do Curso

- O curso é presencial
  - Se  $N > 20$  faltas o aluno será reprovado.
- Avaliações
  - AV1-Professor
  - AV2- Integrada
  - AV3- 0.3Projeto+0.7Prova

**Prova Substitutiva:** Somente por motivo de saúde protocolado na secretaria.

Notas de Aula: <http://circelet1.weebly.com>

# Plano de Ensino.

1. Unidades de Medidas; Sistema Internacional; Conversão de Unidades
2. Tensão e Corrente, Semicondutores
3. Lei de Ohm: resistência, resistividade; efeito Joule
4. Associação de resistores; Leis de Kirchhoff
5. Laboratórios: R1 e R2
6. Análise de Circuitos com mais malhas.
7. Linearidade e Superposição de Efeitos; Geradores de tensão e corrente (ideais e reais)
8. Equivalentes de Thevenin e Norton
9. Laboratório R3
10. Cálculo Numérico na resolução de circuitos com corrente contínua
11. Corrente Alternada; Impedância
12. Leis de Kirchhoff para circuitos AC.

## OBJETIVOS

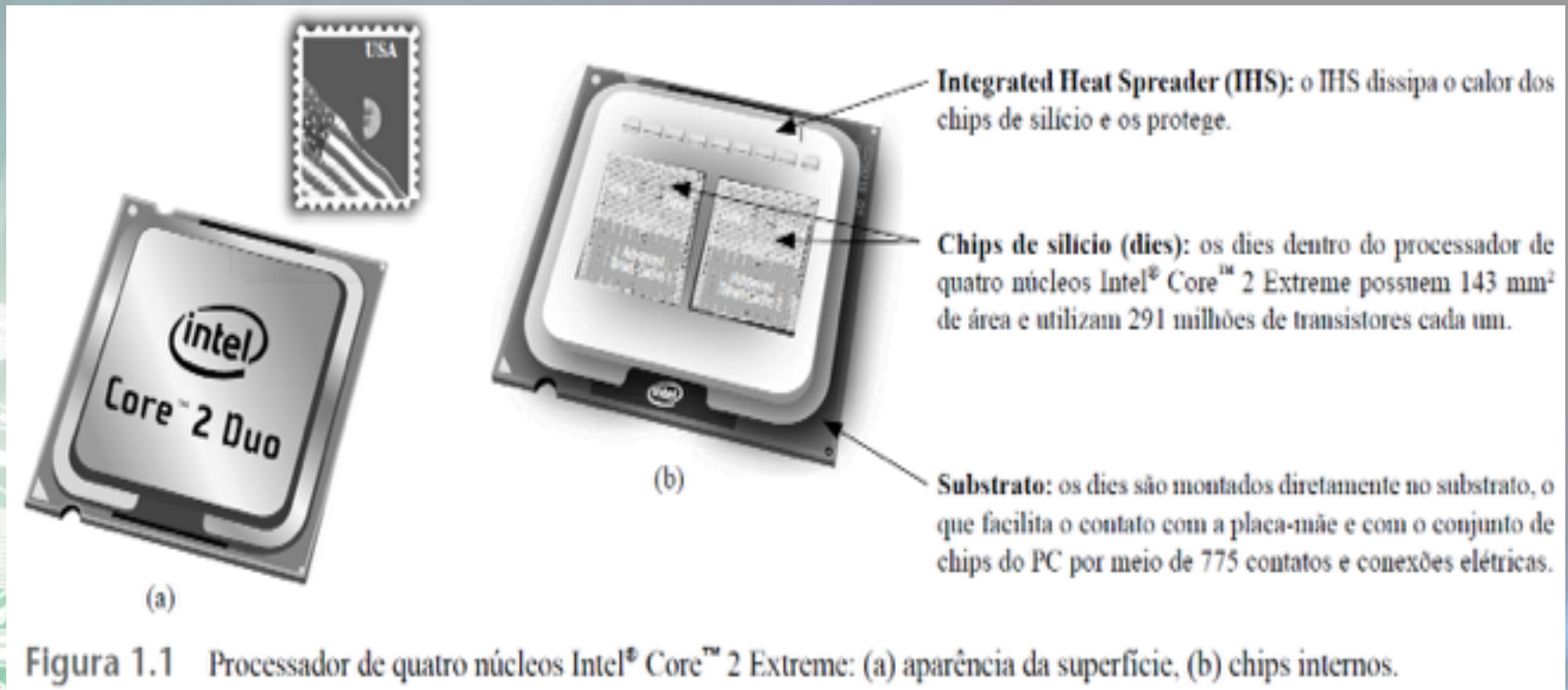
- Tornar-se ciente do rápido crescimento da indústria eletroeletrônica no último século. Já estamos na era da nanoeletrônica.
- Compreender a importância de aplicar uma unidade de medida a um resultado ou medida, assim como de assegurar que os valores numéricos substituídos na equação sejam consistentes com a unidade de medida das várias quantidades.
- Familiarizar-se com o sistema SI de unidades usado pela indústria eletroeletrônica.

## OBJETIVOS

- Compreender a importância das potências de dez e saber como trabalhá-las em qualquer cálculo numérico.
- Ser capaz de converter qualquer quantidade, em qualquer sistema de unidades, em outro sistema.

# A INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA

- Nas últimas décadas, a tecnologia vem mudando a um ritmo cada vez mais intenso.
- Essa redução no tamanho dos sistemas eletrônicos é devida fundamentalmente a uma inovação importante introduzida em 1958 – o **circuito integrado (CI)**.
- Um circuito integrado agora pode conter componentes menores que 50 nanômetros.



# UM BREVE HISTÓRICO

# ANÁLISE DE CIRCUITOS

12ª EDIÇÃO

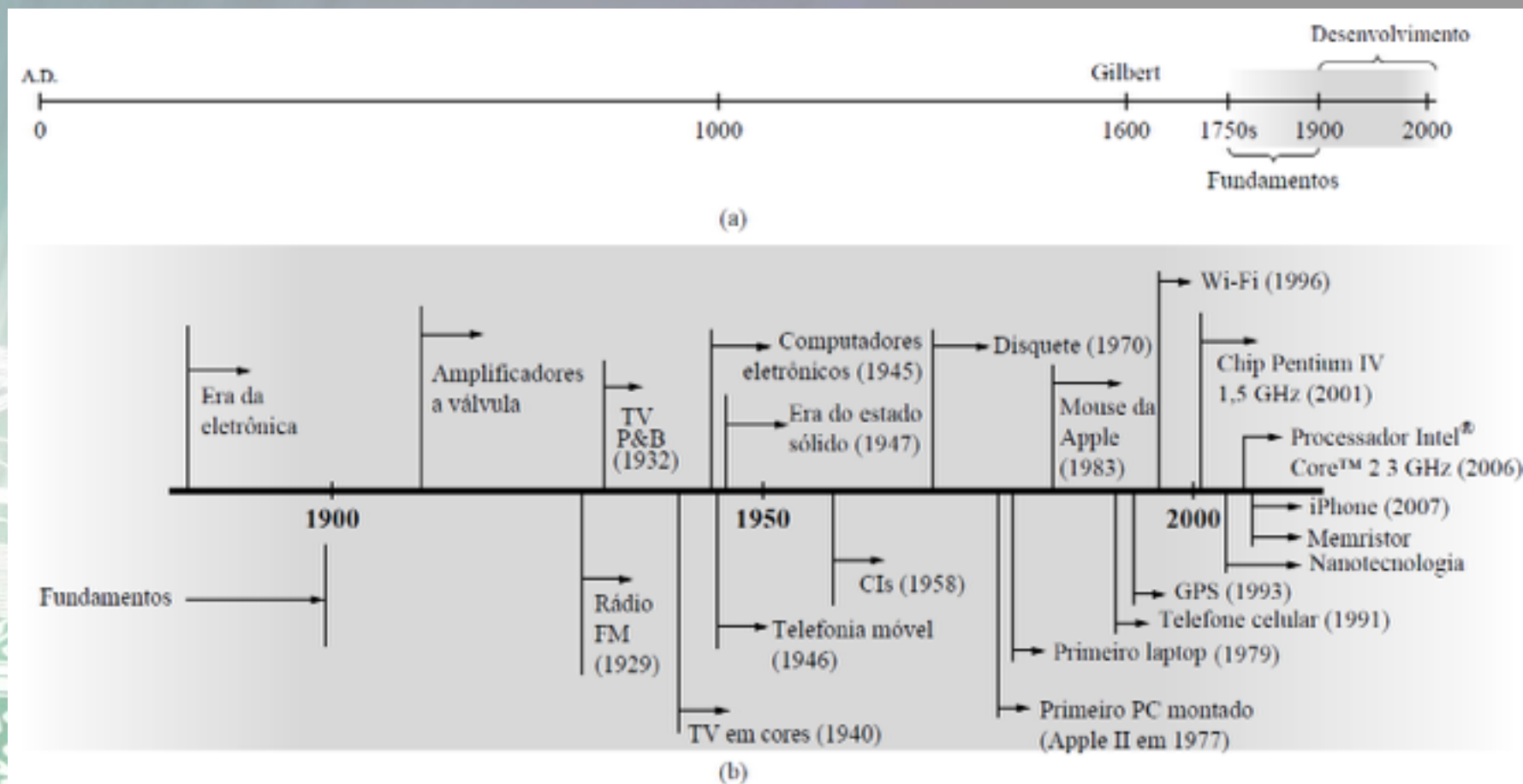


Figura 1.2 Gráficos temporais: (a) de longo alcance; (b) expandido.



# UM BREVE HISTÓRICO

## O princípio

- O fenômeno da **eletricidade estática** tem intrigado os cientistas ao longo de toda a História.
  - Os gregos denominavam *elektron* a resina fóssil (âmbar) usada frequentemente em demonstrações sobre os efeitos da eletricidade estática, mas nenhum estudo efetivo havia sido feito até William Gilbert pesquisar o assunto em 1600.

# UM BREVE HISTÓRICO

## O princípio

- Otto von Guericke constrói o primeiro gerador eletrostático capaz de gerar uma quantidade apreciável de carga
- Stephen Gray consegue transmitir cargas elétricas a grandes distâncias usando fios de seda.
- Charles DuFay demonstra que existem cargas que se atraem e que se repelem, o que o levou a acreditar que havia dois tipos de carga – teoria que é aceita até hoje, com nossas definições de carga positiva e carga negativa.

## UM BREVE HISTÓRICO

### O princípio

- Muitos acreditam que o real início da era da eletricidade baseou-se nas pesquisas de Pieter van Musschenbroek e Benjamin Franklin.
- Em 1745, van Musschenbroek apresentou a **garrafa de Leyden**, destinada a armazenar carga elétrica (o primeiro capacitor), e demonstrou os efeitos do choque elétrico.
- Franklin utilizou a garrafa de Leyden, aproximadamente sete anos depois, para demonstrar que o relâmpago era simplesmente uma descarga elétrica, e também expandiu esse estudo com várias outras teorias importantes, incluindo a denominação *positiva* e *negativa* para os dois tipos de cargas.

## UM BREVE HISTÓRICO

### O princípio

- Em 1784, Charles Coulomb demonstrou que a força entre as cargas é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.
- Em 1791, Luigi Galvani realizou experiências que demonstravam os efeitos da eletricidade nos nervos e nos músculos de animais.
- A primeira **célula voltaica** (bateria), capaz de produzir eletricidade a partir da reação química de um metal com um ácido, foi desenvolvida por outro italiano, Alessandro Volta, em 1799.

# UM BREVE HISTÓRICO

## O princípio

- A febre de descobertas continuou no começo do século XIX com **Hans Christian Oersted** que demonstra a existência de uma relação entre magnetismo e eletricidade, o que serviu de fundamento para a teoria do **eletromagnetismo** tal como a conhecemos hoje em dia.

# UM BREVE HISTÓRICO

## O princípio

- No final do século XIX, um número significativo de equações, leis e relações fundamentais havia sido estabelecido.
- As Equações de Maxwell condensam todo o conhecimento clássico acerca do eletromagnetismo.
- Vários campos de estudo, incluindo eletricidade, eletrônica, geração e distribuição de energia elétrica e sistemas de comunicação, também começaram a se desenvolver seriamente.

# UM BREVE HISTÓRICO

## A era da eletrônica

- Rádio
- Televisão
- Computadores
- Tablets, Celulares

# UM BREVE HISTÓRICO

## A era do estado sólido

- Em 1947, os físicos William Shockley, John Bardeen e Walter H. Brattain, dos laboratórios Bell, demonstraram o **transistor** de contato de ponto, um amplificador construído inteiramente com materiais semicondutores sem necessidade de vácuo, bulbo de vidro ou tensão de aquecimento para o filamento.
- John Bardeen ganhou 2 prêmios Nobel, o segundo pelo desenvolvimento da teoria da supercondutividade (BCS); Bardeen, Cooper e Schriffer.

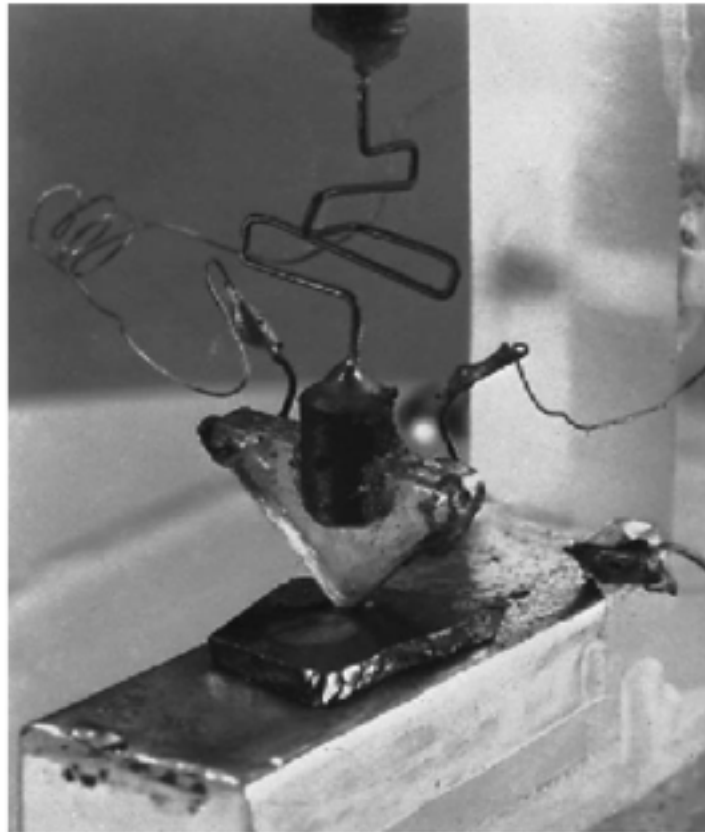


# UM BREVE HISTÓRICO

## A era do estado sólido

# ANÁLISE DE CIRCUITOS

12ª EDIÇÃO



**Figura 1.3** O primeiro transistor. (Usado com permissão da Lucent Technologies Inc./Laboratórios Bell.)

# UM BREVE HISTÓRICO

## A era do estado sólido

- Embora relutante no princípio por causa da grande quantidade de conhecimentos disponíveis para projeto, análise e sínteses de redes de comunicação a válvula, a indústria eventualmente aceitou essa nova tecnologia como a onda do futuro.
- Em 1958, o primeiro **circuito integrado (CI)** foi desenvolvido pela Texas Instruments, e, em 1961, o primeiro circuito integrado comercial foi fabricado pela Fairchild Corporation.

## UNIDADES DE MEDIDA

- Uma das regras mais importantes para se lembrar e aplicar ao trabalhar em qualquer campo da tecnologia é usar as unidades corretas ao substituir números em uma equação.
- Ficamos, frequentemente, tão concentrados em obter uma solução numérica que deixamos de conferir as unidades associadas com os números substituídos em uma equação.
- Os resultados obtidos, portanto, são muitas vezes sem sentido.

## SISTEMAS DE UNIDADES

- Os sistemas de unidades mais usados no passado foram o sistema inglês e o sistema métrico.
- Observe que, enquanto o sistema inglês é baseado em um único padrão, o sistema métrico é subdividido em dois padrões inter-relacionados: **MKS** e **CGS**.
- Eles têm seus nomes derivados das unidades de medida usadas em cada sistema; o sistema MKS usa metros (*meters*), quilogramas (*kilograms*) e segundos (*seconds*), enquanto o sistema CGS usa centímetros (*centimeters*), gramas (*grams*) e segundos (*seconds*).

# SISTEMAS DE UNIDADES

# ANÁLISE DE CIRCUITOS

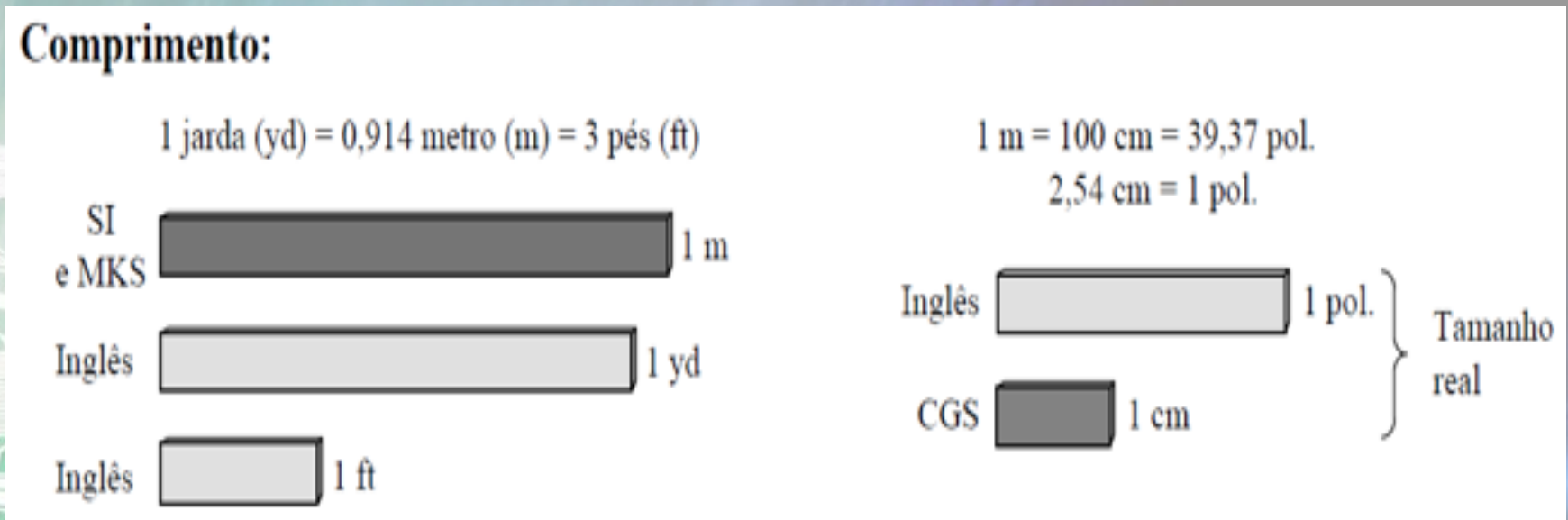
12ª EDIÇÃO

Tabela 1.1 Comparação entre os sistemas métrico e inglês de unidades.

| Inglês  | Métrico  |  | SI   |
|---|--|--|--|
|   | MKS  | CGS  |  |
| <i>Comprimento:</i><br>Jarda (yd) (0,914 m)   | Metro (m)<br>(39,37 pol.) (100 cm)   | Centímetro (cm)<br>(2,54 cm = 1 pol.)                      |  |
| <i>Massa:</i><br>Slug (14,6 kg)   | Quilograma (kg)<br>(1.000 g)   | Gramma (g)   | <b>Quilograma (kg)</b>                               |
| <i>Força:</i><br>Libra (lb) (4,45 N)  | Newton (N)<br>(100.000 dinas)  | Dina   | <b>Newton (N)</b>                                    |
| <i>Temperatura:</i><br>Fahrenheit (°F)<br>$\left( = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32 \right)$ | Celsius ou Centígrado (°C)<br>$\left( = \frac{5}{9}(\text{°F} - 32) \right)$ | Centígrado (°C)  | <b>Kelvin (K)</b><br>$\text{K} = 273,15 + \text{°C}$ |
| <i>Energia:</i><br>Pé-libra (ft-lb)<br>(1,356 joules)   | Newton-metro (N · m) ou joule (J)<br>(0,7376 pé-libra)                       | Dina-centímetro ou erg<br>(1 joule = 10 <sup>7</sup> ergs) | <b>Joule (J)</b>                                     |
| <i>Tempo:</i><br>Segundo (s)  | Segundo (s)  | Segundo (s)  | <b>Segundo (s)</b>                                   |

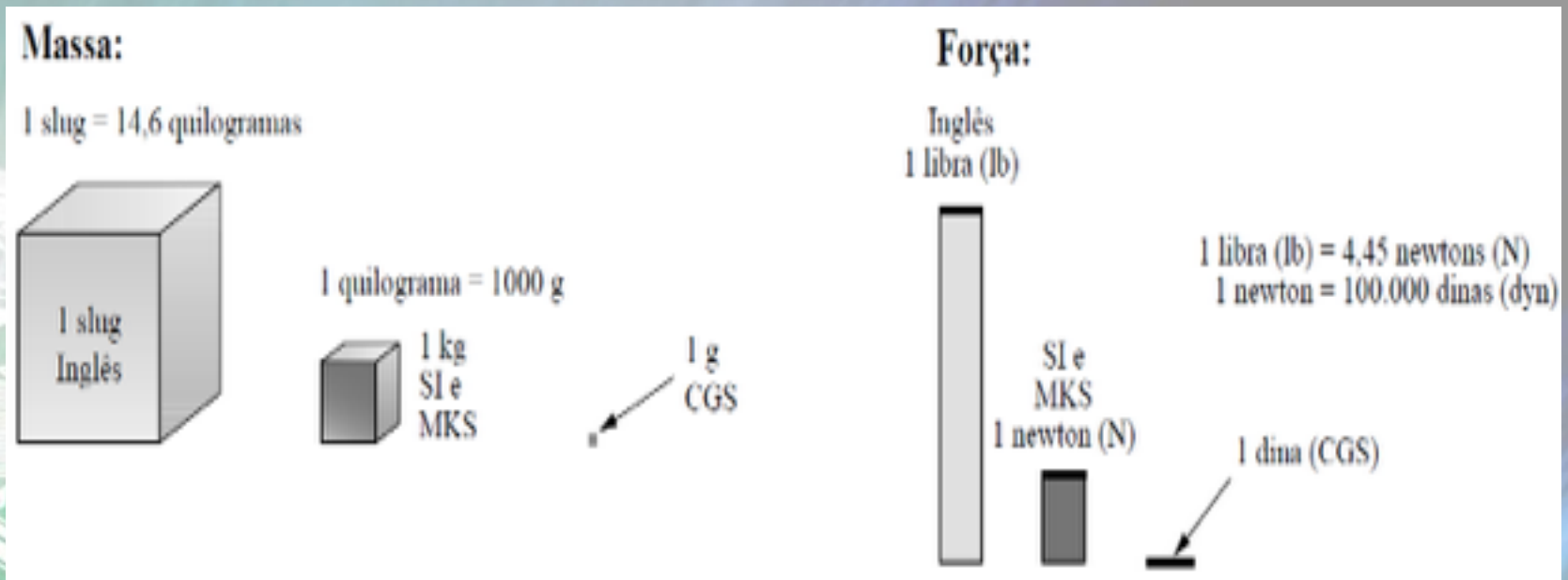
## SISTEMAS DE UNIDADES

Figura 1.4 Comparação entre as unidades dos diversos sistemas de unidades.



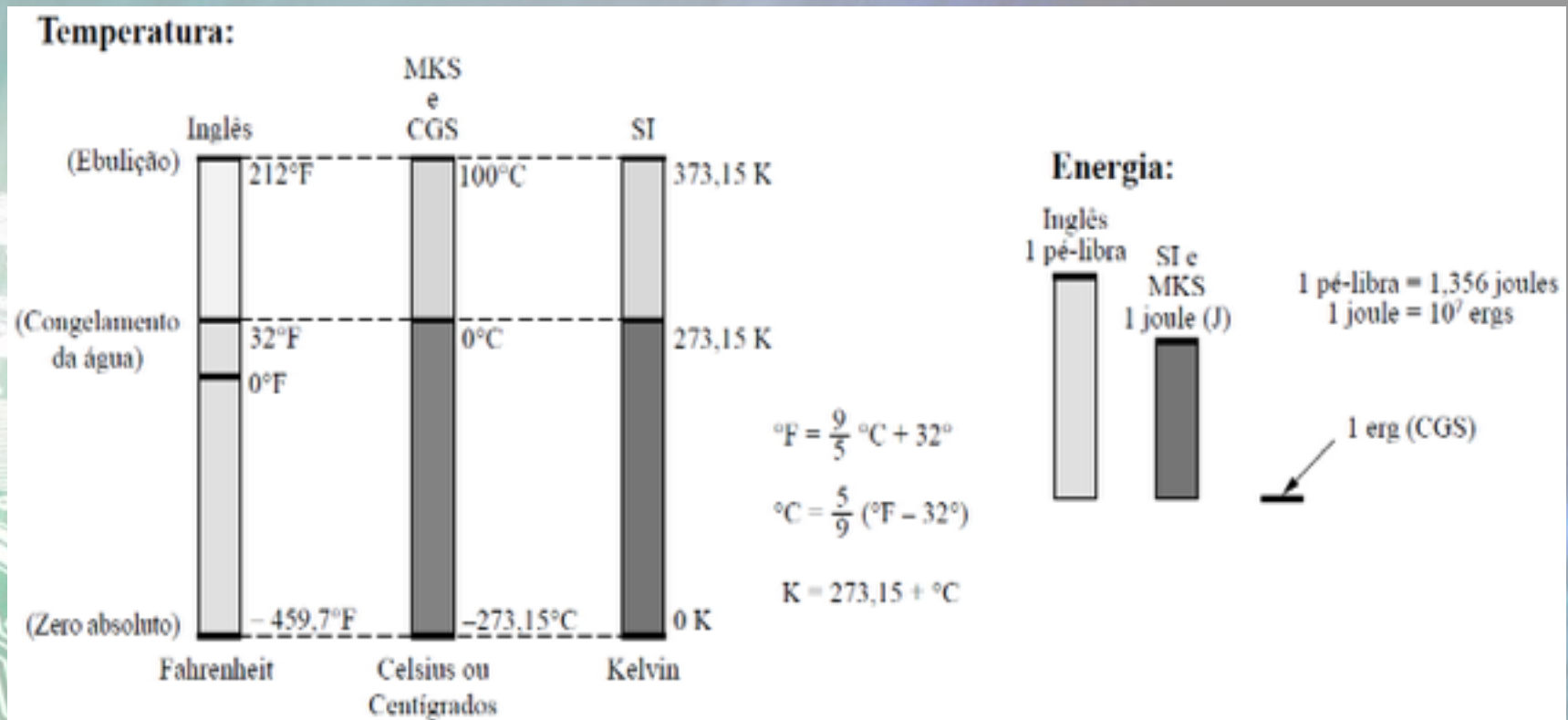
## SISTEMAS DE UNIDADES

Figura 1.4 Comparação entre as unidades dos diversos sistemas de unidades.



## SISTEMAS DE UNIDADES

Figura 1.4 Comparação entre as unidades dos diversos sistemas de unidades.





# ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS, PRECISÃO E ARREDONDAMENTO

## ANÁLISE DE CIRCUITOS

12ª EDIÇÃO

- Frequentemente, escrevemos números de diversas maneiras sem nos preocupar muito com o formato utilizado, com o número de algarismos incluídos e a unidade de medida a ser aplicada.
- Em geral, existem dois tipos de números: os *exatos* e os *aproximados*.

# ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS, PRECISÃO E ARREDONDAMENTO

- Na adição ou na subtração de números aproximados, a precisão do resultado é determinada pela parcela de menor precisão.
- No caso da multiplicação e da divisão de números aproximados, a quantidade de algarismos significativos do resultado é igual à do número com menos algarismos significativos.

## POTÊNCIAS DE DEZ

- Deve ficar claro que, a partir da magnitude relativa de diversas unidades de medida, números muito grandes e muito pequenos são frequentemente encontrados na prática científica.
- Para facilitar a manipulação de números de magnitudes tão variadas, costuma-se utilizar potências de dez.
- Essa notação faz uso de todas as vantagens das propriedades matemáticas das potências de dez.

## POTÊNCIAS DE DEZ

- A notação utilizada para representar números que são potências inteiras de dez é a seguinte:

|                |              |                    |
|----------------|--------------|--------------------|
| $1 = 10^0$     | $1/10 =$     | $0,1 = 10^{-1}$    |
| $10 = 10^1$    | $1/100 =$    | $0,01 = 10^{-2}$   |
| $100 = 10^2$   | $1/1.000 =$  | $0,001 = 10^{-3}$  |
| $1.000 = 10^3$ | $1/10.000 =$ | $0,0001 = 10^{-4}$ |

# POTÊNCIAS DE DEZ

## Operações aritméticas básicas

- Adição e subtração
- Multiplicação
- Divisão

# NOTAÇÕES DE PONTO FIXO, DE PONTO FLUTUANTE, CIENTÍFICA E DE ENGENHARIA

- Existem, em geral, quatro modos de se obter um número quando usamos um computador ou uma calculadora.
- Se não usamos potências de dez, os números serão escritos em **notação de ponto fixo** ou em **notação de ponto flutuante**.
  - **A notação de ponto fixo requer que a vírgula seja colocada sempre no mesmo lugar.**
  - **No caso da notação de ponto flutuante, a localização da vírgula é definida pelo número a ser exibido no mostrador.**

# NOTAÇÕES DE PONTO FIXO, DE PONTO FLUTUANTE, CIENTÍFICA E DE ENGENHARIA

- A **notação científica** (também chamada *padrão*) e a **notação de engenharia** usam potências de dez com algumas restrições sobre a mantissa (multiplicador) ou sobre o fator de escala (potências de dez).

$$555000000 = 5,55 \times 10^8$$

# NOTAÇÕES DE PONTO FIXO, DE PONTO FLUTUANTE, CIENTÍFICA E DE ENGENHARIA

- A **notação de engenharia** especifica que todas as potências de dez devem ser 0 ou múltiplos de 3, e a mantissa deve ser maior ou igual a 1, mas menor que 1.000.

$$555000000 = 555 \times 10^6$$



# NOTAÇÕES DE PONTO FIXO, DE PONTO FLUTUANTE, CIENTÍFICA E DE ENGENHARIA

## Prefixos

Tabela 1.2

| Fatores multiplicativos                     | Prefixo no SI | Símbolo no SI |
|---|---------------|---------------|
| $1.000.000.000.000.000.000 = 10^{18}$       | exa           | E             |
| $1.000.000.000.000.000 = 10^{15}$           | peta          | P             |
| $1.000.000.000.000 = 10^{12}$               | tera          | T             |
| $1.000.000.000 = 10^9$                      | giga          | G             |
| $1.000.000 = 10^6$                          | mega          | M             |
| $1.000 = 10^3$                              | quilo         | k             |
| $0,001 = 10^{-3}$                           | mili          | m             |
| $0,000\ 001 = 10^{-6}$                      | micro         | $\mu$         |
| $0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$                 | nano          | n             |
| $0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$           | pico          | p             |
| $0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$      | femto         | f             |
| $0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$ | ato           | a             |

# CONVERSÃO ENTRE POTÊNCIAS DE DEZ

- O procedimento é mais bem descrito pelos passos a seguir:
  - Substitua o prefixo por sua potência de dez correspondente.
  - Reescreva a expressão e a configure como a um multiplicador desconhecido e à nova potência de dez.
  - Observe a mudança na potência de dez do formato original para o novo formato.
  - **Se há um aumento, mova a vírgula do multiplicador original para a esquerda (valor menor) pelo mesmo número. Se há uma diminuição, mova a vírgula do multiplicador original para a direita (valor maior) pelo mesmo número.**

# CONVERSÕES DENTRO DO MESMO SISTEMA E ENTRE SISTEMAS DE UNIDADES

- A conversão dentro e entre sistemas de unidades é um processo que não pode ser evitado no estudo de nenhuma área técnica.
- Contudo, a execução incorreta dessas operações é tão frequente que incluímos essa seção, na qual apresentamos um método que, se aplicado corretamente, levará ao resultado correto.

# CONVERSÕES DENTRO DO MESMO SISTEMA E ENTRE SISTEMAS DE UNIDADES

- Vamos agora rever o método passo a passo:
  - Coloque o fator de conversão em uma forma que tenha o valor numérico (1) com a unidade de medida a ser removida no denominador.
  - Efetue as operações matemáticas necessárias para obter o valor correto da quantidade em questão na unidade de medida remanescente.

Tabela 1.3

| Símbolo      | Significado   |  |
|--------------|---|--|
| $\neq$       | Diferente de  | $6,12 \neq 6,13$                             |
| $>$          | Maior que   | $4,78 > 4,20$                                |
| $\gg$        | Muito maior que                                       | $840 \gg 16$                                 |
| $<$          | Menor que   | $430 < 540$                                  |
| $\ll$        | Muito menor que                                       | $0,002 \ll 46$                               |
| $\geq$       | Maior ou igual a                                      | $x \geq y$ para $y = 3$ e $x > 3$ ou $x = 3$ |
| $\leq$       | Menor ou igual a                                      | $x \leq y$ para $y = 3$ e $x < 3$ ou $x = 3$ |
| $\cong$      | Aproximadamente igual a                               | $3,14159 \cong 3,14$                         |
| $\Sigma$     | Somatório   | $\Sigma(4 + 6 + 8) = 18$                     |
| $  $         | Valor absoluto ou módulo de                           | $ a  = 4$ , onde $a = -4$ ou $+4$            |
| $\therefore$ | Portanto  | $x = \sqrt{4} \therefore x = \pm 2$          |
| $\equiv$     | Por definição   |  |
|              | Estabelece uma relação entre duas ou mais quantidades |  |
| $a:b$        | Razão definida por $a/b$                              |  |
| $a:b = c:d$  | Proporção definida por $a/b = c/d$                    |  |

# TABELAS DE CONVERSÃO

- Tabelas de conversão, como as que aparecem no Apêndice A, podem ser muito úteis quando limitações de tempo não permitem o uso dos métodos descritos neste capítulo.
- Entretanto, ainda que elas pareçam ser fáceis de utilizar, é frequente a ocorrência de erros, porque as operações indicadas por elas não são efetuadas corretamente.
- De qualquer modo, quando estiver usando tabelas como essas, tente fazer mentalmente uma estimativa da ordem de grandeza da quantidade a ser determinada em comparação à magnitude dessa mesma quantidade no sistema de unidades original.