



ENGENHARIA DA APROVAÇÃO

Manutenção Mecânica

Metrologia e tolerância

Unidades, conversão, erro de medição, instrumentos, rugosidade e tolerâncias

Edital 03/2026 · Ênfase 11

MATERIAL DE ESTUDO



Como usar este material

Esta aula cobre quatro itens do programa: noções de metrologia, instrumentos de medição, Sistema Internacional de Unidades e sistema de ajuste e tolerância. Teoria, exemplos resolvidos, quadros de consulta e bateria de questões estão todos aqui.

A matéria vem em dez blocos, e a ordem importa: unidade e conversão; erro e resultado da medição; os instrumentos, com a leitura de escala passo a passo, que é a parte mais cobrada; acabamento da superfície; calibração e rastreabilidade; tolerâncias e ajustes.

A REGRA QUE REGE A MATÉRIA

Antes de qualquer conta, responda três perguntas: qual é a grandeza, qual é a resolução do instrumento e qual é a referência. Quase todo erro de prova nasce de pular uma dessas três.

Na bateria, resolva cada questão inteira antes de abrir a resolução comentada: ela existe para mostrar o mecanismo e explicar por que a alternativa errada atrai.

O que a banca cobra nesta aula

#	Assunto	Peso	O que é exigido
1	Sistema Internacional de Unidades	Alto	Reconhecer as sete unidades de base, separar das derivadas e escrever nome e símbolo na grafia correta
2	Conversão de unidades	Alto	Converter comprimento, área, volume, massa, força, pressão, potência e temperatura, inclusive polegada
3	Erro de medição	Alto	Distinguir erro sistemático, aleatório e grosseiro; calcular erro, tendência e correção
4	Precisão e exatidão	Alto	Diagnosticar dispersão e proximidade do valor verdadeiro a partir de um conjunto de indicações
5	Resultado da medição e incerteza	Médio	Aplicar $RM = RB \pm IM$ e combinar incertezas pela raiz da soma dos quadrados
6	Paquímetro	Alto	Calcular a resolução pelo nônio e efetuar a leitura em milímetro e em polegada
7	Micrômetro	Alto	Somar bainha, tambor e nônio, no sistema métrico e no inglês
8	Goniômetro	Médio	Ler ângulo no sentido correto, com sinal, e converter minutos em graus
9	Relógio comparador	Alto	Identificar a aplicação pela montagem e efetuar a leitura dos dois ponteiros
10	Rugosidade e acabamento	Alto	Ra, Ry, Rz, Rt e R3Z, classes N1 a N12 e a simbologia de acabamento superficial
11	Calibração e rastreabilidade	Médio	Separar calibração, verificação, ajuste e validação; hierarquia de padrões
12	Tolerância e ajustes	Alto	Afastamentos, dimensões limite, tolerância, folga, interferência e os três tipos de ajuste

A leitura de escala — paquímetro, micrômetro, goniômetro e relógio comparador — concentra a maior parte das questões desta matéria, e é sempre cobrada com a figura do instrumento na tela. Vale tratar os blocos 5 a 7 como a espinha dorsal do estudo.



1 · Metrologia, mensurando e o Sistema Internacional de Unidades

Toda questão de metrologia começa com a mesma decisão silenciosa: qual é a grandeza, qual é o padrão com que ela está sendo comparada e em que unidade a resposta tem de sair. Quem pula essa etapa faz a conta certa sobre o conceito errado. Esta seção fixa o vocabulário técnico da área e o sistema de unidades que dá sentido a qualquer número medido.

Metrologia, medição, mensurando e indicação

A palavra **metrologia** vem do grego (*metron*, medida; *logos*, ciência): é a ciência que estuda a medição. Como atividade técnica, acompanha a humanidade desde os primórdios, muito antes de existir qualquer sistema padronizado.

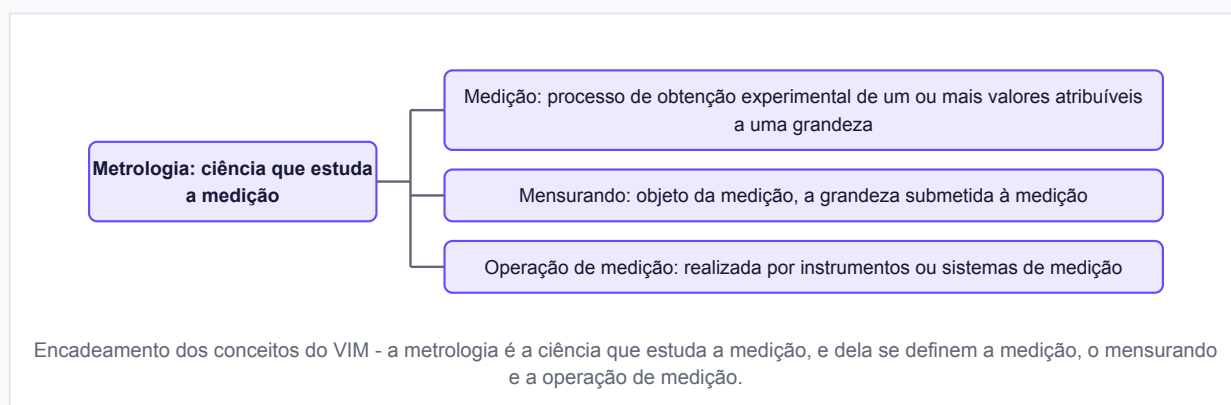
O **Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM)** foi criado na segunda metade do século XX para harmonizar mundialmente as terminologias e definições da área de metrologia e instrumentação. É dele que saem as definições que as bancas cobram.

De acordo com o VIM, **medição** é o processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser, seguramente, atribuídos a uma grandeza. Em outras palavras: é o conjunto de processos adotados para expressar quantitativamente o valor de uma grandeza, normalmente na forma de **um número multiplicado por uma unidade de medida**. Dizer que uma pessoa tem 1,85 m de altura é o resultado de uma medição.

Repare no que está por trás disso. Para declarar quantitativamente uma grandeza física é preciso compará-la com uma unidade e determinar quantas vezes essa unidade está contida na grandeza avaliada. Daí a exigência de que as unidades sejam bem definidas e reconhecidas internacionalmente — sem isso, a medição não tem valor fora de quem a fez.

A grandeza que está sendo medida recebe o nome de **mensurando**: é o objeto da medição, a grandeza específica submetida à medição. No exemplo da altura, o mensurando é a altura da pessoa, e 1,85 m é o valor obtido.

A **operação de medição** é realizada por um dispositivo chamado **instrumento de medição** ou **sistema de medição**, que fornece a **indicação** — o valor de uma grandeza fornecido pelo instrumento. Em geral a indicação vem na mesma unidade do mensurando, mas isso pode não acontecer: um transdutor pode indicar em milivolts uma pressão em bar.



COMO A BANCA COBRA ESSES QUATRO TERMOS

O enunciado descreve uma cena e pede o nome técnico. Se o texto fala do que se quer medir, é mensurando. Se fala do número que apareceu no visor, é indicação. Se fala do processo inteiro, é medição. Se fala do estudo, dos métodos e dos padrões, é metrologia.



Além do VIM, para que as medições sejam corretamente interpretadas em qualquer lugar do planeta é necessário adotar um sistema de unidades muito bem estabelecido. Esse sistema é o **Sistema Internacional de Unidades (SI)**, hoje reconhecido e adotado por praticamente todos os países.

Das partes do corpo ao SI

Há cerca de quatro mil anos, o homem media usando partes do próprio corpo. Foi assim que surgiram unidades usadas até hoje, como a **polegada** e o **pé**, ao lado do **palmo**, da **jarda**, do **passo** e da **braça**. O problema é evidente: essas referências variavam de pessoa para pessoa, conforme as características físicas de cada um, e por isso não padronizavam nada.

Com o avanço das negociações e da tecnologia, foram sendo adotadas referências padrão até se chegar a um único sistema, o SI. Ele apresenta **duas classes de unidades: as unidades de base e as unidades derivadas**. Cada grandeza tem uma única unidade, obtida por multiplicação ou divisão a partir das unidades de base.

As **unidades de base** representam as grandezas de base, que são um subconjunto escolhido por convenção dentro de um sistema de grandezas, no qual nenhuma grandeza pode ser expressa em função de outra. Por convenção, o SI adota **sete unidades de base**.

Desde maio de 2019, cada uma dessas sete unidades é definida a partir do valor numérico fixado de uma constante universal.

Grandeza física	Unidade de base (símbolo)	Constante cujo valor numérico foi fixado
Comprimento	metro (m)	velocidade da luz no vácuo, $c = 299\,792\,458$, com a unidade expressa em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Massa	quilograma (kg)	constante de Planck, $h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$, em $\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$, igual a joule segundo (J·s)
Tempo	segundo (s)	frequência de transição hiperfina do estado fundamental não perturbado do césio 133, $\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770$, em Hz, igual a s^{-1}
Intensidade de corrente elétrica	ampere (A)	carga elementar, $e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$, em coulomb (C), igual a A·s
Temperatura termodinâmica	kelvin (K)	constante de Boltzmann, $k = 1,380\,649 \times 10^{-23}$, em $\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, igual a $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
Intensidade luminosa	candela (cd)	eficácia luminosa da radiação monocromática de frequência 540×10^{12} Hz, $K_{\text{cd}} = 683$, em $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$
Quantidade de matéria	mol (mol)	constante de Avogadro, $N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}$, em mol^{-1}

As sete constantes universais que sustentam o sistema, com os valores fixados, são estas:

Constante universal definida	Valor numérico	Símbolo SI	Unidade
Constante de Avogadro	$6,022\,140\,76 \times 10^{23}$	N_A	mol^{-1}
Velocidade da luz no vácuo	299 792 458	c	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Constante de Planck	$6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$	h	J·s
Carga elementar	$1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$	e	C
Constante de Boltzmann	$1,380\,649 \times 10^{-23}$	k	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
Eficácia luminosa	683	K_{cd}	$\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$
Frequência de transição hiperfina do césio	9 192 631 770	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	Hz ($= \text{s}^{-1}$)

**A LISTA DAS SETE É FECHADA**

Metro, quilograma, segundo, ampere, kelvin, candela e mol. Qualquer unidade fora dessa lista é derivada, por mais familiar que pareça. Volt, ohm, pascal, joule, watt e newton têm nome próprio e são derivadas; ampere-hora nem é unidade do SI, é ampere multiplicado por hora.

As unidades derivadas

As **unidades derivadas** do SI são definidas como produto de potências das unidades de base. Vinte e duas delas recebem nomes especiais; essas 22, somadas às sete de base, formam o núcleo de 29 unidades a partir do qual todas as demais unidades do SI são combinadas.

Grandeza derivada	Nome especial	Expressa em unidades de base
ângulo plano	radiano	$\text{rad} = \text{m/m}$
ângulo sólido	esterradiano	$\text{sr} = \text{m}^2/\text{m}^2$
frequência	hertz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
força	newton	$\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
pressão, tensão	pascal	$\text{Pa} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
energia, trabalho, quantidade de calor	joule	$\text{J} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
potência, fluxo radiante	watt	$\text{W} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$
carga elétrica	coulomb	$\text{C} = \text{A} \cdot \text{s}$
diferença de potencial elétrico	volt	$\text{V} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
capacitância	farad	$\text{F} = \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$
resistência elétrica	ohm	$\Omega = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$
condutância elétrica	siemens	$\text{S} = \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{A}^2$
fluxo magnético	weber	$\text{Wb} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
densidade de fluxo magnético	tesla	$\text{T} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
indutância	henry	$\text{H} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$
temperatura em Celsius	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K}$
fluxo luminoso	lúmen	$\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{sr}$
iluminância	lux	$\text{lx} = \text{cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$
atividade de um radionuclídeo	becquerel	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
dose absorvida	gray	$\text{Gy} = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
dose equivalente	sievert	$\text{Sv} = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
atividade catalítica	katal	$\text{kat} = \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$

**RADIANO E ESTERRADIANO: A CLASSE QUE DEIXOU DE EXISTIR**

Até 1980 o SI considerava três classes de unidades: as de base, as derivadas e as **suplementares**. As suplementares eram exatamente duas — o **radiano**, para ângulo plano, e o **esterradiano** (ou esferorradiano), para ângulo sólido. Hoje elas são classificadas como **unidades derivadas e adimensionais**, porque são razões entre grandezas de mesma natureza: $\text{rad} = \text{m}/\text{m}$ e $\text{sr} = \text{m}^2/\text{m}^2$. É por serem adimensionais que a velocidade angular, medida em radiano por segundo, se escreve em unidades de base simplesmente como s^{-1} .

Como o número de grandezas é ilimitado, a maior parte das unidades derivadas não recebe nome especial: é apenas a combinação das unidades de base. As mais frequentes são estas:

Dados da figura

Elemento	Valor
área	símbolo A · unidade m^2
volume	símbolo V · unidade m^3
velocidade	símbolo v · unidade $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
aceleração	símbolo a · unidade $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
massa específica (densidade)	símbolo ρ · unidade $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
volume específico	símbolo v · unidade $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$

Seis unidades derivadas sem nome especial, com o símbolo da grandeza e a unidade.

IDENTIFICAR A GRANDEZA PELA EXPRESSÃO EM UNIDADES DE BASE

O expoente do metro é o que decide. Com m^2 no numerador e s^{-2} , é energia ($\text{J} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$). Com m^{-1} e s^{-2} , é pressão ($\text{Pa} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$). Com m^{-3} e nada de segundo, é massa específica ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Só s^{-1} , é velocidade angular. E **K** sozinho é temperatura termodinâmica.

Múltiplos e submúltiplos decimais

O SI traz múltiplos e submúltiplos decimais para serem usados junto com as unidades. Vão de 10^{-24} a 10^{24} .

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	quilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Três regras governam o uso dos prefixos:



- **Maiúscula e minúscula no símbolo.** Com a exceção de **da** (deca), **h** (hecto) e **k** (quilo), todos os símbolos dos prefixos de múltiplos são escritos em letra maiúscula; todos os símbolos dos prefixos de submúltiplos são escritos em letra minúscula.
- **Nome do prefixo sempre em minúscula**, salvo quando iniciar uma sentença.
- **Prefixo e unidade formam um símbolo inseparável.** Combinar o símbolo do prefixo com o símbolo da unidade cria um novo símbolo único, como pm (picometro), GΩ (gigaohm) e THz (terahertz). Não se separa nem se inverte a ordem.

Existem ainda unidades que não pertencem ao SI, mas são **aceitas para uso com as unidades SI**: minuto, hora e dia, para tempo; grau, minuto e segundo, para ângulo plano e fase; litro, para volume; e tonelada, para massa.

A grafia correta das unidades

Esta é a parte da matéria que se decide na leitura atenta, e não no cálculo.

- **Nomes por extenso começam sempre com letra minúscula**, mesmo quando têm origem em nome de pessoa: ampere, kelvin, newton, hertz, pascal. A **única exceção** é a unidade de temperatura **grau Celsius**.
- **O prefixo nunca vai ao plural.** Escrever "quilogramas" ou "milisnewtons" é incorreto; o plural, quando existe, é do nome da unidade.
- **Não recebem o "s" do plural** os nomes (ou partes de nomes) de unidades terminados em **s**, **x** ou **z**: siemens, lux, hertz. Também não recebem o "s" as partes que correspondem ao divisor nas **unidades compostas por divisão**: quilômetros por hora, volts por metro.
- **Os símbolos são invariantes.** Escrevem-se sempre da mesma forma indicada no SI, não vão ao plural, não podem ser usados como abreviatura seguida de ponto (a não ser em fim de sentença) e devem ficar sempre no mesmo alinhamento do número a que se referem — nunca como expoente nem como índice.
- **Não se misturam extenso e símbolo na mesma expressão.** O valor numérico de uma grandeza pode vir com a unidade escrita por extenso ou representada pelo símbolo, jamais combinando as duas: são válidos "metros por segundo" e "m/s"; são inválidos "m por segundo" e "metros por s".

Dados da figura

Elemento	Valor
5 km	e não 5 Km — o símbolo do prefixo quilo é k minúsculo
2 kg	e não 2 Kg — mesmo caso: k minúsculo
8 μm	e não 8 μ — o prefixo não substitui a unidade; falta o m
20 h	e não 20 hs ou 20 hrs — o símbolo é invariante e não vai ao plural
290 K	e não 290 °K — kelvin não leva o sinal de grau
100 m	e não 100 mts — o símbolo não é abreviatura

Grafia correta e incorreta das unidades, e a regra que decide.

O sistema inglês de unidades

Os países anglo-saxões usam o sistema baseado na **jarda imperial** (*yard*) e em seus derivados **não decimais** — daí a dificuldade: nada aqui muda de degrau por multiplicação por dez. Estados Unidos e Inglaterra são os principais adotantes, e essas unidades chegam ao dia a dia em ferramentas, tubos, roscas e folhas de propriedades de materiais importados.



Grandeza física	Unidade do sistema inglês	Equivalência
Comprimento	polegada — inch (in ou ")	1 in = 25,4 mm = 2,54 cm; 1 mm = 0,039 in
Comprimento	pé — foot (ft)	1 ft = 304,8 mm = 30,48 cm = 0,3048 m
Comprimento	jarda — yard (yd)	1 yd = 0,9144 m = 914,4 mm
Comprimento	milha — mile (mi)	1 mi = 1,609 km
Área	polegada quadrada — in ² (sq.in)	1 in ² = 6,452 cm ² = 645,2 mm ²
Área	pé quadrado — ft ² (sq.ft)	1 ft ² = 929,03 cm ² = 0,092 m ²
Área	jarda quadrada — yd ² (sq.yd)	1 yd ² = 0,8361 m ²
Área	acre (ac)	1 acre = 4.046,9 m ² = 0,4047 ha
Área	milha quadrada — mi ² (sq.mi)	1 mi ² = 259,0 ha = 2,59 km ² (1 ha = 10.000 m ²)
Volume	polegada cúbica — in ³ (cu.in)	1 in ³ = 16,39 cm ³ = 16,39 ml = 0,01639 l = 16.390 mm ³
Volume	pé cúbico — ft ³ (cu.ft)	1 ft ³ = 28,32 dm ³ = 28,32 l = 0,02832 m ³ (1 l = 1 dm ³)
Volume	jarda cúbica — yd ³ (cu.yd)	1 yd ³ = 0,7646 m ³

Grandeza física	Unidade do sistema inglês	Equivalência
Massa	onça — ounce (oz)	1 oz = 28,35 g
Massa	libra — pound (lb)	1 lb = 0,4536 kg
Massa	kip (1.000 libras)	1 kip = 453,59 kg
Massa	tonelada inglesa (ton)	1 ton = 1.016,05 kg
Capacidade	onça fluida (fl.oz)	1 fl.oz = 28,413 cm ³
Capacidade	pinto (pt)	1 pt = 0,568 l
Capacidade	quarto (qt)	1 qt = 1,137 l
Massa por área	onça por pé quadrado (oz/ft ²)	1 oz/ft ² = 305,15 g/m ²
Massa por área	libra por polegada quadrada (psi)	1 psi = 703,07 kg/m ²
Massa por área	libra por pé quadrado (psf)	1 psf = 4,882 kg/m ²

Grandeza física	Unidade do sistema inglês	Equivalência
Vazão	galão por segundo (gal/sec)	1 gal/s = 4,5461 l/s
Vazão	galão por minuto (gal/min)	1 gal/min = 0,07577 l/s
Vazão	galão por hora (gal/hr)	1 gal/h = 4,5461 l/h
Vazão	polegada cúbica por segundo (in ³ /s)	1 in ³ /s = 16,39 ml/s
Vazão	pé cúbico por segundo (ft ³ /s)	1 ft ³ /s = 0,02832 m ³ /s
Vazão	pé cúbico por minuto (ft ³ /min)	1 ft ³ /min = 0,4791 l/s
Comprimento por volume	milha por galão (mpg)	1 mpg = 0,354 km/l
Comprimento por volume	galão por milha (gpm)	1 gpm = 2,825 l/km
Velocidade	polegada por segundo (in/sec)	1 in/s = 25,4 mm/s
Velocidade	pé por segundo (fps)	1 fps = 0,3048 m/s



Grandeza física	Unidade do sistema inglês	Equivalência
Velocidade	pé por minuto (fpm)	1 fpm = 0,00508 m/s = 0,3048 m/min
Velocidade	milha por hora (mph)	1 mph = 1,609 km/h
Energia	unidade térmica britânica (Btu)	1 Btu = 1.055 J = 1,055 kJ
Potência	cavalo-vapor — horsepower (hp)	1 hp = 745,7 W = 0,7457 kW
Iluminação	footcandle (ft.candle)	1 ft.candle = 10,76 lux

A temperatura é a única grandeza da lista cuja passagem não é uma simples multiplicação: as escalas Celsius e Fahrenheit têm origens diferentes, e por isso existe uma parcela a subtrair antes do fator.

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,5556 \cdot [T(^{\circ}\text{F}) - 32]$$

converte uma temperatura lida em grau Fahrenheit para grau Celsius; o fator 0,5556 é 5/9, e a subtração de 32 desloca o zero de uma escala para o da outra

Exemplo resolvido. Um manual de um compressor importado indica que o óleo deve trabalhar a 95 °F. Qual é essa temperatura em grau Celsius?

Primeiro subtraia a parcela de deslocamento das escalas: $95 - 32 = 63$.

Depois aplique o fator: $T(^{\circ}\text{C}) = 0,5556 \times 63 = 35,0^{\circ}\text{C}$.

Repare na ordem: subtrair só depois de multiplicar daria $0,5556 \times 95 - 32 = 20,8^{\circ}\text{C}$, um valor 14 graus abaixo do correto. A subtração vem antes porque é ela que alinha os zeros das duas escalas.

A polegada: fracionária e milesimal

A polegada aparece em prova de duas formas, e confundi-las custa a questão.

Na **polegada fracionária**, a polegada é dividida sucessivamente por dois: 1/2", 1/4", 1/8", 1/16", 1/32", 1/64", 1/128". É a forma usada em réguas graduadas, brocas, roscas e escalas fracionárias de paquímetro. A conversão para milímetro sai sempre da mesma equivalência de base.

$$\text{comprimento em mm} = \text{comprimento em polegada} \times 25,4$$

use sempre que o enunciado der uma medida em polegada, fracionária ou decimal, e pedir o valor em milímetro; na fração, multiplique o numerador por 25,4 e divida pelo denominador

Exemplo resolvido. Uma chapa tem 5/8" de espessura. Qual é essa espessura em milímetros?

Aplique a equivalência 1" = 25,4 mm ao numerador e divida pelo denominador:

$$5/8" = (5 \times 25,4) / 8 = 127 / 8 = \mathbf{15,875 \text{ mm}}$$

O caminho inverso usa a mesma equivalência: uma broca de 12,7 mm corresponde a $12,7 / 25,4 = 0,5"$, ou seja, 1/2".

Na **polegada milesimal**, a polegada é dividida em partes decimais, e a casa decimal tem nome:

Menor parcela	Nome da parcela	Exemplo de leitura
0,1"	décimo de polegada	0,3" são 3 décimos de polegada
0,01"	centésimo de polegada	0,37" são 37 centésimos de polegada



Menor parcela	Nome da parcela	Exemplo de leitura
0,001"	milésimo de polegada	0,375" são 375 milésimos de polegada
0,0001"	décimo de milésimo de polegada	0,3750" são 3.750 décimos de milésimo de polegada

QUATRO CASAS DECIMAIS NÃO SÃO MILÉSIMOS

A polegada milesimal tem **três** casas: 0,001" é um milésimo de polegada. Quando o número traz **quatro** casas depois da vírgula, a última é o **décimo de milésimo**. Por isso uma medida como 2,3456" vale 2 polegadas e 3.456 décimos de milésimo — e não 3.456 milésimos, que seriam 3,456" e sozinhos já ultrapassariam a polegada inteira.

2 · Conversão de unidades

Converter uma unidade é mudar a representação numérica **sem mudar a grandeza física**. O metro continua sendo o mesmo comprimento depois de escrito em polegada; o que muda é o número que acompanha a unidade. Para converter corretamente é preciso conhecer a unidade do SI de cada grandeza e as equivalências dela nos outros sistemas.

Há dois caminhos, e os dois dão o mesmo resultado:

- **Regra de três.** Monte a proporção com a equivalência conhecida e resolva.
- **Fator de conversão.** Multiplique a grandeza pelo fator que liga a unidade A à unidade B. Sabendo que 1 quilômetro equivale a 1.000 metros, converter 12 km para metros é multiplicar 12 por 1.000, chegando a 12.000 m.

MULTIPLIQUE POR FRAÇÕES QUE VALEM 1

Escreva a conversão como uma multiplicação por frações que **valem exatamente 1** — por exemplo, (1 m / 100 cm), já que 1 m e 100 cm são a mesma coisa. Oriente cada fração para que a unidade antiga apareça em cima em um fator e embaixo no outro, e assim se cancele. Multiplicar por 1 não altera a grandeza; só troca a roupa dela. É esse método que resolve as conversões compostas, em que a unidade tem comprimento ao quadrado ou ao cubo.

Exemplo resolvido. Um trecho de tubulação tem 4,5 m. Quanto isso vale em polegadas?

A tabela de comprimento dá 1 m = 39,37 in. O fator é uma fração igual a 1: (39,37 in / 1 m).

$$4,5 \text{ m} \times (39,37 \text{ in} / 1 \text{ m}) = 177,2 \text{ in.}$$

O metro cancela porque aparece embaixo no fator e em cima na grandeza. Se a fração tivesse sido escrita invertida, (1 m / 39,37 in), o metro apareceria duas vezes em cima e a unidade final sairia errada — esse é o sinal de que o fator foi montado ao contrário.

Comprimento

Entre os múltiplos e submúltiplos do metro a escada é decimal: **para descer um degrau, multiplique por 10; para subir um degrau, divida por 10**. Assim, 1 km = 10 hm e 1 m = 0,1 dam.



Dados da figura

Elemento	Valor
1 km	1 km · 10 hm · 10 ² dam · 10 ³ m · 10 ⁴ dm · 10 ⁵ cm · 10 ⁶ mm · 1.093,6 yd · 3.281 ft · 39.370 in
1 hm	10 ⁻¹ km · 1 hm · 10 dam · 10 ² m · 10 ³ dm · 10 ⁴ cm · 10 ⁵ mm · 109,4 yd · 328 ft · 3.937 in
1 dam	10 ⁻² km · 10 ⁻¹ hm · 1 dam · 10 m · 10 ² dm · 10 ³ cm · 10 ⁴ mm · 10,94 yd · 32,8 ft · 393,7 in
1 m	10 ⁻³ km · 10 ⁻² hm · 10 ⁻¹ dam · 1 m · 10 dm · 10 ² cm · 10 ³ mm · 1,094 yd · 3,28 ft · 39,37 in
1 dm	10 ⁻⁴ km · 10 ⁻³ hm · 10 ⁻² dam · 10 ⁻¹ m · 1 dm · 10 cm · 10 ² mm · 0,109 yd · 0,328 ft · 3,937 in
1 cm	10 ⁻⁵ km · 10 ⁻⁴ hm · 10 ⁻³ dam · 10 ⁻² m · 10 ⁻¹ dm · 1 cm · 10 mm · 1,09×10 ⁻² yd · 3,28×10 ⁻² ft · 0,394 in
1 mm	10 ⁻⁶ km · 10 ⁻⁵ hm · 10 ⁻⁴ dam · 10 ⁻³ m · 10 ⁻² dm · 10 ⁻¹ cm · 1 mm · 1,09×10 ⁻³ yd · 3,28×10 ⁻³ ft · 3,94×10 ⁻² in

Conversão de comprimento: cada unidade métrica nas demais e em jarda, pé e polegada.

Exemplo resolvido. Converter 2,5 hm em centímetros.

Do hectômetro ao centímetro há quatro degraus para baixo: hm → dam → m → dm → cm. Cada degrau multiplica por 10, portanto o fator total é 10⁴.

$$2,5 \text{ hm} \times 10^4 = \mathbf{25.000 \text{ cm.}}$$

Conferindo na tabela: a linha do hm cruzada com a coluna do cm dá 10⁴, o mesmo fator. E o caminho de volta divide: 25.000 cm ÷ 10⁴ = 2,5 hm.

As mesmas unidades expressas em jarda, pé e polegada:

E cada unidade inglesa de comprimento em unidades métricas e entre si — leia a coluna da unidade inglesa e desça até a linha da unidade desejada:

	1 yd	1 ft	1 in
em km	9,144×10 ⁻⁴	3,048×10 ⁻⁴	2,54×10 ⁻⁵
em hm	9,144×10 ⁻³	3,048×10 ⁻³	2,54×10 ⁻⁴
em dam	9,144×10 ⁻²	3,048×10 ⁻²	2,54×10 ⁻³
em m	0,9144	0,3048	2,54×10 ⁻²
em dm	9,144	3,048	0,254
em cm	91,44	30,48	2,54
em mm	914,4	304,8	25,4
em yd	1	0,333	2,78×10 ⁻²
em ft	3	1	8,33×10 ⁻²
em in	36	12	1



Volume e a conversão de unidades cúbicas

Dados da figura

Elemento	Valor
1 in ³	1 in ³ · 5,787×10 ⁻⁴ ft ³ · 4,329×10 ⁻³ gal US · 1,639×10 ⁻² litro · 1,639×10 ⁻⁵ m ³
1 ft ³	1,728×10 ³ in ³ · 1 ft ³ · 7,481 gal US · 28,32 litro · 2,832×10 ⁻² m ³
1 gal (US)	2,31×10 ² in ³ · 0,1337 ft ³ · 1 gal US · 3,785 litro · 3,785×10 ⁻³ m ³
1 litro	61,03 in ³ · 3,531×10 ⁻² ft ³ · 0,2642 gal US · 1 litro · 1,000×10 ⁻³ m ³
1 m ³	6,102×10 ⁴ in ³ · 35,31 ft ³ · 264,2 gal US · 1.000 litro · 1 m ³

Conversão de volume entre polegada cúbica, pé cúbico, galão americano, litro e metro cúbico.

A coluna (gal US) é o galão americano. Repare que 1 m³ = 1.000 litros e 1 litro = 1 dm³.

A conversão mais cobrada em prova, porém, é entre unidades cúbicas do próprio SI, e nela mora a armadilha: **o fator de conversão linear entra elevado ao cubo**. Isso acontece porque 1 m³ é 1 m × 1 m × 1 m, que equivale a 100 cm × 100 cm × 100 cm.

grandeza em unidade cúbica nova = grandeza × (fator linear de comprimento)³

em área o fator linear entra ao quadrado, porque 1 m² = 100 cm × 100 cm = 10.000 cm²; em volume entra ao cubo, porque 1 m³ = 100 cm × 100 cm × 100 cm = 1.000.000 cm³

Exemplo resolvido. Um reservatório de ensaio tem 25.000 cm³. Qual é esse volume em metros cúbicos?

Monte três fatores unitários, um para cada dimensão, cada um valendo 1 porque 1 m = 100 cm:

$$25.000 \text{ cm}^3 \times (1 \text{ m} / 100 \text{ cm}) \times (1 \text{ m} / 100 \text{ cm}) \times (1 \text{ m} / 100 \text{ cm}).$$

Multiplicando os três fatores entre si, o denominador vira 100 × 100 × 100 = 1.000.000 cm³ e o numerador vira 1 m³:

$$25.000 \text{ cm}^3 \times (1 \text{ m}^3 / 1.000.000 \text{ cm}^3) = \mathbf{0,025 \text{ m}^3}.$$

O erro clássico é dividir por 100 uma vez só, chegando a 250 m³ — um valor dez mil vezes maior que o real. Quem elevar ao quadrado, e não ao cubo, chega a 2,5 m³, cem vezes maior.

Massa

Dados da figura

Elemento	Valor
1 kg	1 kg · 10 ³ g · 0,102 UTM · 2,205 lbm · 35,28 oz
1 g	10 ⁻³ kg · 1 g · 1,02×10 ⁻⁴ UTM · 2,2×10 ⁻³ lbm · 35,3×10 ⁻³ oz
1 UTM	9,80665 kg · 9.806,65 g · 1 UTM · 21,62 lbm · 346 oz
1 lbm	0,4535 kg · 453,5 g · 4,62×10 ⁻² UTM · 1 lbm · 16 oz
1 oz	2,83×10 ⁻² kg · 28,3 g · 2,9×10 ⁻³ UTM · 6,25×10 ⁻² lbm · 1 oz

Conversão de massa entre quilograma, grama, UTM, libra-massa e onça.