

Sistema Internacional de Unidades

Há mais de uma maneira de expressar o valor de uma mesma grandeza. Por exemplo, o lado maior de um campo de futebol oficial pode ter no máximo 120 metros. Essa medida pode ser expressa também como 131 jardas, ou 394 pés, ou 0,07 milha, etc. Nas ciências e na engenharia, para simplificar a produção e compartilhamento de conhecimentos técnicos e científicos, praticamente todos os países, incluindo o Brasil, adotam um sistema único de unidades, chamado “Sistema Internacional de Unidades”, ou SI, criado a partir de 1875, na França.

Esse sistema adota como unidades de base as seguintes:

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	Metro	m
Ângulo	Radiano	rad
Massa	Quilograma	kg
Tempo	Segundo	s
Corrente elétrica	Amperes	A
Temperatura	Kelvin	K
Quantidade de substância	Mol	mol
Intensidade luminosa	Candela	cd

Cada uma dessas unidades deve ter também um padrão, a fim de garantir que elas tenham sempre o mesmo significado em qualquer parte do mundo. Por exemplo, os padrões para as unidades metro, quilograma e segundo são os seguintes, Portaria nº 590, de 02 de dezembro de 2013:

- Metro: é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299.792.458$ de segundo.
- Quilograma: a definição de 2019 utiliza a constante de Planck, $6,26 \times 10^{-34} \frac{kg \cdot m^2}{s}$.
- Segundo: é a 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.

A partir dessas unidades básicas outras unidades secundárias são definidas. Alguns exemplos são:

Grandeza	Unidade	Símbolo
Área	Metro quadrado	m^2
Volume	Metro cúbico	m^3
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Aceleração	Metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Densidade	Quilogramas por metro cúbico	kg/m^3

E ainda algumas das unidades secundárias recebem nomes especiais. Por exemplo:

Grandeza	Nome	Símbolo	Unidades
Força	Newton	N	$(kg \cdot m)/s^2$
Pressão	Pascal	P	N/m^2 ou $kg/(m \cdot s^2)$
Trabalho	Joule	J	$N \cdot m$ ou $(kg \cdot m^2)/s^2$
Potência	Watts	W	J/s ou $(kg \cdot m^2)/s^3$
Frequência	Hertz	Hz	$1/s$

Você poderá encontrar mais informações sobre o Sistema Internacional de Unidades em <http://www.inmetro.gov.br>.

Prefixos usados no SI

Além das unidades, o SI define também um conjunto de prefixos. Estes são termos que colocamos antes das unidades para expressar múltiplos de 10 delas. Os prefixos simplificam a representação dos valores, porque com eles não precisamos escrever uma grande quantidade de zeros. Veremos como isso acontece. Antes, porém, os prefixos do SI são os seguintes:

Prefixo	Símbolo	Nome	10^n	Equivalente numérico
yotta	Y	Septilhão	10^{24}	1.000.000.000.000.000.000.000.000
zetta	Z	Sextilhão	10^{21}	1.000.000.000.000.000.000.000.000
exa	E	Quintilhão	10^{18}	1.000.000.000.000.000.000.000
peta	P	Quadriilhão	10^{15}	1.000.000.000.000.000.000
tera	T	Trilhão	10^{12}	1.000.000.000.000.000
giga	G	Bilhão	10^9	1.000.000.000
mega	M	Milhão	10^6	1.000.000
quilo	k	Mil	10^3	1000
hecto	h	Cem	10^2	100
deca	da	Dez	10^1	10
nenhum	nenhum	Unidade	10^0	1
deci	d	Décimo	10^{-1}	0,1
centi	c	Centésimo	10^{-2}	0,01
mili	m	Milésimo	10^{-3}	0,001
micro	μ	Milionésimo	10^{-6}	0,000.001
nano	n	Bilionésimo	10^{-9}	0,000.000.001
pico	p	Trilionésimo	10^{-12}	0,000.000.000.001
femto	f	Quadrilionésimo	10^{-15}	0,000.000.000.000.001
atto	a	Quintilionésimo	10^{-18}	0,000.000.000.000.000.001
zepto	z	Sextilionésimo	10^{-21}	0,000.000.000.000.000.000.001
yocto	y	Septilionésimo	10^{-24}	0,000.000.000.000.000.000.000.001

Alguns exemplos de utilização de prefixos:

1 quilômetro = 1000 m

1 quilograma = 1000 g

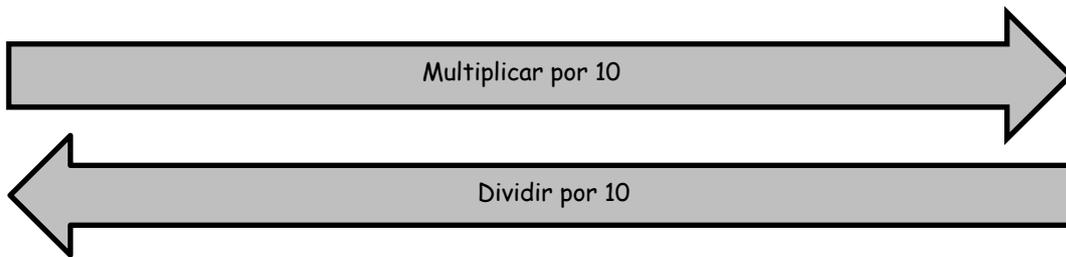
1 milibar = 0,001 bar (1 bar = 1daN/cm²)

1 daN = 10 N

Exemplo: “A CPU de um computador possui componentes que medem 32 nm; o vírus da gripe mede aproximadamente 100 nm”.

Para converter um prefixo para outro, multiplicamos ou dividimos por 10 tantas vezes quantos prefixos queremos “andar”. Por exemplo, para unidades de distância:

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
0.001	0.01	0,1	1	10	100	1000



Por exemplo:

Para converter	Em	Fazemos	Resultado
3,2 km	Metros	$3,2 \times 10 \times 10 \times 10$	3200 m
45 mm	Centímetros	$\frac{45}{100}$	4,5 cm
0,17 hm	Decímetros	$0,17 \times 10 \times 10 \times 10$	170 dm
345 cm	Metros	$345 \div 10 \div 10$	3,45 m

Uma forma de fazer essa conversão mentalmente, é por ‘andar a vírgula’ de um valor. Quando passamos de uma unidade ‘maior’ para uma menor, andamos a vírgula para a direita. Por exemplo:

$$3,25 \text{ km} = 32,5 \text{ hm} = 325 \text{ dam} = 3250 \text{ m} = 32.500 \text{ dm} = 325.000 \text{ cm... etc}$$

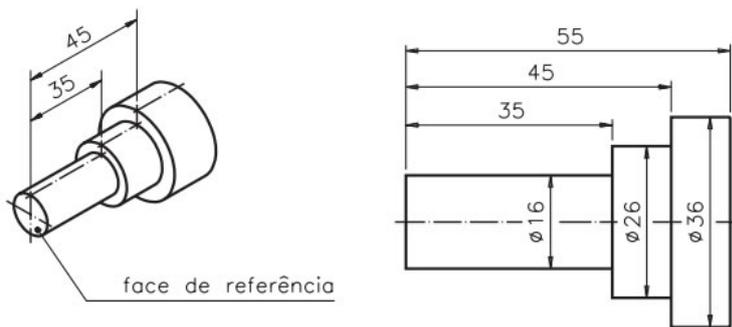
Quando passamos de uma medida ‘menor’ para uma maior, andamos a vírgula para a esquerda:

$$4534 \text{ mm} = 453,4 \text{ cm} = 45,34 \text{ dm} = 4,534 \text{ m} = 0,4534 \text{ dam... etc}$$

Na Engenharia Mecânica, é comum o uso dos prefixos tendo como base o milímetro, e não o metro. As mais usadas são:

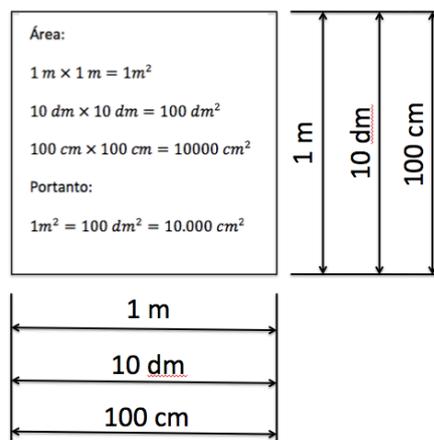
Termo usado	Fração do milímetro	Valor
milésimo de milímetro	1/1000 do milímetro	0,001 mm
centésimo de milímetro	1/100 do milímetro	0,01 mm
décimo de milímetro	1/10 do milímetro	0,1 mm

Aqui é possível ver um componente mecânico cotado em milímetros:



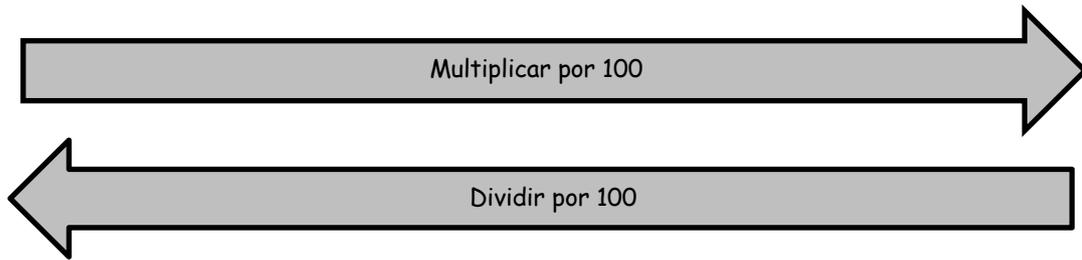
Medidas de Área no SI

A partir da unidade básica de comprimento, o metro, e seus múltiplos, derivam-se também as unidades e conversões para as grandezas área e volume. Por exemplo, uma área de $1 m^2$ corresponderá a quantos dm^2 ? E a quantos cm^2 ? Basta imaginarmos o seguinte:



Se continuarmos esse raciocínio, constatamos que para mudar o prefixo quando medimos as áreas, basta multiplicar ou dividir por 100:

km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
0,000001	0,0001	0,01	1	100	10.000	1.000.000



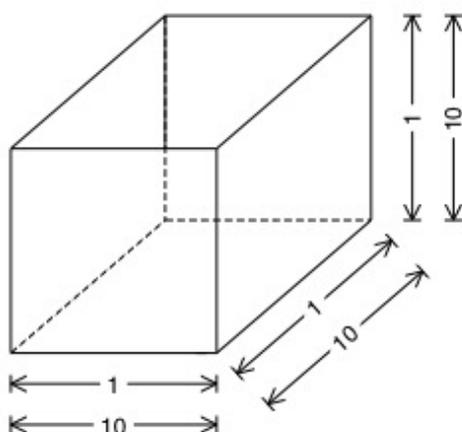
Exemplos:

Para converter	Em	Fazemos	Resultado
$3,2 km^2$	Metros quadrados	$3,2 \times 100 \times 100 \times 100$	$3.200.000 = 3,2 \times 10^6 m^2$
$45 mm^2$	Centímetros quadrados	$\frac{45}{100}$	$0,45 cm^2$
$0,17 hm^2$	Decímetros quadrados	$0,17 \times 100 \times 100 \times 100$	$170000 = 1,7 \times 10^5 dm^2$

Para facilitar o cálculo, podemos também ‘andar com a vírgula’ para a direita, quando passamos de uma unidade maior para uma menor, e para a esquerda, quando passamos de uma unidade menor para uma maior.

Medidas de volume no SI

Assim como com as medidas de área, podemos deduzir também as medidas de volume no SI. Para entender como fazer isso, vamos imaginar um cubo com 1 m em cada lado, e calcular seu volume em dm^3 . Sabemos que 1 m = 10 dm. No desenho abaixo as medidas estão tanto em metros como em decímetros:



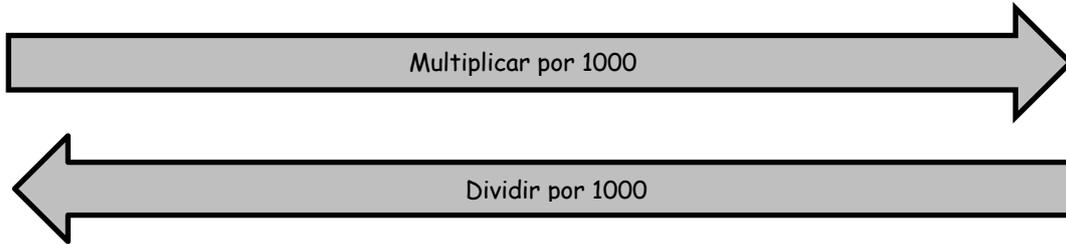
Para calcular o volume em m^3 , basta multiplicar $1 m \times 1 m \times 1 m = 1 m^3$

Como 1 m = 10 dm, isso é o mesmo que fazer: $10 dm \times 10 dm \times 10 dm = 1000 dm^3$

Assim, é possível afirmar que: $1 m^3 = 1000 dm^3$

Do mesmo modo, encontraremos que:

km^3	hm^3	dam^3	m^3	dm^3	cm^3	mm^3
0,000.000.001	0,000.001	0,001	1	1000	1000000	1.000.000.000



Exemplos:

Para converter	Em	Fazemos	Resultado
$3,2 km^3$	Metros cúbicos	$3,2 \times 1000$ $\times 1000 \times 1000$	$3.200.000.000$ $= 3,2 \times 10^9 m^3$
$45 mm^3$	Centímetros cúbicos	$\frac{45}{1000}$	$0,045$ $= 4,5 \times 10^{-2} cm^3$
$0,17 hm^3$	Decímetros cúbicos	$0,17 \times 1000 \times 1000$ $\times 1000$	$170.000.000$ $= 1,7 \times 10^8 dm^3$

Aqui vale notar que o SI admite a utilização da unidade “litro”, correspondente a $1 dm^3$. Assim temos

Unidades métricas de volume	Correspondem a
$1 m^3$	1000 litros
$1 dm^3$	1 litro
$1 cm^3$	$1/1000 = 0,001$ litro, ou 1 ml (mililitro)

Outras unidades.

Embora sempre seja recomendável o uso de unidades padronizadas pelo SI, no dia-a-dia nos deparamos com muitas outras. Seguem algumas que não fazem parte do SI, mas são usadas comumente junto com as unidades do SI

Grandeza	Unidade	Símbolo	Valor
----------	---------	---------	-------

Tempo	minuto	min	60 s
	hora	h	3600 s
Ângulo	grau	o	$1^\circ = \pi/180$
	minuto	'	1/60
	segundo	'	1/3600
Área	hectare	ha	$1 ha = 1 hm^2 = 10^4 m^2$
Massa	tonelada	t	1000 kg
Volume	litro	l	$1 l = 1 dm^3$

Ainda outras não fazem parte do SI, porém são comuns no ambiente profissional. Por exemplo:

Grandeza	Unidade	Símbolo	Conversão
Comprimento	polegada	"	25,4 mm
	pé	ft	30,48 cm
	jarda	yd	0,9144 m
	milha	mi	1,61 km
Volume	galão	gal	3,79 litros
Massa	libra	lb	0,454 kg
	onça	oz	28,35 gramas

Usamos essas equivalências para fazer a conversão de unidades. Exemplos:

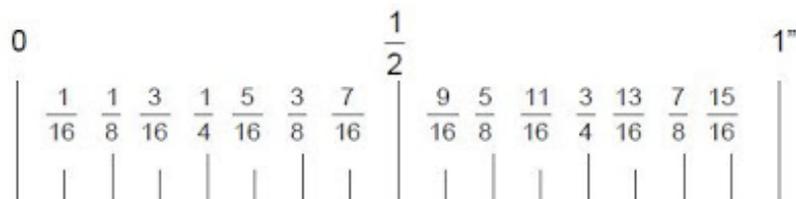
A distância entre Boston e Nova York é de 215 milhas. Como expressar em quilômetros? Fazemos:

$$1 \text{ mi} = 1,61 \text{ km} \rightarrow 215 \text{ mi} \cdot 1,61 = 346,15 \text{ km}$$

Mil e duzentos litros de tinta serão exportados, mas a documentação exige o valor em galões.

$$1 \text{ gal} = 3,79 \text{ litros} \rightarrow \frac{1200}{3,79} = 316,62 \text{ galões}$$

Especificamente na unidade "polegada" é muito comum seu uso na forma fracionária, da seguinte maneira:



Embora não representado, a menor unidade fracionária utilizada é $\frac{1}{128}$. Para a conversão para milímetros, usamos como base $25,4 \text{ mm} = 1''$. Assim,

$$\frac{1}{4} = \frac{25,4}{4} = 6,35 \text{ mm}$$

Entretanto, o uso da polegada na forma decimal também é comum. Por exemplo, converter o valor de 2,565" para mm:

$$2,565 \cdot 25,4 = 65,15 \text{ mm}$$

Unidades mistas

Para a conversão de unidades mistas, podemos usar os valores acima e fazer sua conversão por partes. Exemplos:

Um automóvel desloca-se a 37 km/h. Transformar essa velocidade em metros por segundo.

$$37 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 37 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{37000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 10,28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A velocidade máxima numa estrada americana é de 60 milhas por hora. Isso corresponde a quantos quilômetros por hora?

$$60 \frac{\text{milhas}}{\text{h}} = 60 \frac{1,61 \text{ km}}{1 \text{ hora}} = 60 \cdot 1,61 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 96,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Atividades

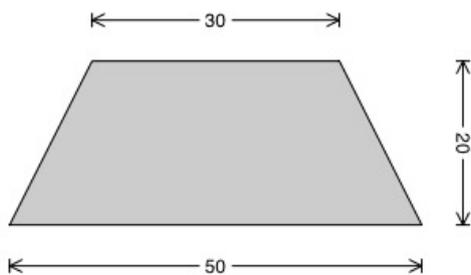
1. Faça as seguintes conversões:

Converta	Em	Cálculo	Resultado
5 km	m		
52000 m	km		
123 mm	cm		
3,25 mm	dm		
0,234 dm	cm		
6754,3 mm	m		
2699 hm	m		
40.678 km	m		
22 nm	mm		

2. Pesquise qual o diâmetro da Terra, qual o diâmetro da Lua e qual a distância entre eles. Faça um desenho aproximado em escala milimétrica que represente esses valores.

3. Pesquise quais as dimensões de um campo de futebol e calcule a área em metros quadrados e em quilômetros quadrados.

4. Um pátio em formato de trapézio tem as dimensões em metros indicadas abaixo. Ele será revestido por lajotas quadradas com 30 cm de lado. Quantas lajotas serão necessárias, considerando que serão compradas 10% a mais para os recortes?



5. Pesquise

a. Qual o dado mais recente sobre a taxa de desmatamento da floresta amazônica em km^2 .

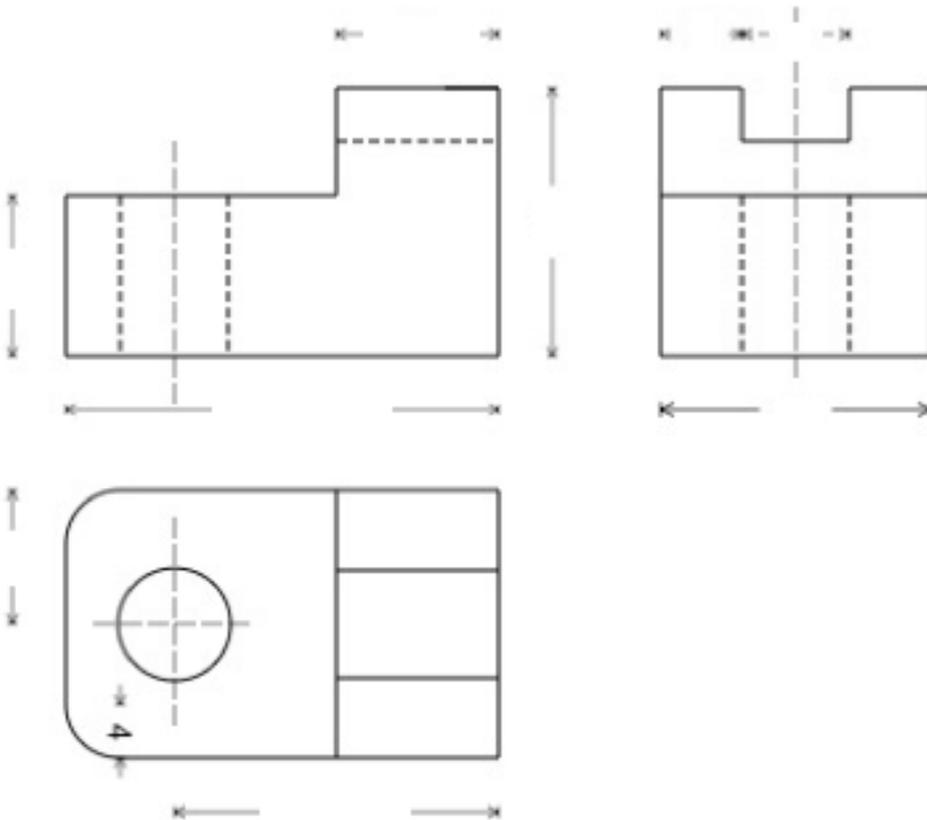
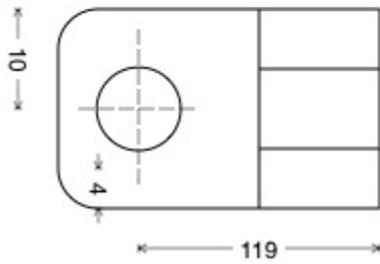
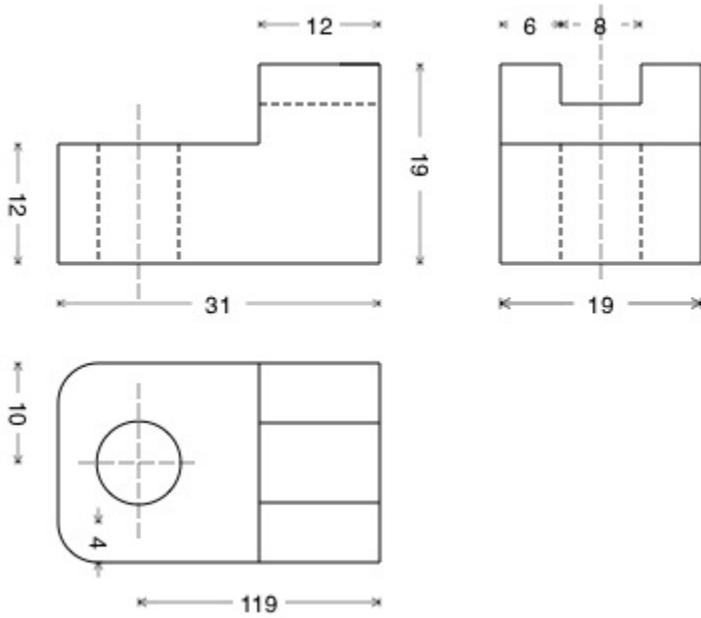
b. Isso corresponde a quantos campos de futebol de tamanho médio?

c. Se essa área fosse um quadrado, quantos metros ele teria em cada lado?

6. Faça as seguintes conversões

De	Para	Resposta
150 <i>l</i>	<i>m</i> ³	
3450 <i>m</i> ³	<i>dm</i> ³	
2300 <i>m</i> ³	<i>l</i>	
239 <i>ml</i>	<i>l</i>	
9,87 <i>km</i> ³	<i>l</i>	
1,3 x 10 ⁶ <i>l</i>	<i>km</i> ³	

7. A uma caixa com 2,56 *m*³ de água, foram acrescentados 350 litros de água. Qual o volume final de água na caixa em litros? E em *m*³?
8. Um aquário tem o formato de um paralelepípedo retangular, de largura 50", comprimento 32" e altura 25". Para encher 3/4 dele com água, quantos litros de água serão usados?
9. No croqui abaixo, as medidas estão em milímetros. Passe para polegadas decimais, com duas casas depois da vírgula.



10. Um geólogo necessita determinar a massa específica de uma rocha, em kg/m^3 , e possui uma balança em libras e um frasco graduado em pol^3 . Após as medições obteve os seguintes registros: massa = 0,29 lb, volume 1,9 pol^3 . Qual a massa específica dessa rocha em kg/m^3 ?