

# QUANTIFICAÇÃO E O NOVO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES:

pensando em algumas faces da poluição



MÁRCIO LEANDRO ROTONDO  
DÉBORA COIMBRA



*Título: Quantificação e o Novo Sistema Internacional de Unidades:  
pensando algumas faces da poluição© Márcio Leandro Rotondo*

*Edição de textos: Márcio Leandro Rotondo e Débora Coimbra*

*Revisão: Débora Coimbra*

*Diagramação e capa: Paulo Vítor Cardoso Toledo*

*Ilustrações: Eduardo de Moraes Ferracioli e Sérgio Kon*

*Imagem da capa: Sérgio Kon*

**Uberlândia  
2020**

## Sumário

1. CAPÍTULO I: O Sistema Internacional de Unidades.....	9
1.1 Um breve histórico .....	9
1.2 O Sistema Internacional de Unidades.....	12
1.3 Grafia de nomes e símbolos das unidades de medidas: as regras oficiais .....	17
2 CAPÍTULO II: Atividades Didáticas para o Ensino Médio.....	21
2.1 Prelúdio.....	21
2.2 Atividades.....	23
2.2.1 Padronização de massa e comprimento.....	23
2.2.2 Padronização do tempo.....	31
2.2.3 Padronização da corrente elétrica .....	37
2.2.4 Padronização da temperatura termodinâmica .....	43
2.2.5 Padronização da Intensidade Luminosa.....	51
3 Referências .....	65

## Apresentação

Motivar os estudantes a se engajarem em atividades escolares é um desafio recorrente para professores da Educação Básica. Esses profissionais acreditam persistentemente na importância do seu trabalho para a formação cidadã e para a construção de uma sociedade mais justa e consciente.

A necessidade de desenvolver técnicas de medição foram basilares para o desenvolvimento da sociedade ocidental, tal qual a conhecemos. Por sua vez, a criação de padrões foi demanda da mundialização da economia a partir do século XV e para a produção em escala industrial nos séculos seguintes. A globalização da economia seria inviável sem que houvesse acordo na esfera mundial.

Ao longo de sua experiência como estudantes, os autores puderam perceber que em Física e, muitas vezes, em outras disciplinas científicas, as unidades costumam ser comunicadas e servir como critério para redução de pontuação em avaliações. Ao mesmo tempo, dificilmente são foco de discussão em relação à história de sua criação e padronização. O conhecimento da história da definição do metro, por exemplo, além de um salto qualitativo na aprendizagem matemática poderia evitar divagações em relação à forma esférica do nosso planeta.

Escolhemos o problema da poluição como motivação para discutir as unidades fundamentais integrantes do Sistema Internacional de Unidades. A utilização excessiva e sem planejamento do plástico e o problema do seu descarte são abordados a fim de analisar a quantificação de massa, tempo e comprimento. Atividades experimentais utilizando balanças são articuladas ao funcionamento desse equipamento para entender as definições das unidades elétricas. A linearidade da proporção também é utilizada para estudar o funcionamento do termômetro.

Nessa perspectiva de contextualizar as unidades de medida em relação ao problema da poluição, a intensidade luminosa é tratada evidenciando que o olho humano não é um bom detector para a intensidade da radiação, já que as células da retina absorvem majoritariamente na faixa do azul. Situações cotidianas são quantificadas, como o descarte de absorventes higiênicos ou a escolha de lâmpadas para a utilização residencial.

Ao longo dos últimos dois anos, o autor Márcio Leandro Rotondo desenvolve seu mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia sob minha orientação. Esse material sintetiza nossas reflexões e sua forma final é também resultado da implementação em sala de aula de escolas do município de Franca/SP. A abordagem dos conceitos primou sempre que possível por atividades experimentais e matemáticas, de modo equilibrado. Convidamos os professores a utilizar esse material, na íntegra ou parte das atividades, realizando as adaptações pertinentes.

Uberlândia, agosto de 2020

Debora Coimbra



# INTRO DUÇÃO

## Introdução

O Sistema Internacional de Unidades, o SI, criado em 1960, na XI Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) é um conjunto de unidades de medidas oficiais para cada grandeza física. A padronização destas é essencial para a universalização, harmonizando, assim, as transações comerciais, as trocas de informações entre os cientistas e facilitando a confecção de peças e componentes para as indústrias.

Há sete unidades de base que compõem o Sistema Internacional de Unidades: metro (comprimento), segundo (tempo), quilograma (massa), ampere (corrente elétrica), kelvin (temperatura termodinâmica), mol (quantidade de substância) e candela (intensidade luminosa).



Fonte: BIPM.

**FIGURA 01**

Protótipo Internacional do Kilograma.

A definição do quilograma, unidade de base da grandeza massa, se manteve a mesma de 1889 a 2019, nesse período sendo baseada em um protótipo, a massa de um cilindro metálico armazenado em um cofre no Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), localizado próximo a Paris (SBM/SBF, 2019).

O metro também foi definido por um protótipo de liga metálica de platina-irídio, de 1889 a 1960. Esse protótipo ainda é conservado no BIPM nas mesmas condições que foram especificadas em 1899.



Fonte: Modificado de BIPM.

**FIGURA 02**

Protótipo Internacional do metro.

Contudo, em um mundo de alta tecnologia, a necessidade de medidas mais precisas tornou-se um desafio permanente, pois

Em nosso mundo de alta tecnologia, no qual o nanômetro há muito tempo se tornou comum, qualquer mudança de tamanho em um protótipo têm um impacto significativo na definição de uma unidade e, portanto, deve ser evitada. A menor variação na temperatura leva a uma mudança no comprimento do protótipo, e os resultados ficariam ainda piores caso o protótipo fosse danificado (SBM/SBF, 2019, p. 02).

A 26ª CGPM, instituiu que as sete unidades de base do Sistema Internacional de Unidades passassem a ser definidas através de constantes físicas e não mais de protótipos. Um objeto físico pode ser danificado pela manipulação humana ou mesmo pela ação do tempo. Além disso, a utilização de constantes invariáveis permite que a indústria e a ciência consigam evoluir na qualidade das medições, reduzindo, assim, os níveis de incerteza nas medidas. Vale ressaltar que essa maior precisão passou a valer a partir de 20 de maio de 2019.



Quadro 01 – As grandezas de base do Sistema Internacional de Unidades.

GRANDEZA DE BASE	UNIDADE DE BASE	SÍMBOLO	CONSTANTE FUNDAMENTAL
Comprimento	metro	m	Frequência hiperfina do átomo de Césio 133
Tempo	segundo	s	Velocidade da luz no vácuo
Massa	kilograma <sup>1</sup>	kg	Constante de Planck
Corrente elétrica	ampere	A	Carga elementar
Temperatura termodinâmica	kelvin	K	Constante de Boltzmann
Quantidade de substância	mol	mol	A constante de Avogadro
Intensidade luminosa	candela	cd	Eficácia luminosa de uma radiação visível definida kcd

Fonte: INMETRO (2012).

No que tange ao ensino de Física, as implicações dessas mudanças nas definições de algumas unidades de medida são consideravelmente mais abstratas, uma vez que os estudantes devem entender o significado geral das constantes físicas, sendo algumas de difícil compreensão, como, por exemplo, a constante de Planck. Neste contexto, esta sequência didática tem por objetivo descrever a importância da padronização de medidas, das unidades de base do Sistema Internacional de Unidades.

<sup>1</sup> Na unidade quilograma (kg), o grama (g) é uma palavra do gênero masculino. Quando escrever por extenso ou pronunciar, a concordância correta é: a massa da bola de basquete é seiscentos e cinquenta gramas.

# CAPÍTULO TULO

**01** O SISTEMA INTERNACIONAL  
DE UNIDADES

## 1. CAPÍTULO I: O Sistema Internacional de Unidades

### 1.1 Um breve histórico

A história da medição acompanha a da humanidade, desde as medições de territórios, das quantificações de colheita de alimentos ou simplesmente para saber as épocas de plantios. Conforme afirma Filho (2008, p. 46),

Não havia porque medir com precisão glebas de terra se não existisse um vizinho disputando o campo ou um senhor a exigir trabalho sobre aquele pedaço, embora não se possa precisar quando o agricultor, ao dizer (ou pensar) “Hoje colhi mais do que ontem”, tenha ficado curioso em saber “quanto mais?” Ou, ao perceber o inverno chegando mais cedo, teria pensado “Será que o que colhi até agora vai aguentar até o fim desse inverno?” Mediu-se, de início, o que se tinha à volta, o que interessava diretamente a cada um, no seu ambiente mais imediato.

Nesta perspectiva, é interessante ressaltar que as medidas surgiram em diferentes povos. Contudo, conforme a complexidade das relações sociais aumentava, irrompiam novos objetos de medição e aumentava a necessidade de precisão nas medidas.

A primeira etapa do desenvolvimento da metrologia<sup>2</sup> era baseada no antropomorfismo, no qual as unidades básicas das medidas eram partes do corpo humano (KULA, 1980). Assim, as unidades eram baseadas no corpo humano como, por exemplo, o pé, a jarda, a braça, o palmo e a polegada. Em contrapartida, esses sistemas de medidas, além de serem imprecisos, não tinham correspondências entre si, visto que as medidas variavam de um corpo para outro. Além disso, havia a dificuldade da criação de submúltiplos.

---

<sup>2</sup> Metrologia é a ciência que estuda as medições e suas aplicações.



Quadro 02:

Unidades de medidas baseadas no corpo humano e sua equivalência com a unidade centímetro.

UNIDADE	EQUIVALÊNCIA EM CENTÍMETRO
Pé	30,48
Jarda	91,44
Braça	220
Palmo	22,86
Polegada	2,54
Passo	82

Fonte: Modificado de Guimarães (2017).

Já na Idade Média, principalmente no sistema feudal, foi o período com a maior diversidade metrológica, pois cada feudo estabelecia suas próprias medidas e padrões, os quais eram produzidos com materiais nobres para não serem falsificados. Com a expansão do comércio as unidades de medidas tinham que ser mais precisas e também mais uniformes, sendo assim, a ausência de padrão de unidade de medida gerava problemas, cada região utilizava um tipo diferente de unidade de medida que, muitas vezes, era subjetivo e pouco confiável.

No final do século XVIII, concomitante à Revolução Francesa, a necessidade de mudança envolveu toda a Europa. As unidades de medidas baseadas na anatomia da realeza foram extintas, sendo substituídas pelo sistema métrico decimal, criado em 20 de maio de 1875, em Paris. Assim, “a aplicação de um sistema métrico significava a aplicação de novas unidades, novos sistemas de múltiplos e submúltiplos, nova nomenclatura e também a unificação dos métodos de medição, tão vitais para o comércio dos grãos” (KULA, 1980, p. 90).

Nessa época se consagrou a expressão “dois pesos e duas medidas”. Para os poderosos, uma mesma mercadoria tinha peso maior quando eles a vendiam e menor quando a compravam. Por isso no início da Revolução Francesa, em 1790, um decreto da Assembleia Constituinte que assumiu o poder com a queda da monarquia exigiu da Academia de Ciências da França a criação de padrões únicos de massa e comprimento. Esses padrões originaram o sistema métrico, oficializado na França em 1799 (GASPAR, 2005, p. 17)

O sistema métrico foi, sem dúvida, um grande passo rumo à unificação das unidades de medidas, sendo uma grande conquista para uma linguagem universal. Entretanto, houve resistência da população em aceitar esse novo sistema, pois era um sistema de medidas abstrato, baseado em propriedades físicas que eram incompreensíveis para a sociedade (COSTA-FÉLIX, 2017).

Enfim, com a necessidade de universalizar o sistema métrico, um grupo de países estabeleceu um Tratado Diplomático, em 1875, a Convenção do Metro, com o objetivo de estabelecer uma autoridade internacional no campo da metrologia. Foram criadas três instituições para conduzir as atividades, sendo uma delas o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (Bureau International des Poids et Mesures – BIPM) sob a autoridade da Conferência Internacional de Pesos e Medidas (Conference Generale des Poids et Mesure – CGPM) e mediante supervisão do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (Comité International des Poids et Mesures – CIPM).

O tratado foi assinado em 20 de maio de 1875, por 17 países, incluindo o Brasil e os Estados Unidos, definindo a forma pela qual as atividades do IBPM deveriam ser financiadas e administradas. Foi também determinada a construção de novas materializações para o metro e para o quilograma, utilizando e desenvolvendo novas tecnologias baseadas em novos desenvolvimentos científicos, que passariam a ser os padrões internacionais de massa e de comprimento. Foram definidos os protótipos internacionais do metro e do quilograma, feitos com uma liga metálica de platina-irídio.

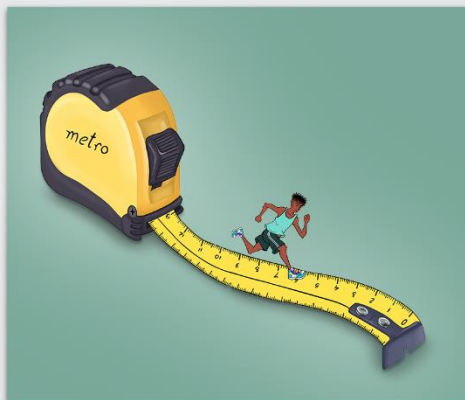
Em 1960 ainda havia vários sistemas de medidas no mundo. Na 11<sup>ª</sup> Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), foi instituído o Sistema Internacional de Unidades – SI, que estabeleceu a cada grandeza somente uma unidade.

O SI, que recebeu este nome em 1960, teve como propósito de sua criação a necessidade de um sistema prático mundialmente aceito nas relações internacionais, no ensino e no trabalho científico, sendo, naturalmente, um sistema que evolui de forma contínua para refletir as melhores práticas de medição que são aperfeiçoadas com o decorrer do tempo (INMETRO, 2012, p. 8).

## 1.2 O Sistema Internacional de Unidades

O Sistema Internacional de Unidades possui sete unidades de base. A partir delas são definidas as unidades derivadas. Essas sete unidades foram escolhidas por razões históricas, considerando a evolução desde o Sistema Métrico até o Sistema Internacional para as grandezas comprimento, tempo, massa, corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de substância e intensidade luminosa.

A grandeza comprimento remete à extensão linear de um objeto em uma determinada dimensão do espaço. Sua unidade no SI é o metro, definido “como o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de  $1/299792458$  de segundo” (INMETRO, 2012, p. 25). A velocidade da luz no vácuo é fixada em 299792458 metros por segundo exatamente.



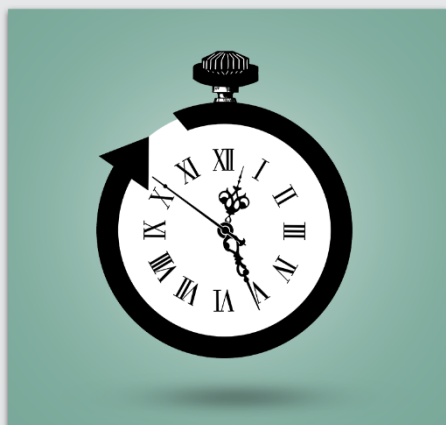
Crédito: Eduardo de Moraes Ferracioli.

**FIGURA 03**

Representação de uma trena, um dos instrumentos de medida da unidade metro.



A grandeza tempo está associada à transição atômica que ocorre entre os níveis  $F_3$  e  $F_4$  de energia do Césio-133 (metal alcalino que possui um único elétron na camada de valência), medida por um ressonador cuja frequência de ressonância é igual a 9,2 GHz. Sua unidade de medida no SI é o segundo, definido como 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” (INMETRO, 2012, p. 25). Concluindo que a frequência de transição hiperfina do estado fundamental do átomo de Césio é exatamente igual a 9.192.631.770 hertz.



Crédito: Eduardo de Moraes Ferracioli.

**FIGURA 04**

Representação de um cronômetro, um dos instrumentos de medida da unidade segundo.

Já a grandeza massa refere-se à medida da inércia do corpo, isto é, da resistência do corpo a modificação do seu estado de movimento (do vetor velocidade). Sua unidade de medida no SI é o quilograma, definido fixando-se o valor numérico da constante de Planck,  $h$ , exatamente igual a  $6,62607015 \times 10^{-34}$  quando expresso em unidades do SI,  $m^2 \cdot kg \cdot s^{-1}$ , que é igual a joule segundo (J·s) (SBM/SBF, 2019, p. 05).

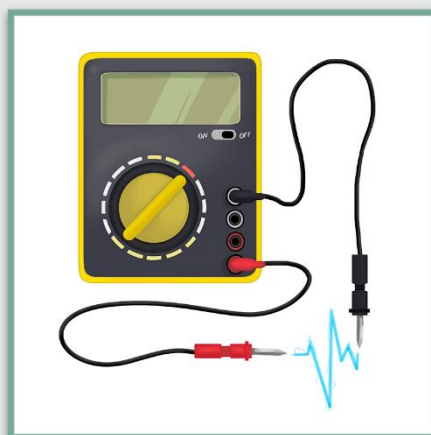


Crédito: Eduardo de Moraes Ferracioli.

**FIGURA 05**

Representação de uma balança, um dos instrumentos para a medida da unidade quilograma.

A grandeza corrente elétrica é associada ao fluxo de cargas elétricas resultante da diferença de potencial elétrico entre duas extremidades. Sua unidade no SI é o ampere, definido “fixando-se o valor numérico da carga elementar,  $e$ , exatamente igual a  $1,602176634 \times 10^{-19}$ , quando se expressa a unidade em coulombs (C), igual a A.s (ampere vezes segundo), em que o segundo é definido em função de  $\Delta_{\nu Cs}$ ” (SBM/SBF, 2019, p. 06).

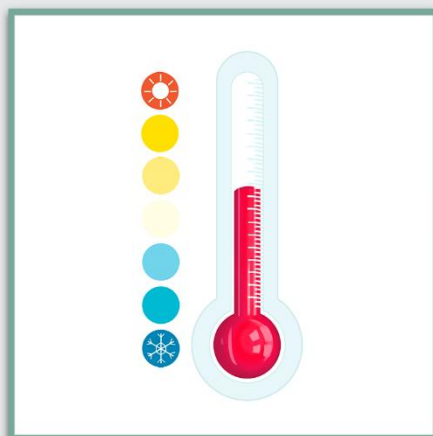


Crédito: Eduardo de Morais Ferracioli.

**FIGURA 06**

Representação de um multímetro

A temperatura termodinâmica representa a “medida do grau de agitação média das partículas que compõe uma substância. Essa agitação é a energia cinética média de translação que permite o movimento das partículas de um lugar para o outro” (Pietrocola, 2016, p. 97). A unidade de medida padrão no SI é o kelvin, e o seu valor é estabelecido fixando-se o valor numérico da constante de Boltzmann exatamente igual a  $1,380649 \times 10^{-23}$  quando expresso em unidades do SI,  $m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}$ , que é igual a  $(J.K^{-1})$  (SBM/SBF, 2019).

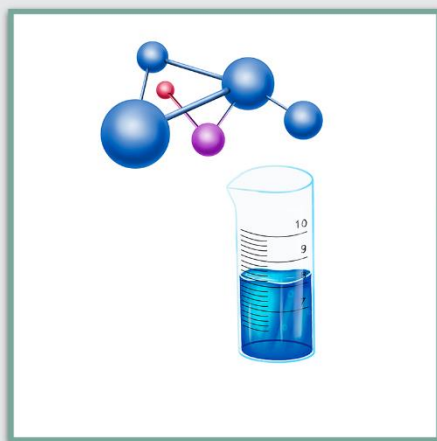


Crédito: Eduardo de Morais Ferracioli.

**FIGURA 07**

Representação de um termômetro de bulbo.

O mol é a unidade da grandeza física que mede a quantidade de substância, ou seja, o número de átomos ou de moléculas de uma determinada substância num volume padrão a condições dadas de pressão e temperatura. A massa de um mol de substância denomina-se massa molar, expressa em g/mol. Sua definição foi estabelecida fixando-se o valor numérico da Constante de Avogadro ( $N_A$ ) exatamente igual a  $6,02214076 \times 10^{23}$  quando expresso em unidades do SI,  $\text{mol}^{-1}$  (SBM/SBF, 2019).

**FIGURA 08**

Representação de substâncias químicas remetendo à unidade mol.

Crédito: Eduardo de Moraes Ferracioli.

Por fim, a grandeza intensidade luminosa está associada à quantidade de luz emitida por uma fonte em uma determinada direção. Sua unidade é a candela, definida como a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência  $540 \times 10^{12}$  Hz, cuja intensidade radiante nessa direção é de  $1/683$  W/sr. (INMETRO, 2012)

**FIGURA 09**

Representação de uma lâmpada emissora de luminosidade.

Crédito: Eduardo de Moraes Ferracioli.



Já as unidades derivadas são obtidas a partir das relações algébricas das unidades fundamentais, como pode-se observar alguns exemplos no Quadro 03.

Quadro 03 - Algumas unidades derivadas do Sistema Internacional de Unidades.

GRANDEZA	UNIDADE DERIVADA NO SI	SÍMBOLO	CONSTANTE FUNDAMENTAL
Velocidade		$\frac{m}{s}$	Grandeza relacionada à taxa de variação da posição de um móvel com o tempo em relação a um ponto de referência
Aceleração		$\frac{m}{s^2}$	Grandeza que indica como a velocidade de um corpo varia com relação ao tempo transcorrido
Frequência	hertz	$Hz = \frac{1}{s}$	Número de voltas efetuadas ou oscilações em uma unidade de tempo
Força	newton	$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$	Interação capaz de modificar a velocidade de um corpo ou deformá-lo.
Energia	joule	$J = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$	Da perspectiva da Mecânica, é uma grandeza associada a mudança de posição de um objeto, podendo estar relacionada à velocidade. <sup>3</sup>
Potência	Watt	$W = \frac{J}{s}$	É a taxa com a qual uma força transfere energia.

Fonte: INMETRO (2012).

<sup>3</sup> O conceito de energia é polissêmico e amplo, sendo difícil estabelecer uma definição simples e única. A definição apresentada é um ponto de partida.

### 1.3 Grafia de nomes e símbolos das unidades de medidas: as regras oficiais

A maneira como devem ser escritos os nomes e símbolos das unidades é estabelecida pelo Sistema Internacional de Unidades. As principais regras são apresentadas no Quadro 04:

Quadro 04 - Grafia oficial estabelecida pelo Sistema Internacional de Unidades.

REGRA	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO
Quando escrito por extenso deve ter inicial minúscula, mesmo no caso de nome de pessoas. <sup>4</sup>	segundo newton grau Celsius
Para símbolos usar letra minúscula. <sup>5</sup>	m (metro) h (hora) s (segundo)
Plural das unidades: acréscimo da letra s, quando escrito por extenso. <sup>6</sup>	metros horas newtons
Não se mistura unidade por extenso com símbolo.	metro/s (incorreto) m/s (correto) metro por segundo (correto)
Os símbolos nunca se flexionam no plural.	1 m (correto) 50 m (correto) 50 ms (incorreto)
Os símbolos das unidades são entidades matemáticas e não abreviações. Desta forma, não devem ser seguidos de ponto, exceto se estiverem localizados no final da frase.	m. (incorreto) s. (incorreto) m (correto) s (correto)
Não é permitida a utilização de abreviações para os símbolos e nomes das unidades.	seg (incorreto) s (correto) hr (incorreto) h (correto)

Fonte: INMETRO (2012).

<sup>4</sup> O símbolo do litro pode ser expresso por L (maiúsculo) ou l (minúsculo).

<sup>5</sup> Em caso de nomes deve ter a inicial maiúscula como, por exemplo, a unidade newton é representada pelo símbolo N.

<sup>6</sup> As unidades que terminam com as letras x, z e s são invariáveis.

Além das normas apresentadas no Quadro 04, vale ressaltar que todas as unidades - tanto de base, quanto derivadas - admitem múltiplos ou submúltiplos.

Quadro 05 – Múltiplos e submúltiplos.

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

Fonte: INMETRO (2012).

**Observação:** o uso correto dos símbolos para hora, minuto e segundo ao escrever as medidas de tempo são:

CORRETO	INCORRETO
7 h 34 min 8 s	7:34h
	7h 34' 8"



# CAPÍTULO TULO

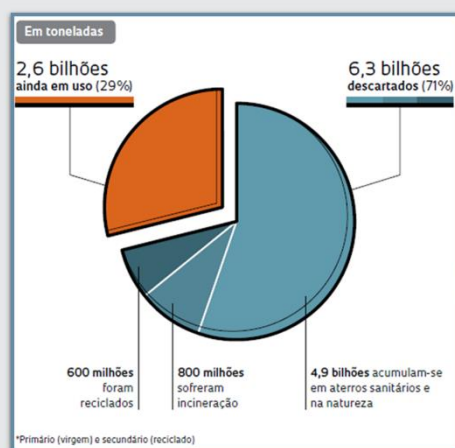
**02** ATIVIDADES DIDÁTICAS  
PARA O ENSINO MÉDIO

## 2 CAPÍTULO II: Atividades Didáticas para o Ensino Médio

### 2.1 Prelúdio

A inserção de novos produtos industrializados, como o plástico, trouxe praticidade ao cotidiano das pessoas, haja vista que embalagens descartáveis, peças e diversos outros artigos plásticos permitiram a segmentação de produtos em pacotes, contribuindo para o fácil manuseio e transporte. Em contrapartida, essa inovação, atrelada ao consumo exacerbado, aumentou demasiadamente a produção de lixo, logo a poluição do planeta tornou-se um dos maiores problemas enfrentados no século 21. Isso é potencializado pelo fato de que a quantidade de lixo é imensa, tornando-se um problema grave, na medida que destrói a natureza de forma frenética.

Embora o plástico tenha promovido inúmeras facilidades à vida e transformado o estilo de vida, a sua alta produção tornou-se fonte de um gigantesco problema ambiental, haja vista que mais de 6 bilhões de toneladas (71 %) é descartado enquanto pouco mais que a milésima parte dessa quantidade é reciclado ou adequadamente incinerado, como pode ser observado na Figura 10.



Fonte: Vasconcelos (2019). Crédito: Alexandre Affonso/Pesquisa FAPESP.

**FIGURA 10**

O destino do plástico.



Assim, a produção e a utilização descontrolada de produtos de plástico resultam em uma enorme quantidade de lixo gerada. Este material, na maioria das vezes, não tem descarte correto, gerando poluição em todas as partes do planeta, ou seja, nos solos, nos rios e nos oceanos, como ilustrado na Figura 11.



**FIGURA 11**

Resíduos plásticos em ambientes costeiros.

Fonte: PESQUISA FAPESP (2019). Crédito: Alexandre Affonso/Pesquisa FAPESP.

O que muitos não sabem é que os pedaços microscópicos de plásticos já foram encontrados no ar que respiramos, na água que bebemos e em diversos alimentos consumidos pelo homem. Inclusive, esses microfragmentos de plástico estão alterando os ecossistemas, modificando diversas formas de vida. Inclusive, vários animais, infelizmente, acabam ingerindo parte desses fragmentos.

Além da poluição por resíduos sólidos, a poluição luminosa está tornando-se alvo de debates e discussões promovidos por ambientalistas e por astrônomos, uma vez que a iluminação artificial excessiva prejudica a capacidade de observar as estrelas, comprometendo as pesquisas científicas que ampliam o conhecimento acerca do Universo. Além do mais, prejudica o meio ambiente, visto que, a poluição luminosa altera o período de floração, e, conseqüentemente, a produção de frutos. Prejudica, ainda, animais que necessitam da luz para orientação em seu ciclo de vida.

As atividades propostas apresentadas nas próximas seções buscam relacionar a padronização das unidades de base do Sistema Internacional de Unidades com o problema da poluição. Para tanto, selecionamos textos que abordam diversos tipos de poluição, a fim de associar este problema a diferentes práticas experimentais, e a questões para discussão em grupo, as quais pretendem explorar a construção da quantidade em diferentes escalas, ou seja, a capacidade de estimar e dimensionar com um bom grau de precisão. Textos explicativos são incluídos sempre que necessário.

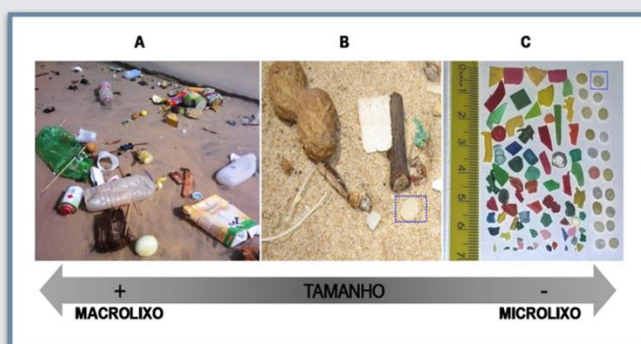
## 2.2 Atividades

### 2.2.1 Padronização de massa e comprimento

#### TEXTO I: O descarte do plástico no meio ambiente

O comportamento de consumo foi modificado drasticamente com a invenção do plástico, o que fez o mundo entrar na Era dos descartáveis. Acesso a baixo custo, versatilidade e resistência foram decisivos para o crescimento exponencial na sua fabricação. No entanto, o seu descarte tem aumentado proporcionalmente à sua produção. Nesse contexto, vale lembrar que esse resíduo não sofre degradação biológica, apenas degradação mecânica (quando exposto ao Sol), o que faz com que itens grandes sofram fragmentação progressiva até se tornarem minúsculos pedaços que permanecem onipresentes, logo perduram em praticamente todos os ambientes naturais.

Segundo os dados da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) uma agência científica americana, apenas 20% da poluição oceânica vem de atividades marítimas, a maioria (80%) é resultado direto de atividades terrestres (UNEP, 2009). Os resíduos atingem os ambientes costeiros e o mar por meio de esgotos e lixões instalados irregularmente perto de rios ou, muitas vezes, por meio dos próprios usuários de praias, que deixam resíduos na areia.



Fonte: Araújo (2016, P. 76). Crédito: Christina Araújo.

**FIGURA 12**

Macrolixo e microlixo em ambientes costeiros.

Na Figura 12 temos em A, o macrolixo composto por plásticos e outros itens acumulados em uma praia. Em B temos detalhes de uma esfera plástica conhecida como nib ou pellet

(indicado pela linha azul). Já em C temos fragmentos e esferas recolhidas na areia de uma praia. As esferas plásticas (pellets) são usadas como matéria-prima para a fabricação de artigos plásticos. Elas chegam às praias e ao mar principalmente devido às perdas nos transportes (navios); como em geral são branco-leitosas ou transparentes, tornam-se quase imperceptíveis nessas áreas naturais.

Araújo e Cavalcante. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, jan/maio de 2016. Adaptado.

### TEXTO II: Dieta indigesta: milhares de animais marinhos estão consumindo plástico

A poluição marinha proveniente de resíduos sólidos é causada por uma sequência complexa de eventos que incluem o consumo excessivo de material descartável até a ineficiência para lidar com esses resíduos.

O resíduo plástico é uma das maiores ameaças à vida nos oceanos, inclusive provoca o aprisionamento de animais marinhos, uma das consequências mais evidentes dessa forma de poluição. Assim, os animais que vivem perto do homem nas áreas costeiras estão mais sujeitos a sofrer os impactos da poluição marinha, mas as espécies que vivem longe das praias também são afetadas.

Santos. Ciência Hoje, março de 2006. Adaptado.

Com todos os problemas causados pelo descarte do plástico, nas nossas próximas aulas vamos estudar e quantificar um pouco desse problema!

#### Primeira etapa

Utilizar equipamentos de medidas é um modo de avaliar a organização do mundo e ampliar a capacidade dos “instrumentos do corpo humano”. Por exemplo, o telescópio e o microscópio nos permitem chegar aonde a visão natural não alcança; o termômetro possibilita uma verificação mais adequada da temperatura de uma pessoa febril do que nosso tato; uma régua fornece indicações mais precisas sobre um comprimento do que pés ou polegadas. Porém, os valores obtidos não são absolutos; afinal existem limitações nos equipamentos e

processos utilizados. Assim, é importante compreender como trabalhar com os desvios ou com erros das medidas.

Pietrocola, M. et al. Física em contextos, 1: ensino médio. São Paulo: Editora do Brasil, 2016, p. 25.



**FIGURA 13**

Pilhas de folhas.

Fonte: O autor (2020).

1. Na mesa do professor há três pilhas de papéis. Olhando para elas, escreva as diferenças e semelhanças entre elas?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

*Sugestão: folhas A4 com as seguintes especificações: 75 g/m<sup>2</sup>, 120 g/m<sup>2</sup> e 180 g/m<sup>2</sup>.*

Após a análise, vamos medir a massa e a espessura de uma unidade de cada tipo de folha de papel. Para isso, vocês dispõem dos seguintes materiais:

- Uma balança de precisão.
- Um paquímetro.
- Três blocos de papéis de diferentes espessuras

Você acredita que se apenas colocar a folha de papel em cima da balança será possível medir a sua massa? Alguns detalhes, no entanto, merecem atenção:

- I. Para medir a massa, é preciso utilizar um equipamento.
- II. A medida deve ser dada de forma quantitativa.



Fonte: O autor (2020).

**FIGURA 14**

Balança eletrônica digital comercial de precisão.



Fonte: O autor (2020).

**FIGURA 15**

Paquímetro

2 Como é possível medir a massa de uma unidade de folha de papel? Elabore um procedimento para medir a massa de uma unidade de folha de papel de cada uma das pilhas e depois faça o teste. Escreva suas hipóteses. (Utilize os materiais entregues pelo professor).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3 Os valores de massa do papel encontrados em todos os grupos são idênticos? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



4 Como é possível medir a espessura de uma unidade de folha de papel? Elabore um procedimento para medir a espessura de uma unidade de folha de papel de cada uma das pilhas e depois faça o teste. Escreva suas hipóteses. (Utilize os materiais entregues pelo professor).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5 Os valores de espessura do papel encontrados em todos os grupos são idênticos? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Para fazer medidas de pequenas massas temos que medir várias unidades do objeto a ser medido e dividir pela quantidade de objetos utilizados. Isso é necessário, pois o instrumento utilizado, a balança, não tem precisão necessária para medir a massa de uma única unidade do objeto, por se tratar de uma massa muito pequena. Vale lembrar que todo equipamento tem suas limitações, em geral há uma estimativa de erro informada pelo fabricante.

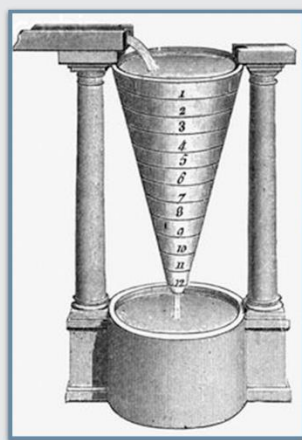
## 2.2.2 Padronização do tempo

O tempo sempre fez parte da vida do ser humano. Ao longo da História, utilizamos calendários, ampulhetas, relógios e outros instrumentos cronológicos, a fim de medirmos o tempo ao nosso redor, como um simples plantar e colher um alimento. Hoje, os relógios marcam e ditam o ritmo do dia a dia dos indivíduos.

### TEXTO I: Crônicas sobre o tempo

Os egípcios e babilônicos começaram a medir o tempo há pelo menos 5 mil anos. Essas duas civilizações produziram calendários para organizar e coordenar atividades comunitárias e cerimônias públicas, marcar as datas de embarque de produtos e regular o plantio e a colheita.

A necessidade de marcar as divisões do dia e da noite fez antigos egípcios, gregos e romanos criarem relógios de sol, de água e outros instrumentos cronológicos.



Fonte: Modificado de Descargando la Memoria (2010).

**FIGURA 16**

Clepsidra. A água escorre pelo fundo e a altura da água restante no interior do dispositivo indica a hora.

Por volta do século 18, o interesse em um instrumento confiável de medição do tempo levou os artesãos medievais à criação do relógio mecânico.

Hoje, aperfeiçoados instrumentos de medida do tempo marcam o ritmo da maioria de nossos aparelhos eletrônicos. Praticamente todos os computadores, por exemplo, têm um relógio de quartzo que regula suas operações. Os sinais de marcação do tempo transmitidos pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS, na sigla em inglês) não se limitam a ajustar as

funções de equipamentos de navegação altamente precisos. Eles estão presentes em smartphones, sistemas instantâneos de transações com valores e em redes nacionais de distribuição de eletricidade.

Há também os relógios de césio, criados no século 20, que são capazes de medir até as alterações no movimento giratório da Terra. Com essa nova descoberta mostrou-se necessário uma mudança na definição do segundo, com base na frequência de ressonância do átomo de césio. Assim, a padronização do tempo foi adotada em 1967.

ANDREWES, W. Uma crônica do registro do tempo. *Scientific American Brasil*, p. 88-97, out/2002. Adaptado.



Fonte: Eduardo de Morais Ferracioli.

**FIGURA 17**

Ampulheta, instrumento de medida de tempo.



Fonte: IFSC (2012)

**FIGURA 18**

Relógio de césio localizado no Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Primeira etapa

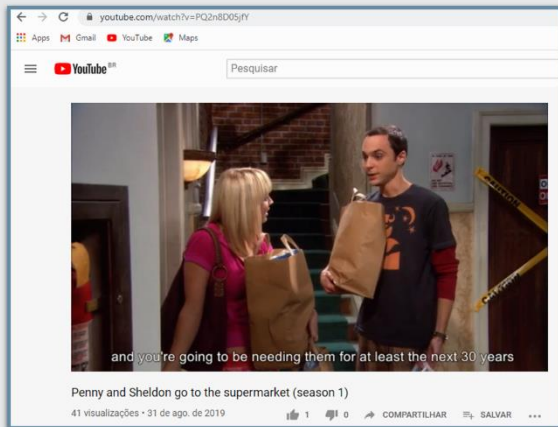


FIGURA 19

Série The Big Bang Theory, quarto episódio da primeira temporada

Fonte: The Big Bang Theory (2019)

1. Pensando no vídeo a que assistiram, referente a um trecho de um episódio da série The Big Bang Theory (o quarto episódio da primeira temporada), faça uma estimativa da quantidade de absorvente higiênico utilizado por uma mulher durante sua vida fértil (aproximadamente 30 anos).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**Segunda etapa**

1. Estime a massa de plástico que uma mulher descarta durante um período fértil, durante um ano e durante a vida fértil (aproximadamente 30 anos, desconsiderando a gravidez). Explique o seu raciocínio.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

De acordo com os dados do IBGE, a população do município de Franca, no último censo, em 2010, era de 318.640 pessoas. A população do sexo feminino distribuiu-se da seguinte forma:

Quadro 06 – População do sexo feminino no município de Franca/SP, no censo de 2010

GRUPO DE IDADE	NÚMERO DE PESSOAS
0 a 4 anos	10.670
5 a 9 anos	11.297
10 a 14 anos	12.943
15 a 19 anos	13.401
20 a 24 anos	14.226
25 a 29 anos	13.701
30 a 39 anos	25.245
40 a 49 anos	23.403
50 a 59 anos	18.082
60 a 69 anos	11.177
70 anos ou mais	9.031

Fonte: IBGE.

1. Consultando a tabela faça uma estimativa sobre a quantidade de plástico de absorvente descartada pela população de mulheres, em idade fértil, residentes no município de Franca, no período de um ano.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Terceira etapa

2. Sabemos que parte dos plásticos descartados pela população, de alguma forma, chegam aos oceanos prejudicando o habitat marinho. O que podemos fazer para reduzir a quantidade de plástico proveniente de absorventes higiênicos descartados?

---

---

---

---

---

---

---

---

O estado de São Paulo aprovou uma lei que proíbe o fornecimento de canudos plásticos em estabelecimentos comerciais, hotéis e eventos musicais de qualquer espécie, conforme o Art. 1º da Lei nº 17.110, de 12 de julho de 2019 (São Paulo (Estado), 2019). Equitativamente, o município de São Paulo aprovou uma lei que proíbe o fornecimento de materiais feitos de plástico de uso único, a partir de 2021, instituída pelo Art. 1º da Lei nº 17.261 de 13 de janeiro de 2020 (São Paulo (SP), 2020).

Estas medidas visam à redução de produtos de plástico de uso único, uma vez que, esses materiais não são essenciais para a nossa vida, no entanto, são muito prejudiciais ao meio ambiente.

### Quarta etapa

O vídeo a que iremos assistir mostra que a nossa necessidade da precisão mudou os rumos da ciência. Mas por que tais níveis de precisão são tão importantes? Por que medir a massa é tão importante? Vamos discutir essas e outras questões ao assistir o vídeo, que mostra como surgiram as primeiras padronizações do quilograma e porque surgiu a necessidade de mudar sua padronização em 2019. Além disso, o vídeo mostra alguns grupos de pesquisa que trabalham para encontrar um método para padronizar o quilograma, pela balança de Watt e o projeto Avogadro. Para assistir ao vídeo basta acessar o link:

<https://www.youtube.com/watch?v=O11YjZYJV6U>

### 2.2.3 Padronização da corrente elétrica

Você já parou para pensar em como uma balança consegue medir massa? Quais os dispositivos e fenômenos estão ocorrendo dentro da balança possibilitando as medidas de massa? Nesta atividade iremos abrir a “caixa preta”, ou melhor, a balança, e descobrir todas essas respostas.



Fonte: O autor (2020).

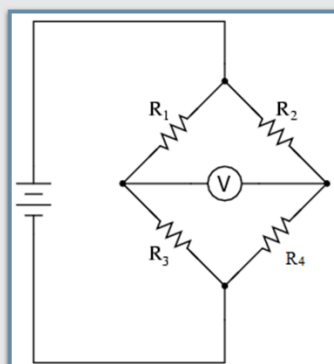
**FIGURA 20**

Balança desmontada.

Para tanto, vamos fazer a leitura do Texto I que fala de um método utilizado para medir massa através de um circuito elétrico.

#### TEXTO I: Extensômetro

A ponte de Wheatstone é um dos meios utilizados para medida de resistências elétricas. É um circuito na forma de um losango.

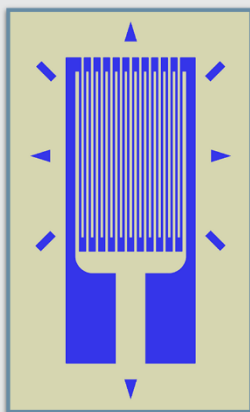


Fonte: O autor (2020).

**FIGURA 21**

Ponte de Wheatstone.

É um recurso utilizado para medir resistências muito pequenas ou muito grandes, quando instrumentos comuns podem falhar. Estes exigem uma corrente para funcionar e, com isso, ocorre uma alteração na medida.

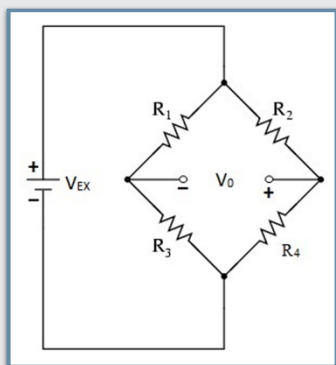


**FIGURA 22**

Extensômetro elétrico de resistência variável.

Fonte: Extensômetro, Wikipedia (2020).

Em um extensômetro a resistência elétrica varia de modo proporcional ao valor da deformação do corpo da superfície ao qual ele está fixado. Para medir resistências, como estas são baseados no circuito de ponte de Wheatstone, que consistem em uma rede formada por quatro braços resistivos e uma tensão de excitação,  $V_{EX}$ , conforme Figura 22, que produz uma variação de tensão elétrica em função da variação da resistência do extensômetro.



**FIGURA 23**

Extensômetro configurado em circuito de ponte de Wheatstone para detectar pequenas variações de resistência.

Fonte: O autor (2020).

Na balança de cozinha digital podemos verificar o extensômetro ao desmontá-la, conforme verificado na Figura 23.



**FIGURA 24**  
Extensômetro em uma  
balança de cozinha digital

Fonte: O autor (2020).

### Primeira etapa

Em um resistor foram feitas medidas da tensão elétrica em função da corrente elétrica e registrado na tabela abaixo:

MEDIDA	TENSÃO ELÉTRICA (V)	CORRENTE ELÉTRICA (mA)	CORRENTE ELÉTRICA (A)
1	0,00	0,00	
2	1,00	20	
3	2,00	40	
4	3,00	60	
5	4,00	80	
6	5,00	100	
7	6,00	120	
8	7,00	140	
9	8,00	160	
10	9,00	180	
11	10,00	200	
12	11,00	220	
13	12,00	240	
14	13,00	260	
15	14,00	280	



1. Complete a tabela com os valores da corrente elétrica, em amperes.
2. Construa o gráfico  $U(V)$  em função da corrente elétrica (mA) no papel milimetrado.
3. Determine o valor da resistência elétrica.

---

---

---

---

---

---

---

---

Para que equipamentos sejam confiáveis é necessário que estejam calibrados. Mas, afinal o que é calibração?

A calibração é o conjunto de operações que estabelece a relação entre os valores indicados no processo de medição e os valores correspondentes das grandezas padronizadas. Neste caso, os valores de medição podem ser indicados por uma medida materializada, por um instrumento de medição, por um sistema de medição, ou por um material de referência.

### Segunda etapa

Para que uma balança faça medidas com exatidão é necessário fazer a sua calibração, sendo que a relação entre o equilíbrio de tensão elétrica e a força que se submete a célula de carga deverá ser linear.

Em um teste para calibrar uma balança foram medidos a tensão elétrica,  $U$  ( $\mu\text{V}$ ), em função da massa  $m$  (g) e os valores estão dispostos na tabela abaixo

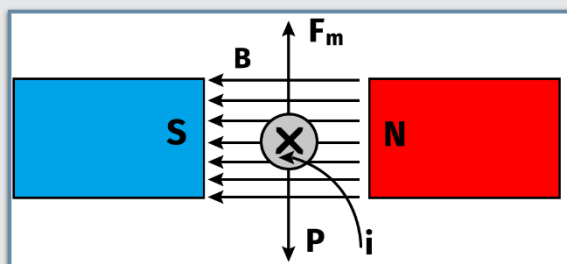
EVENTO	TENSÃO ELÉTRICA ( $\mu\text{V}$ )	MASSA (g)
1	0,0	0,0
2	40	120,0
3	90	270,0
4	120	360,0
5	180	540,0
6	210	630,0
7	240	720,0
8	290	870,0
9	330	990,0
10	380	1140,0

Construa o gráfico  $U$  ( $\mu\text{V}$ ) em função da massa (g) e verifique se há linearidade.

### Balança de Ampère

A balança de Ampère ou balança de corrente é um dispositivo que permite detectar e medir variações nas forças magnéticas que atuam em um condutor elétrico quando este é submetido à passagem de corrente elétrica.

O seu princípio de funcionamento é semelhante a uma balança mecânica comum, no qual o condutor metálico é fixo a base, enquanto o braço móvel é suspenso por um eixo que consiste numa ponta de grafite presa a um poste fixo na base. Dependendo do sentido da corrente elétrica, a força magnética poderá estar no mesmo sentido da força peso ou no sentido oposto.



Fonte: O autor (2020).

**FIGURA 25**

Esquema de forças magnética e gravitacional sobre o pedaço de um fio.

Uma balança acoplada ao pedaço de fio pode ser utilizada para medir a força magnética em função da corrente elétrica. Se a força magnética apontar para baixo, o equilíbrio será obtido quando o valor dessa força somado ao peso do fio for igual à força vertical para cima exercida pela balança.

### 2.2.4 Padronização da temperatura termodinâmica

As medidas de temperatura são importantíssimas no nosso cotidiano, visto que a maioria dos fenômenos físicos e químicos dependem da temperatura.

Nesse viés, observa-se que para o preparo de alimentos é essencial o controle de temperatura, assim como para conservar os alimentos em um refrigerador. Na medicina, alterações na temperatura do corpo indicam a existência de alguma alteração no nosso corpo como, por exemplo, uma infecção.

Na indústria também há preocupação com medidas de temperatura, como podemos verificar nas indústrias automobilísticas, as quais necessitam de um controle da temperatura dos motores. Já na área de eletrônica, a preocupação é o controle da temperatura dos componentes para não ocorrer um superaquecimento.

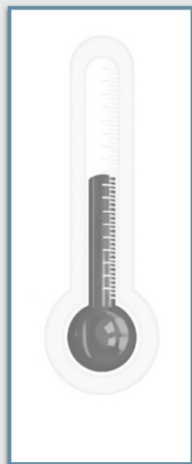
Para tanto, os termômetros tiveram um salto conceitual e qualitativo no século XIX, com o desenvolvimento do termômetro a gás a volume constante, o que possibilitou Kelvin a estabelecer, em 1848, a escala absoluta.

#### TEXTO II: TERMÔMETROS

A utilização de extensômetros também permite controlar a variação de temperatura.

Falando nisso, vocês sabem como foram definidas as escalas de temperatura?

Pensem em um termômetro de mercúrio, num tubo capilar de vidro fechado e evacuado, com o bulbo numa extremidade, contendo mercúrio, que é a substância termométrica. O volume  $V$  do mercúrio é medido através do comprimento  $l$  da coluna líquida.



Fonte: Eduardo de  
Morais Ferracioli

**FIGURA 26**

Termômetro de mercúrio.

A definição da escala Celsius de temperatura foi associada à escolha de dois pontos fixos correspondentes a temperaturas bem definidas, uma delas sendo a do gelo em fusão e a outra a da água em ebulição.

Na escala Celsius, assinalamos arbitrariamente as temperaturas:

Ponto de vapor:  $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ponto do gelo:  $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

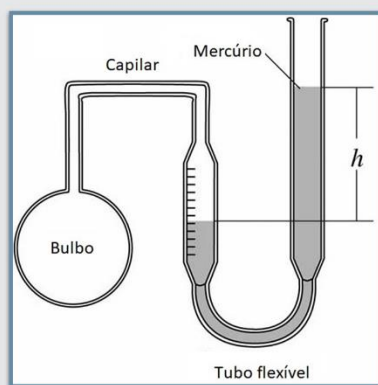
Para calibrar o termômetro de mercúrio nesta escala, convencionamos a seguir que  $T$  e o comprimento  $l$  da coluna guardam entre si uma relação linear. Assim, se  $l_{100}$  e  $l_0$  são os comprimentos no ponto do vapor e no ponto do gelo, respectivamente, e  $l$  é o comprimento quando em equilíbrio térmico cuja temperatura queremos medir, assinalamos a  $T$  o valor.

$$T = \frac{l - l_0}{l_{100} - l_0} (^{\circ}\text{C})$$

Isto equivale a dividir a escala entre  $l_0$  e  $l_{100}$  em 100 partes iguais, cada subdivisão correspondendo a  $1/100$ , ou seja, equivale a definir a dilatação da coluna de mercúrio como sendo linear com  $T$ .

## Termômetro a gás a volume constante

Usando como substância termométrica um gás, poderíamos tomar como propriedade termométrica o volume constante.



Fonte: Modificado de Nussenzweig (2002).

**FIGURA 27**

Termômetro de gás a volume constante.

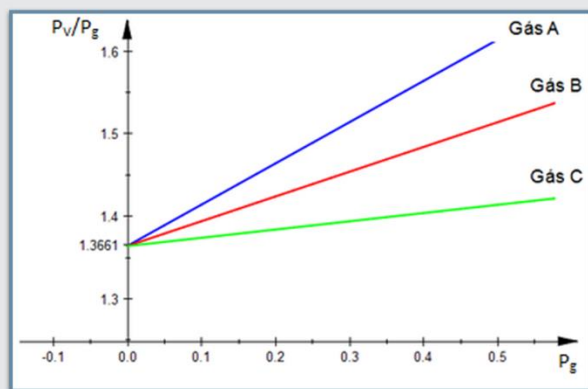
O gás, normalmente hidrogênio, enche um bulbo e um tubo capilar ligado a um manômetro de mercúrio de tubo aberto. O tubo flexível permite suspender ou abaixar o nível de mercúrio no ramo da direita de tal forma que o nível do ramo da esquerda permaneça numa marca fixa N, definindo um volume V constante ocupado pelo gás.

O bulbo é colocado em contato térmico com o sistema cuja temperatura pretende-se medir, e a seguir é medida a pressão P do gás, dada por

$$P = p_0 + \rho gh$$

Onde  $p_0$  é a pressão atmosférica,  $\rho$  é a densidade do mercúrio e h é o desnível entre o mercúrio contido no ramo da direita e no da esquerda.

Logo, seu princípio de funcionamento baseia-se no fato experimental que a pressão de um gás, mantido a volume constante, aumenta linearmente com a temperatura.

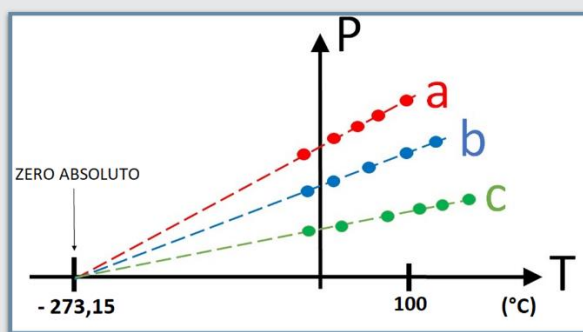


**FIGURA 28**  
 Comparação com gases diferentes.

Fonte: Zero absoluto, Wikipedia (2020).

Para gases diferentes, as retas são diferentes, mas, se extrapolarmos as retas para pressões tendendo a zero, o resultado é que todas as retas interceptam o eixo no mesmo ponto.

Para medir uma temperatura na escala Kelvin com o auxílio do termômetro de gás a volume constante, medimos a pressão  $P$  correspondente, extrapolada para pressão tendendo a zero, sendo que, em todos os casos, a pressão vai a zero quando a temperatura é de  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**FIGURA 29**  
 Extrapolação de retas com diferentes gases.

Fonte: Modificado de Gás thermometer, wikipedia (2019).

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 4ª edição, São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2002. Adaptado.



## Escala de temperatura

Para uma temperatura ficar completamente definida é necessário associá-la a um número.

A fixação de uma escala de temperatura começa com a escolha do termômetro, ou seja, de um sistema dotado de uma propriedade que varie regularmente com a temperatura, a propriedade termométrica, no qual, cada valor corresponderá a um único valor de temperatura. Essa equação é explicitamente indicada na chamada equação termométrica.

A equação universal adotada é do tipo:

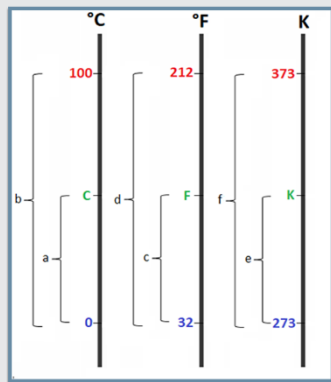
$$t(x) = ax + b$$

Onde  $t$  é a temperatura da substância utilizada e que muda com a propriedade  $x$  da substância. Os valores  $a$  e  $b$  são constantes que dependem da substância utilizada e podem ser calculadas especificando dois pontos na escala de temperatura, que normalmente são:

- Ponto do gelo: sistema gelo – água sob pressão normal (1 atm).
- Ponto do vapor: sistema água – vapor de água sob pressão normal (1 atm).

A equação termométrica nos permite associar um número (a temperatura) a um certo valor medido  $x$ , da propriedade termométrica, ou seja, permite associar um valor correspondente de  $t$  a um dado valor de  $x$ .

Para relacionar as escalas de temperatura basta considerar o teorema de Thales.



**FIGURA 30**

Teorema de Thales aplicado às escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Fonte: O autor (2020).

Assim, temos a equação:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} \Rightarrow \frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{K - 273}{373 - 273} \Rightarrow \frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273}{100}$$

De forma simplificada temos:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

## Primeira etapa

1. Vamos criar uma escala de temperatura chamada escala ROTONDO ( $^{\circ}\text{R}$ ). Para tanto, temos que o seu ponto do gelo é  $-10^{\circ}\text{R}$  e o seu ponto do vapor é  $110^{\circ}\text{R}$ . Determine uma equação de conversão, utilizando o teorema de Tales, entre as escalas Rotondo e Celsius

---



---



---



---



---



---



---

- 2 Complete a tabela abaixo, construa o gráfico da temperatura ( $^{\circ}\text{R}$ ) em função da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e verifique se há linearidade entre as escalas.

EVENTO	TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )	TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{R}$ )
1	5	
2	10	
3	15	
4	20	
5	25	
6	30	
7	35	
8	40	
9	45	
10	50	

A nova definição do kelvin foi estabelecida na 26<sup>a</sup> CGPM e baseia-se em medidas quânticas de movimento atômico e está ligada à constante de Boltzmann que relaciona a energia de um objeto à sua temperatura. Um dos colaboradores é o professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Felix Sharipov. Para tanto, a constante de Boltzmann teve o seu valor fixado em  $1,380649 \times 10^{-23}$  J/K, resultado de medidas realizadas por seis grupos internacionais entre 2011 e 2017.

Os experimentos que mediram a constante de Boltzmann foram aprimorados dos instrumentos e métodos desenvolvidos por Michael Moldover, do NIST (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia, do inglês National Institute of Standards and Technology), e seus colaboradores.



**FIGURA 31**

Ressonador acústico utilizado para determinar a constante de Boltzmann.

Fonte: Moldover (2017). Crédito da imagem: INRiM, NPL, LCN-LNE.

No experimento, os pesquisadores mediram a velocidade do som com o gás em diversas temperaturas, permitindo medidas da constante de Boltzmann.

### 2.2.5 Padronização da Intensidade Luminosa

A iluminação criou uma nova perspectiva para a noite, pois é possível fazer as mesmas coisas que fazemos durante o dia como, por exemplo, ir à escola ou à faculdade, passear e fazer compras.

Quando vamos comprar uma lâmpada para nossa casa, lemos nas embalagens a unidade de medida lúmens, que indica a quantidade de luz medida através de um ponto emissor de luz. A intensidade luminosa é medida em candela, que está relacionada à distribuição uniforme que incide de um ponto a um determinado local. E para saber qual lâmpada é a melhor opção para comprar, veremos em uma atividade o que é a eficiência luminosa.

#### TEXTO I: Você sabe o que é poluição luminosa?

Toda a iluminação artificial utilizada de modo excessivo e inapropriado para o seu objetivo, visto que provoca a chamada Poluição Luminosa.

O que talvez você não saiba é que a poluição luminosa tem sérias consequências ambientais, afeta a nossa saúde e constitui um prejuízo econômico significativo para todos os cidadãos. Portanto, é necessário aprender a identificá-la e combatê-la. Além disso, por conta da iluminação artificial excessiva, estamos perdendo a capacidade de observar as estrelas.

A luz artificial mal planejada compromete o alto investimento em observatórios astronômicos profissionais e, conseqüentemente, a realização de pesquisas científicas que ampliam o nosso conhecimento acerca do Universo, nos fazem refletir de maneira crítica sobre o nosso papel nele e levam ao desenvolvimento tecnológico, garantindo a melhoria na qualidade de vida da humanidade.

DOMINICI, T.; GARGAGLIONE, S. Identificação e combate à Poluição Luminosa. Apostila preparada pelo Laboratório Nacional de Astrofísica. Disponível em: [http://www.lna.br/lp/apostila\\_pl.pdf](http://www.lna.br/lp/apostila_pl.pdf). Adaptado.

**TEXTO 2: Impactos ambientais da poluição luminosa**

No meio ambiente, a iluminação excessiva afeta os ciclos migratórios, alimentares e reprodutivos de diversas espécies de animais.

A poluição luminosa pode causar a desorientação de organismos que dependem de um ambiente escuro para se locomoverem. Um dos exemplos mais conhecidos é o dos filhotes de tartarugas marinhas que saem dos seus ninhos nas praias. Normalmente, os filhotes movem-se no sentido contrário aos ambientes escuros e baixos, vão em direção ao oceano, sutilmente iluminado pelas estrelas e pela Lua. Com a presença de luzes artificiais na praia, os filhotes não conseguem diferenciar os ambientes, resultando em desorientação.

Invertebrados também podem sofrer os efeitos da poluição luminosa, particularmente insetos como as mariposas, que são atraídas pela luz. As fêmeas dos vagalumes atraem os machos a 45 metros de distância com flashes de bioluminescência, mas a presença de luz artificial reduz a visibilidade, prejudicando a reprodução.

A poluição luminosa altera o período de floração de plantas, comprometendo o balanço natural na produção de frutos e de outros alimentos.

Várias espécies de pássaros migram durante a noite, orientados pelas constelações e a luz da Lua. No entanto, eles são confundidos pela iluminação dos prédios e acabam por colidir.

**FIGURA 32**

Pássaros mortos na cidade de Toronto (Canadá) devido à colisão com edifícios

Fonte: Dominici (2012). Crédito da imagem: Kenneth Herdy/FLAP, [www.flap.org](http://www.flap.org).

Estima-se que, apenas na América do Norte, 100 milhões de pássaros são mortos todos os anos em colisões com prédios.

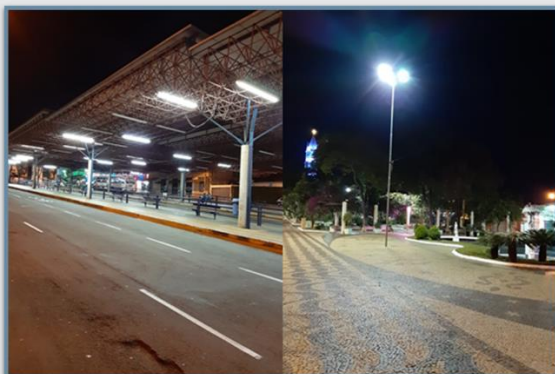
Adicionalmente aos prejuízos pela iluminação irracional em si, alguns elementos utilizados em lâmpadas podem ocasionar grandes impactos ambientais quando do seu

descarte. Entre eles estão o mercúrio, bário, chumbo, cádmio, índio, sódio, estrôncio e vanádio que estão presentes nas lâmpadas de cátodo oco, que para adquirir o estado excitado necessitam da colisão do átomo com partículas aceleradas.

DOMINICI, T.; GARGAGLIONE, S. Identificação e combate à Poluição Luminosa. Apostila preparada pelo Laboratório Nacional de Astrofísica. Disponível em: [http://www.lna.br/lp/apostila\\_pl.pdf](http://www.lna.br/lp/apostila_pl.pdf). Adaptado.

**Primeira etapa**

1. Observe as imagens. Qual a diferença entre as iluminações?



**FIGURA 33**

Algumas localidades da cidade de Franca/SP

Fonte: O autor (2020).

---

---

---

---

---

---



2. Temos um refletor de LED e vamos iluminar a parede. O que acontece com o foco de luz se afastarmos da parede?

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Temos um refletor de LED e vamos iluminar a parede. O que acontece com o foco de luz se aproximarmos da parede?

---

---

---

---

---

---

---

---

### Segunda etapa

As lâmpadas fluorescentes vêm sendo substituídas gradualmente por lâmpadas de LED. Isso se deve ao fato destas apresentarem maior durabilidade, não promovem o aquecimento dos ambientes internos e causam menos impactos ambientais, pois são livres de mercúrio. Porém, será que as lâmpadas de LED são realmente mais vantajosas? Para responder essa questão vamos comparar algumas lâmpadas fluorescentes e de LED.



**FIGURA 34**

Lâmpadas de LED e fluorescente.

Fonte: O autor (2020).

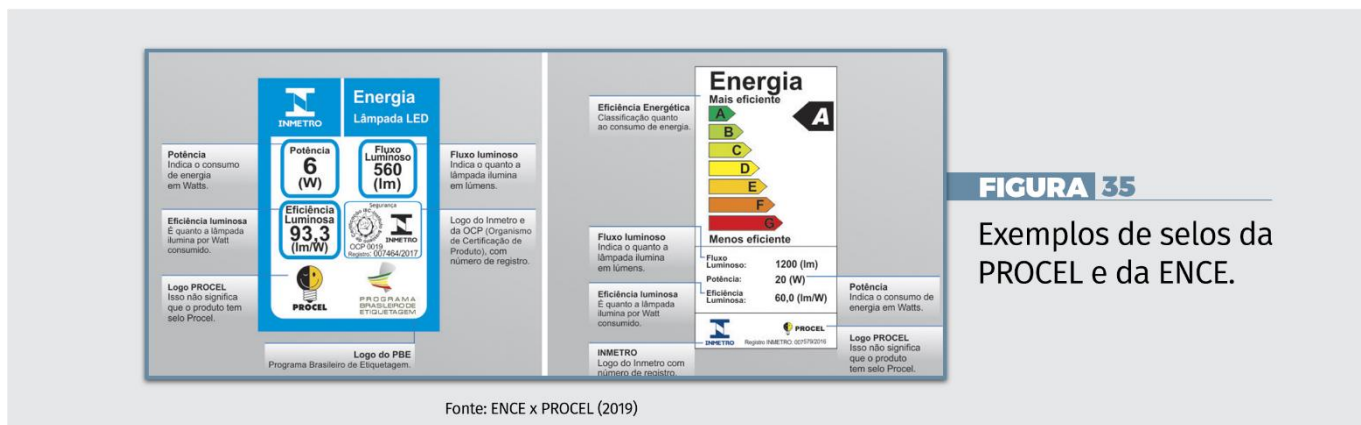
Antes vamos relembrar alguns conceitos:

**Fluxo luminoso:** é a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz, ou é a potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano. Sua unidade de medida é o lúmen (lm).

**Eficiência luminosa:** é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a potência elétrica desta lâmpada. Sua unidade de medida é o lúmen por watt (lm/W).

## 02 ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA O ENSINO MÉDIO

1. Cada grupo recebeu quatro caixas de lâmpadas (LED e fluorescente). Identifique o selo PROCEL ou ENCE e preencha a tabela abaixo.



LÂMPADA	EFICIÊNCIA LUMINOSA (lm/W)	POTÊNCIA (W)	FLUXO LUMINOSO (lm)	TIPO DE LÂMPADA (LED/FLUORESCENTE)
1				
2				
3				
4				

2. De acordo com os dados coletados, qual a lâmpada que possui maior eficiência luminosa? Explique sua resposta.

---



---



---

3. Sabendo que cada lâmpada fica ligada 5 horas por dia e que o valor de 1 kWh é igual a R\$0,80, faça os cálculos do consumo diário e mensal e registre na tabela.

LÂMPADA	GASTO DIÁRIO (kWh)	GASTO DIÁRIO (R\$)	GASTO EM 30 DIAS (kWh)	GASTO EM 30 DIAS (R\$)
1				
2				
3				
4				

4. De acordo com os dados que vocês calcularam e registraram na tabela, pensando em economia, qual o tipo lâmpada mais vantajoso, Led ou fluorescente? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

5. Agora vamos pensar nas vantagens e desvantagens de cada tipo de lâmpada. Para isso, releia o texto de apoio e as tabelas, então preencha a tabela de comparação.

TIPO DE LÂMPADA	VANTAGENS	DESvantagens
Fluorescente		
LED		

Pensando na lâmpada como uma máquina que transforma energia elétrica em energia luminosa, quanto à eficiência das lâmpadas, temos que a incandescente possui um rendimento de 5%, já a lâmpada fluorescente 40% e a lâmpada de LED cerca de 80%.

## Fique ligado

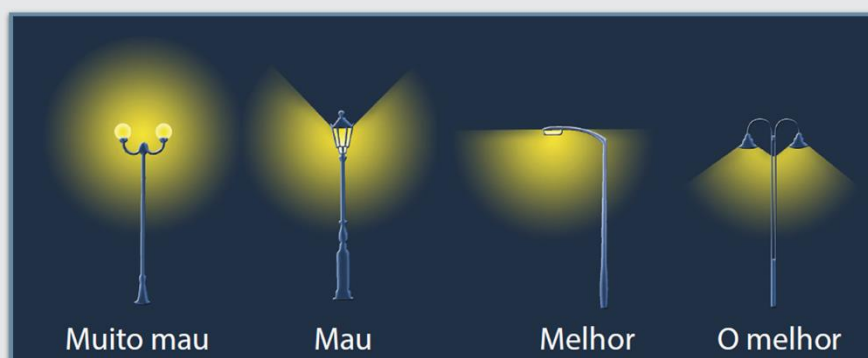
As lâmpadas incandescentes foram substituídas gradualmente por lâmpadas fluorescentes e, posteriormente por LED branco de 4000 K. Com isso, a população ganhou com economia de energia elétrica, longa vida útil e com uma qualidade maior da iluminação, uma vez que a eficiência dessas novas lâmpadas é maior.

No entanto, como o consumo da iluminação por LED é menor, está sendo utilizado um número maior de lâmpadas, tornando os locais mais iluminados, ou seja, uma iluminação desnecessária, contribuindo, desta maneira, para a poluição luminosa.

Ademais, os LED possuem um forte componente azul em seu espectro, que é um grande problema, pois se espalha facilmente na atmosfera, agravando a poluição luminosa, prejudicando as pesquisas astronômicas. Além disso, também afeta a saúde pública, causando problemas no sono e na produção de melatonina, que é uma hormona que faz com que sintamos sonolentos (UAI, 2018).

Uma solução para esse problema é a utilização dos LED âmbar ou os LED de banda estreita, pois causam menos impactos nas pesquisas astronômicas, nos ecossistemas e na saúde pública, uma vez que seus espectros não são tão abundantes na cor azul.

Além disso, deve-se ficar atento ao uso das luminárias, pois alguns modelos dissipam muita luz para o céu, uma vez que a luz desperdiçada de fontes artificiais emitida para cima é espelhada por nuvens, neblina e pequenas partículas (UAI, 2018).



Fonte: UAI (2018, p. 5).

**FIGURA 36**

Exemplos de selos da PROCEL e da ENCE.

Terceira etapa

1. Na tela há três feixes de luz, um vermelho, um azul e um verde. Olhando para eles, qual cor tem maior intensidade?

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Se sobrepormos dois ou três feixes de diferentes cores, o que pode acontecer?

---

---

---

---

---

---

---

---

Agora vamos fazer os testes, porém, antes faça suas previsões.

3. O que acontecerá se sobrepormos dois feixes luz, um com a cor vermelha e outro com a cor verde?

---

---

---

---

---

---

---

---

4. O que acontecerá se sobreposmos dois feixes de luz, um com a cor vermelha e outro com a cor azul?

---

---

---

---

---

---

5. O que acontecerá se sobreposmos dois feixes luz, um com a cor azul e outro com a cor verde?

---

---

---

---

---

---

6. Agora que vocês já fizeram os testes, escreva se cada uma de suas previsões, de fato, estavam corretas.

---

---

---

---

---

---

---

---



O olho humano não é um bom detector de intensidade luminosa, ou seja, não podemos contar com ele para classificar diferentes intensidades, pois nos enganamos facilmente. Para esta tarefa é necessário utilizar algum equipamento que disponha de um sensor de intensidade luminosa.

### Relacionando as grandezas

A intensidade luminosa é a intensidade do fluxo luminoso de uma fonte de luz projetada em uma dada direção. Sua unidade de medida é a candela. Já o fluxo luminoso é uma grandeza que correlaciona o fluxo radiante (em watts) com a radiação efetivamente perceptível pelo observador humano, ou seja, a luz. sua unidade de medida é o lúmen.

A eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a potência elétrica dessa lâmpada, portanto por um watt consumido. Logo, está relacionada à eficiência de lâmpada converter energia elétrica em energia luminosa. A potência elétrica, por sua vez, está relacionada ao consumo de energia elétrica, ou seja, quanto maior a potência elétrica de uma lâmpada, maior é a energia elétrica consumida.

### TEXTO 3: A candela, unidade de intensidade luminosa

Até o século XIX havia diversas unidades de medida para intensidade luminosa nos diversos países do mundo. Em 1909, a partir de um acordo feito entre Estados Unidos, França e Reino Unido, foi adotada uma unidade padrão denominada “vela internacional”, estabelecida a partir de uma lâmpada incandescente de filamento de carvão, entretanto esse padrão era pouco prático e necessitava de uma melhor definição teórica.

Com base nos estudos do físico alemão Planck sobre a radiação de corpo negro (ver no boxe “A radiação de corpo negro”), a unidade “vela internacional” foi substituída por “vela nova” que se baseava na luminância de um radiador de Planck (corpo negro) à temperatura de solidificação da platina. Essa proposição foi feita em 1937 pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) e pelo CIMP, promulgada por este último em 1946. A definição proposta foi ratificada e sancionada pela 9ª CGPM em 1948, que alterou o nome desta unidade para “candela”, símbolo cd, com a seguinte definição “a intensidade luminosa tal que a emitância do radiador integral à temperatura de solidificação da platina seja igual a 60 candelas por centímetro quadrado” (Rozenberg, 2006).

A 13ª CGPM, realizada em 1967, modificou a definição da unidade candela para a intensidade luminosa, na direção perpendicular, de uma superfície de área  $1/600000$  metros quadrados de um corpo negro a temperatura de solidificação da platina sob pressão de 101.525 newtons por metro quadrado.

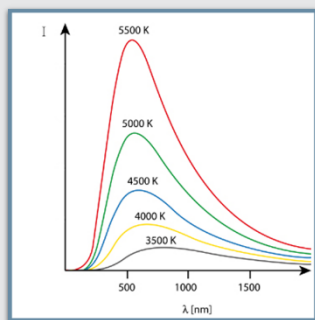
Em 1979, por ocasião da 16ª CGPM, foram encontrados pontos negativos acerca da definição da unidade candela, dentre eles a dificuldade da realização em laboratório, do corpo negro com altas temperaturas, além das divergências dos resultados da definição obtidos em experimentos de reprodução. Foram também colocadas as novas possibilidades com o desenvolvimento da radiometria (medição de potência de radiação ótica), que permitia determinar o valor da candela sem a necessidade de uso de um corpo negro. Diante das observações feitas, a 16ª CGPM adotou uma nova definição para a unidade candela, que é:

A candela é a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência  $540 \times 10^{12}$  hertz e que tem uma intensidade radiante nessa direção de  $1/683$  watt por esferorradiano (INMETRO, 2012).

### A radiação de corpo negro

O corpo negro é um objeto que absorve toda energia que incide sobre ele, sem que nenhuma parcela dessa energia seja refletida, ou seja, é um absorvedor e um emissor perfeito.

Para uma dada temperatura, independente do material, a curva da radiação emitida em função do comprimento de onda ou da frequência apresenta sempre a mesma forma (Figura 37), tal como, quando sua temperatura atinge cerca de 1700 K e a cor da radiação por ele emitida será sempre um vermelho de pouco brilho, seja uma barra de ouro ou um pedaço de carvão. Do mesmo modo, para temperaturas da ordem de 6000 K, seja ouro ou carvão, a luz emitida pelo corpo será intensa, branca e levemente amarelada, como a luz do Sol (GASPAR, 2016).



**FIGURA 37**

Distribuição de energia típica do espectro de radiação de corpos negros a diferentes temperaturas, sendo  $I$  a intensidade da radiação em função do comprimento de onda  $\lambda$ .

Fonte: Modificado de Corpo negro, wikipedia (2020).

### Perspectivas: o futuro

Com todas as mudanças de hábitos da humanidade nas últimas décadas, nosso planeta pede socorro. Além da redução drástica da vegetação natural, estamos poluindo nossos rios e oceanos com plástico, causando sérios problemas para os outros seres vivos. Além disso, nossa iluminação artificial excessiva está desorientando alguns animais, como as tartarugas marinhas e alguns pássaros migratórios.

Aonde vamos chegar com toda esta poluição e destruição do nosso planeta?

Se quisermos mudar o rumo da nossa história no Planeta Terra precisamos repensar nos nossos hábitos cotidianos. A utilização de plásticos de uso único é totalmente dispensável, podemos substituí-los por produtos reutilizáveis ou ecológicos. A iluminação foi um acontecimento essencial para ampliar a vida noturna dos seres humanos. Contudo, essa iluminação artificial é exagerada e está prejudicando vários a fauna e a flora. Logo, temos que repensar os nossos hábitos, será que realmente necessário uma iluminação tão intensa? Será que precisamos de tanta luz artificial na época do Natal? A poluição luminosa é reversível, logo, pequenas ações podem conceber grandes resultados. Desta forma, vamos iluminar apenas o essencial, no tempo necessário.

A resposta está em nossas mãos, assim como o futuro do nosso planeta!

**03**

# **REFE RÊNCIAS CIAS**

### 3 Referências

ANDREWES, W. Uma crônica do registro do tempo. *Scientific American Brasil*, p. 88-97, out/2002.

ARAUJO, M. C. B; CAVALCANTI, J. S. S. Dieta indigesta: milhares de animais marinhos estão consumindo plástico. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*. Vol. 10, n. 5, jan-maio de 2016.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). The International Prototype. Disponível em: <https://www.bipm.org/en/bipm/mass/image-ipk.html>. Acesso em: 19 jun. 2020.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). The kilogram and metre prototypes. Disponível em: [https://www.bipm.org/en/measurement-units/history-si/metre\\_kilo.html](https://www.bipm.org/en/measurement-units/history-si/metre_kilo.html). Acesso em: 19 jun. 2020.

CHAVES, L. R. Reutilizar, substituir e degradar. *Pesquisa Fapesp*. v. 281, 29 a 31. 2019.

CORPO NEGRO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Corpo\\_negro&oldid=58882498](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Corpo_negro&oldid=58882498)>. Acesso em: 27 jul. 2020.

COSTA-FÉLIX, R. P B., BERNARDES (org.). *A. Metrologia: volume 1: fundamentos*. Rio de Janeiro: Brasport, 2017.

DESCARGANDO LA MEMORIA. Relojes, 2010. Página inicial. Disponível em <http://www.descargandolamemoria.com/2010/04/relojes-watches.html>. Acesso em: 28 jul. 2020.

DOMINICI, T. GARGAGLIONI. Identificação e combate à Poluição Luminosa. Apostila preparada pelo Laboratório Nacional de Astrofísica. 2012. Disponível em: [http://www.lna.br/lp/apostila\\_pl.pdf](http://www.lna.br/lp/apostila_pl.pdf). Acesso em: 30 jul. 2020.

ENCE X PROCEL. Blog da Kian, 2019. Disponível em: <https://www.kian.com.br/blog/item/35-ence-x-procel>. Acesso em: 25 jan. 2020.

EXTENSÔMETRO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Extens%C3%B4metro&oldid=57148883>. Acesso em: 10 jan. 2020.

FILHO, H. P. M. O uso da informação quantitativa em História – Tópicos para discussão. Locus: revista de História, Juiz de Fora, v. 14, n. 1, p. 41-90, 2008.

GAS THERMOMETER. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gas\\_thermometer&oldid=917587383](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gas_thermometer&oldid=917587383). Acesso em: 30 jul. 2020.

GASPAR, A. Física. São Paulo: Ática, 2005.

GASPAR, A. Compreendendo a física. v. 3. 3 edição. Eletromagnetismo e Física Moderna. São Paulo: Ática, 2016.

GUIMARÃES, O.; PIQUERA, J. R.; CARRON, W. Física. v. 1. 2 edição. Mecânica. São Paulo: Ática, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume 1: mecânica. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Censo demográfico de 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/franca/pesquisa/23/25888?detalhes=true>. Acesso em 19 de abril de 2019.

INMETRO. Sistema Internacional de Unidades: SI. Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012.

INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS (IFSC), 2012. O relógio mais pontual do mundo. Disponível em: <https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/o-relogio-mais-pontual-do-mundo/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

JONES, F. A ameaça dos microplásticos. Pesquisa Fapesp. v. 281, 25 a 28. 2019.

KULA, W. Las medidas y los hombres. Madrid: Siglo XXI. 1980.

MACHADO, K. D. Teoria do Eletromagnetismo. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2002.

MOLDOVER, M. Proving Our Mettle: NIST and the Boltzmann Constant Olympics. National Institute of Standards and Technology, 2017. Disponível em: <https://www.nist.gov/blogs/taking-measure/proving-our-mettle-nist-and-boltzmann-constant-olympics>. acesso em: 19 jul. 2020.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 4ª edição, São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2002

PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos, 1: ensino médio. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.



PRECISÃO A medida de todas as coisas Ep02 massa e mol. Mascarado\_docs. Youtube. 22 jul. 2014. 58 min 40 s. disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=O11YjZYJV6U&t=6s>. Acesso em: 30 jul. 2020.

ROZEMBERG, I. M. O Sistema Internacional de Unidades – SI. 3ª ed. rev. e amp. São Paulo: Instituto Mauá de Tecnologia, 2006.

SANTOS, I.R. Tubarões de coleira. Revista Ciência Hoje. Vol. 38, n. 224, março de 2006.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 17.110, de 12 de julho de 2019. Proíbe o fornecimento de canudos confeccionados em material plástico no Estado e dá outras providências. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, [2019]. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2019/lei-17110-12.07.2019.html>. Acesso em: 18 jul. 2020.

SÃO PAULO (SP). Lei nº 17.621, de 13 de janeiro de 2020. Dispõe sobre a proibição de fornecimento de produtos de plástico de uso único nos locais que especifica. São Paulo: Secretaria Municipal da Casa Civil, [2020]. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17261-de-13-de-janeiro-de-2020>. Acesso em: 18 jul. 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE METROLOGIA. SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. O Novo Sistema Internacional de Unidades. 2019. (Redação e adaptação: Luciana e Sá Alves e Gelson Rocha). Disponível em: [http://metrologia.org.br/wpsite/wp-content/uploads/2019/07/Cartilha\\_O\\_novo\\_SI\\_29.06.2029.pdf](http://metrologia.org.br/wpsite/wp-content/uploads/2019/07/Cartilha_O_novo_SI_29.06.2029.pdf). Acesso em 25 mar. 2020.

THE BIG BANG THEORY – Sheldon and Penny go supermarket (season 1). The Big Bang Theory Funny moments. YouTube. 31 ago. 2019. 2 min 37 s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PQ2n8D05jfY&t=4s>. Acesso em: 30 jul. 2020.

UNEP. Marine litter: a global challenge. Nairobi: UNEP. 232p. 2009

UNIÃO ASTRONÔMICA INTERNACIONAL (UAI). Poluição Luminosa. 2018. Disponível em: [https://www.iau.org/public/images/detail/light-pollution-brochure\\_pt/](https://www.iau.org/public/images/detail/light-pollution-brochure_pt/). Acesso em 30 jun 2020.

VASCONCELOS, Y. Planeta Plástico. *Pesquisa Fapesp*. v. 281, 18 a 24. 2019.

ZERO ABSOLUTO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Zero\\_absoluto&oldid=58880938](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Zero_absoluto&oldid=58880938)>. Acesso em: 27 jul. 2020.

**AUTORES:**

Márcio Leandro Rotondo nasceu em Franca/SP. É professor titular de Física na Secretaria da Educação do Estado de São Paulo desde 2008. Licenciado em Ciências Exatas, com habilitação em Física, pela Universidade de São Paulo e bacharel em Administração Pública pela Universidade Federal de São João del-Rei. Atualmente (2020), mestrando do programa Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática na Universidade Federal de Uberlândia.

**AUTORES:**

Débora Coimbra nasceu em Araraquara/SP. É professora associada da Universidade Federal de Uberlândia, onde atua desde 2007. Formada em Física pela Universidade Federal de São Carlos realizou mestrado e doutorado naquela instituição e, em 2018, pós-doutorado em Ensino de Física na Universidade Federal do ABC.

