

**MEMÓRIAS
DA
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE
LISBOA**

CLASSE DE LETRAS

Escrita das unidades de medida e grandezas de medição

OLIVIER PELLEGRINO



**ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA**

LISBOA • 2024

Título: Escrita das unidades de medida e grandezas de medição

Edição: Academia das Ciências de Lisboa

Data de edição: 2024

DOI: <https://doi.org/10.58164/vjv5-5h53>

Escrita das unidades de medida e grandezas de medição

OLIVIER PELLEGRINO

Já foi! Já foi adotada a revisão do Sistema Internacional de unidades (SI)! De agora para a frente, todas as unidades de base do SI estão definidas por constantes fundamentais e já não a partir de artefactos. Este “agora” foi a conclusão da 26.^a reunião da Conferência Geral dos Pesos e Medidas (CGPM) ocorrida a 16 de novembro de 2018, em Versailles, nos arredores de Paris, França¹. Essa reunião, que acontece em média de quatro em quatro anos, toma todas as decisões por votação de cada Estado-Membro referentes ao Bureau Internacional dos Pesos e Medidas (BIPM) e à organização da metrologia à escala internacional, nomeadamente sobre o SI. Antes da votação, transmitida em direto e em sessão pública, foram proferidas comunicações orais, entre as quais pelos laureados do prémio Nobel de Física Klaus von Klitzing (Nobel de 1985) e William D. Phillips (Nobel de 1997) que afirmaram que essa adoção da revisão do SI é a maior revolução na ciência da medição desde a revolução francesa!

Todavia, convém notar que essa revisão, que entrou em vigor a 20 de maio de 2019, no Dia Mundial da Metrologia (dia escolhido para celebrar a assinatura da Convenção do Metro, ocorrida a 20 de maio de 1875, que criou o BIPM, a CGPM e o Comité Internacional dos Pesos e Medidas – CIPM) desse ano, é o resultado de vários anos de investigação científica internacional com sistemas experimentais para alcançar valores consensuais das constantes fundamentais: a constante de Planck, h , a carga elementar, e , a constante de Boltzmann, k , e a constante de Avogadro, N_A ². Simultaneamente, o Grupo operacional sobre as constantes fundamentais (*Task Group on Fundamental Constants – TGFC*) do Comité sobre os dados em ciência e tecnologia (*Committee on Data for Science and Technology – CODATA*), que ajusta periodicamente os valores recomendados das constantes fundamentais e os fatores de conversão da Física e da Química, tinha sido convidado pela CGPM para determinar os valores consensuais das

constantes fundamentais a partir das realizações experimentais, na condição de ser consistentes com os valores adotadas antes da revisão do SI.

Em 1983, a redefinição da unidade de base do comprimento, o metro, teve por consequência de fixar para um valor exato a velocidade da luz no vácuo, c , segundo várias determinações experimentais de grande exatidão. De mesmo modo, a revisão das definições das unidades de base da massa, o quilograma, da corrente elétrica, o ampere, da temperatura termodinâmica, o kelvin, e da quantidade de matéria, a mole, teve por consequência de fixar para valores exatos as constantes h , e , k e N_A , como estabelecidos pelo CODATA, baseados nas realizações experimentais por diferentes laboratórios entre 1988 e 2017, e resumidos no Quadro 1.

Quadro 1: Valores das constantes h , e , k e N_A para a revisão do SI.

Constante	Valor
h	$6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ J s
e	$1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C
k	$1,380\ 649 \times 10^{-23}$ J K ⁻¹
N_A	$6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ mol ⁻¹

A revisão do SI reformula as definições das unidades de base através da estipulação de valores fixados exatamente, i.e., sem incerteza, de constantes fundamentais (também designadas por “constantes definidoras”). Em consequência, foi necessário alterar a diretiva europeia relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes às unidades de medida³, o que obrigou à respetiva transposição na legislação nacional. Ora, desde o texto do primeiro Decreto-Lei, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 427/83 de 7 de dezembro⁴ que foi o primeiro, a adotar, por Portugal, o SI como sistema de unidades de medida legal, estão incluídas as recomendações para escrita e emprego dos símbolos e designações dos múltiplos e submúltiplos. Assim, o texto do Decreto-Lei n.º 128/2010 de 3 de dezembro⁵, o mais recente em vigor antes da transposição da diretiva europeia de 2019, continha regras de escrita e utilização dos símbolos das unidades do SI, pelo que o Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro⁶ adota a revisão do SI para o território nacional também inclui regras de escrita. Tais regras devem corresponder a um compromisso entre convenções adotadas pela

comunidade científica internacional, publicadas em normas e documentos internacionalmente reconhecidos^{7,8,9} pelas especificidades nacionais, desde que haja um mínimo de coerência entre e no seio desses dois domínios. Todavia, respeitante à escrita em língua portuguesa, o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990 (AO90) permite novamente o uso das letras k, w e y, letras frequentemente utilizadas na escrita dos nomes das unidades de medida. Ora, observamos na base Ido AO90, “Do alfabeto e dos nomes próprios estrangeiros e seus derivados”, do respetivo Anexo I, esse extrato 2.º “As letras k, w e y usam-se nos seguintes casos especiais: (...) c) Em siglas, símbolos e mesmo em palavras adotadas como unidades de medida de curso internacional: ... kg-kilograma, km-kilometro, kW-kilowatt, yd-jarda (yard); Watt.” apresenta uma incoerência interna e com as regras de escrita internacionais da ciência da medição, incoerência que o Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro entre outros propósitos emenda, como propomos apresentar nesta intervenção.

Unidades de medida – Grandezas de medição

Até ao fim do século XVIII, tornou-se cada vez mais indispensável o uso de padrões de medição, para o progresso do conhecimento científico, com confiança. Com efeito, como garantir a reprodução quantitativa de uma experiência, para o estudo e desenvolvimento sem um valor de referência aceite pelos diferentes intervenientes? Antes do fim do século XVIII, utilizava-se padrões de medição que permitiam efetuar essa reprodução dos fenómenos físicos, cujo ato de quantificação foi traduzida pela famosa expressão de Galileo Galilei, em 1623, segunda a qual “... o universo... está escrito em língua matemática”.

Também a existência de padrões de medição, cujo valor variava segundo a região ou até segundo a época do ano, limitava muito a troca de mercadorias e a expansão do comércio. Por exemplo, se no Império romano, existiam 11 unidades de medida de comprimento, os fatores múltiplos e submúltiplos entre eles tinham base binária, terceira ou decimal, sem coerência numérica¹⁰. É admitido que o Império de Carlos Magno, no século IX, corresponde ao último Estado com uma uniformização dos pesos e medidas na totalidade do território, i.e., desde o poder central e o utilizador final. Durante quase 1000 anos, nenhum Estado conseguiu uma uniformização dos pesos e medidas cujos padrões estavam impostos por senhores locais para pagamento de taxas (independentemente de e em oposição

ao poder central) cujos valores eram sujeitos a variação arbitrária através do tamanho dos padrões locais¹¹. “Dois pesos, duas medidas” foi assim a expressão mais frequente nas reclamações nos Estados Gerais em França, convocados em maio de 1789 pelo rei Luís XVI. A 27 de junho de 1789, é criada uma comissão de membros da *Académie des Sciences*, que incluía o físico Charles-Augustin Coulomb, o matemático Pierre-Simon Laplace e o químico Antoine Lavoisier, para refletir e propor a uniformização dos pesos e medidas. A 4 de agosto de 1789, são abolidos os privilégios feudais e proclamada a Declaração dos direitos do homem e do cidadão, a 26 de agosto de 1789 (escrita a 14 de setembro de 1791, por Olympe de Gouges; a Declaração dos Direitos da Mulher e da Cidadã nunca foi aprovada pela Assembleia, tendo as mulheres, na pátria da Declaração dos Direitos do Homem e do Cidadão, o direito de voto apenas 154 anos mais tarde). A 15 de março de 1790, são abolidas as taxas de calibração e de pesagem. A 30 de março de 1791, é apresentado à Assembleia o relatório elaborado, a pedido da *Académie des Sciences*, por Borda, Lagrange, Laplace, Monge e Condorcet sobre a escolha de uma unidade de medida, que define o quarto do meridiano como base do novo sistema de medida, assim como a escala decimal, como única escala de divisão. O nascimento do metro é oficializado pelo Decreto de 1 de agosto de 1793: tem por comprimento a décima-milionésima parte do quarto do meridiano.

Estava a realizar-se a passagem do uso milenário dos pesos e medidas, como milhares de nomes de unidades e fatores de conversão, para unidades de medida universais, em número comparavelmente muito reduzido. A escolha dos Académicos, aceite pela Assembleia, foi então de abandonar o sistema em vigor e substituí-lo por um sistema novo, com nomes novos e segundo uma designação metódica, como tinha sido aplicado pouco antes na elaboração da nomenclatura em Química, em França, por Lavoisier, Guyton de Morveau, Fourcroy e Hassenfratz¹², com os princípios da nomenclatura binomial dos botânicos¹³ e sobretudo do filósofo Étienne Bonnot de Condillac¹⁴. Estes últimos princípios são retomados por Lavoisier no Discurso Preliminar do Tratado Elementar de Química¹⁵ quando afirma que “As palavras devem fazer nascer a ideia e a ideia deve invocar o facto, sendo, deste modo, três etapas de um mesmo processo. E, como são as palavras que conservam as ideias e as transmitem, não se pode aperfeiçoar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência, nem a ciência sem aperfeiçoar a linguagem. É que, por mais certos que sejam os factos e mais exatas as ideias que os

fizeram nascer, eles transmitirão apenas impressões falsas se não tivermos expressões exatas para os designar.”

Como para a nomenclatura em Química, os novos nomes foram escolhidos com origem nas línguas antigas: seguindo uma nomenclatura binária, os prefixos indicando submúltiplos são de raiz latina (deci-, centi-, mili-, etc.) e os múltiplos são de raízes gregas (deca-, hecto-, kilo-, etc.). Os radicais correspondem às diferentes grandezas: metro (do grego *métron*, por “medida”), para medições lineares, litro (do grego *litra*, por “medida líquida”), para medições de capacidades, e grama (do grego *gramma*, por “unidade de peso” nos Romanos) para medições de massas. São assim obtidas novas designações sistemáticas, universais e únicas em muito menos número para únicas realidades. Isso facilita imenso as trocas comerciais, técnicas e científicas. No entanto, podemos lamentar a perda do significado de centenas de palavras.

O Decreto de 7 de abril de 1795 estabelece o sistema métrico decimal. A partir da unidade de medida de base, o metro, podem ser deduzidas todas as outras unidades e todas as outras unidades de medida são proibidas. A Lei de 10 de dezembro de 1799 consagra os padrões definitivos do metro, construídos em platina, determinado a partir das medições do meridiano por Méchain e Delambre, entre Dunquerque e Barcelona, e do metro cúbico, determinado a partir de um cubo de dez centímetros de água destilada ao valor máxima da sua densidade, i.e., a 4 °C. Estão depositados nos Arquivos nacionais. O Decreto de 2 de novembro de 1801 torna obrigatório o sistema métrico em França... até ao Decreto imperial de 12 de fevereiro de 1812 que autoriza a não utilização! Perante a confusão criada nas transações comerciais, o Parlamento, pela Lei de 4 de julho de 1837, volta a tornar obrigatório em França o uso do sistema métrico decimal... a partir de 1 de janeiro de 1840. Como se vê, mesmo para o país que o criou, a adoção do sistema métrico decimal não foi fácil! Na mesma altura, a adoção é efetuada, em 1803, pela República Helvética, em 1816 pelos Países Baixos e, em 1836, pela Grécia.

Em Portugal, existia uma pletera de nomes de unidades de medida e fatores de conversão, como no resto da Península Ibérica, tendo sido ainda introduzidas unidades de medida árabes, complicando as transações comerciais, apesar dos sucessivos esforços acompanhando a consolidação do Estado português, como acontecia nos congéneres europeus. Por exemplo, na reforma manuelina¹⁰, as 6

unidades de medida para o “peso” (presente no Museu da Metrologia, no Instituto Português da Qualidade – IPQ, o marco-padrão de D. Manuel I contém 16 peças desde 1 escrúpulo até 2 arrobas e tem uma massa de 1 quintal, ou seja 58,754 kg, igual a 4 arrobas, iguais a 100 arráteis, iguais a 200 marcos) passaram a 8 unidades de medida com fatores multiplicativos de 2, 64 e 256, e submúltiplos iguais a 1/8, 1/64, 1/192, e 1/4608, tendo os nomes das unidades mudado de significado na nova nomenclatura. Para um conhecimento sério da história da Metrologia em Portugal, recomendamos a leitura da obra detalhada e ricamente ilustrada, baseada em parte no acervo do Museu da Metrologia do IPQ por António Cruz, primeiro diretor do Departamento de Metrologia do IPQ, “Pesos e Medidas em Portugal”¹⁰.

Passada a primeira metade do século XIX, politicamente agitada, foi possível a adoção do sistema métrico decimal pela rainha Dona Maria II através da Lei de 13 de dezembro de 1852, sendo o uso obrigatório a partir de 20 de junho de 1859. É notável observar, na obra de disseminação dessa Lei, “Novo Systema legal de medidas decretado em 12 de dezembro de 1852”, extraído do “Compendio do Novo Systema Métrico Decimal”, de Joaquim Henriques Fradesso da Silveira, Inspetor-Geral dos Pesos e Medidas do Reino, publicado pela Imprensa Nacional, em 1858¹⁶, a ortografia utilizada para os nomes dos prefixos submúltiplos e múltiplos, na Figura 1, nomeadamente o kilometro.

NOMES	VALORES
SYSTEMATICOS	
Myriametro. .	10000 metros
Kilometro. . .	1000 metros
Hectometro. .	100 metros
Decametro. . .	10 metros
Metro	1 metro, unidade fundamental
Decimetro. . .	0,1
Centimetro . .	0,01
Millimetro. . .	0,001

Figura 1: Extrato do Novo Systema legal de medidas decretado em 12 de dezembro de 1852¹⁶, apresentando os nomes sistemáticos das unidades de medida de comprimento.

É notável que essa ortografia se manteve durante 80 anos, até a reforma ortográfica de 1910, que eliminou as letras k, w e y do alfabeto da língua

portuguesa, deixando a correspondência entre símbolo e grafia dos nomes das unidades de medida.

Na evolução do sistema métrico decimal, tal como da física, da astronomia e da matemática, destaca-se a contribuição do Carl Friedrich Gauss, que promoveu ativamente a aplicação do sistema métrico, associado ao segundo. O primeiro a efetuar medições absolutas do campo magnético terrestre, utilizando um sistema decimal baseado nas unidades mecânicas do milímetro, do grama e do segundo, associadas às grandezas do comprimento, da massa e do tempo. Com a colaboração do físico Wilhelm Eduard Weber, foram continuadas essas medições, incluindo outros fenómenos elétricos. No seio da *British Association for the Advancement of Science* (BAAS), os matemáticos e físicos James Clerk Maxwell e William Thomson, mais tarde conhecido como 1.º Barão, ou Lorde, Kelvin, aperfeiçoaram essas medições nos domínios da eletricidade e do magnetismo. Em 1874, a BAAS criou o sistema CGS, baseado nas unidades mecânicas do centímetro, do grama e do segundo. Em 1881, são inseridos o ohm, o volt, o coulomb, o farad e respectivos múltiplos e submúltiplos decimais, e, em 1889, o joule, o watt e o antepassado do henry, o quadrante.

No meio do século XIX, manifestou-se a necessidade de um sistema decimal de pesos e medidas quando, na primeira Exposição Universal, em Londres, em 1851, e nas sucessivas, Paris, em 1855, Londres, em 1862 e Paris, em 1867, as quantidades de produtos apresentados eram referenciadas a padrões sem relação mútua. Simultaneamente, um sistema único de pesos e medidas foi recomendado pela Academia das Ciências de Paris, a Academia das Ciências de São Petersburgo, o *Bureau* das Longitudes de Paris e a Comissão Inglesa dos Padrões e a segunda conferência geral da Associação internacional de geodesia recomendava a adoção do sistema métrico. Em 1867, foi então constituído o “Comité dos Pesos e Medidas e das Moedas” e, em 1870, é criada uma Comissão do Metro.

Finalmente, a 20 de maio de 1875, é assinada a Convenção do Metro entre os representantes dos 17 países seguintes: Alemanha, Argentina, Áustria-Hungria, Bélgica, Brasil, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos da América, França, Itália, Perú, Portugal, Rússia, Suécia e Noruega, Suíça, Turquia e Venezuela. Para facilitar as trocas e comparações de medições entre Estados e realizar um metro internacional, é criado o BIPM, sob a autoridade da CGPM e sob a supervisão do Comité Internacional dos Pesos e Medidas (CIPM), constituindo uma estrutura

permanente que permite aos Estados-Membros terem uma ação comum sobre todas os assuntos respeitantes às unidades de medida.

Na primeira reunião da CGPM, ocorrida em setembro de 1889, foi decidida a elaboração e conservação de novos protótipos internacionais do metro e do quilograma e comparar aos padrões nacionais distribuídos aos Estados-Membros. Em Portugal, foi necessário atualizar a legislação nacional no sentido de, através da Lei de 19 de abril de 1911, adotar os protótipos com número 10, que lhe tinham sido sorteados. O sistema de unidades de medida consagrado pela 1.^a CGPM é então o sistema MKS, por metro, quilograma e segundo (dos astrónomos). Em Portugal, os termos quilometro e os prefixos múltiplos e submúltiplos encontram-se institucionalizados através da publicação no Diário do Governo a 25 de abril de 1876.

Em 1901, o físico italiano Giovanni Giorgi demonstra a possibilidade de juntar as unidades mecânicas do sistema MKS às unidades elétricas. Após pareceres da União internacional de Física Pura e Aplicada (IUPAP) e da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), o sistema baseado no sistema MKS e unidade da corrente elétrica, o ampere, o sistema MKSA é adotado, em 1946, pelo CIPM.

Em 1927, a 7.^a reunião da CGPM aprova a escala internacional de temperatura, tendo como unidade o grau centígrado, que é substituído pelo grau Celsius pela 9.^a CGPM que define a unidade de intensidade luminosa, a Candela, reunida em 1948. Em 1954, a 10.^a CGPM aprova as unidades de base da corrente elétrica, da temperatura termodinâmica e da intensidade luminosa: o ampere, o grau Kelvin (substituído pelo kelvin, na 13.^a CGPM, em 1968) e a candela, respetivamente.

A 11.^a CGPM, reunida em 1960, muda o nome do sistema MKSA para Sistema Internacional de Unidades, de símbolo SI. Uma sétima unidade de medida de base do SI foi aprovada pela 14.^a CGPM, em 1971, a mole, unidade da quantidade de matéria.

A 24.^a CGPM adota, em 2011, os princípios de uma nova definição do SI baseada em sete constantes da natureza e, como já referido, a 26.^a CGPM adota a nova definição do SI baseada nas sete constantes “definidoras”, em 2018.

Devido à sua importância para as transações comerciais envolvidas, para as atividades económicas, para as atividades de saúde e todas de carácter técnico-científica, os Estados-Membros dos diferentes espaços económicos em cada continente adotaram as evoluções efetuadas no BIPM sobre as definições e utilizações

das unidades de medida. De destacar a importância das convenções decididas para a escrita e símbolos associados que, para facilitar as comunicações intra- e internacionais tendem a ser aproximadas o mais possível às escalas nacionais. Na realidade, como pode ser constatado dos parágrafos anteriores, desde a criação e a oficialização de um sistema internacional de unidades de medida, poucas mudanças foram efetuadas nas definições e documentos publicados pelo BIPM, o que não provocou muitas mudanças nos textos legislativos europeus, o que, por sua vez, originou poucas mudanças na legislação nacional.

No seguimento da criação do espaço económico europeu e da existência do SI com 7 unidades de base, foi publicada a Directiva n.º 71/354/CEE, do Conselho, de 18 de outubro de 1971 (sem versão em língua portuguesa) destinada a efetuar a aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitante às unidades de medida. Foi revogada e substituída pela Diretivas 80/181/CEE, do Conselho, de 20 de dezembro de 1979, por sua vez, alterada pelas diretivas 85/1/CEE, do Conselho, de 18 de dezembro de 1984, 89/617/CEE, do Conselho, de 27 de novembro de 1989 e 1999/103/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de janeiro de 2000. O anexo técnico da Diretiva 80/181/CEE do Conselho foi alterado devido às sucessivas atualizações do SI publicadas pelo BIPM, nomeadamente através das edições correspondentes da *Brochure sur le SI* de 1998¹⁷ e de 2006¹⁸, levando às publicações da Diretiva 2009/3/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de março de 2009 e da Diretiva (UE) 2019/1258 da Comissão de 23 de julho, que é a mais recente diretiva europeia aprovada sobre as unidades de medida.

A aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes às unidades de medida concretiza-se pela transposição na legislação nacional das diretivas europeias: as apresentadas no parágrafo anterior foram transpostas na legislação portuguesa pelo Decreto-lei n.º 238/94, de 19 de setembro, mais especificamente as sucessivas alterações à Diretiva 80/181/CEE de 20 de dezembro de 1979 desde a Diretiva 89/617/CEE, do Conselho, de 27 de novembro de 1989, uma vez que Portugal tinha entrado na Comunidade Económica Europeia (CEE), a 1 de janeiro de 1986. O Decreto-Lei n.º 427/83 de 7 de dezembro que corresponde, como já referido, à adoção por Portugal do SI como sistema de unidades de medida legal, alterado pelo Decreto-Lei n.º 320/84, de 1 de outubro, deve provavelmente ter facilitado a entrada de Portugal na CEE. Finalmente, a Diretiva

2009/3/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 11 de março de 2009 foi transposta na legislação portuguesa pelo Decreto-lei n.º 128/2010 de 3 de dezembro e o Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro corresponde à transposição da Diretiva (UE) 2019/1258 da Comissão de 23 de julho de 2019.

Fechamos essa parte com duas notas. Em primeiro lugar, no seguimento do artigo de referência de Jan de Boer “On the history of quantity calculus and the international system”¹⁹, lembramos que a introdução do conceito de grandeza física é devida ao Maxwell no “Treatise on Electricity and Magnetism” escrito em 1873²⁰, em que insistiu sobre a distinção entre valor numérico e grandeza física. Em 1887, baseado neste conceito, Hermann von Helmholtz iniciou a axiomatização da teoria da medição²¹, que continua, nos dias de hoje, com interessantes desenvolvimentos e generalizações, como evidenciam os trabalhos de Luca Mari²², por exemplo. Todavia, apesar do trabalho do matemático inglês Alfred Lodge em 1888²³, foram necessários cinquenta anos para que a álgebra das grandezas formalize a ideia do Maxwell através da expressão $Q = \{Q\} \cdot [Q]$, em que Q é o símbolo de grandeza, $\{Q\}$, o símbolo do valor numérico e $[Q]$ o símbolo da unidade de medida, pela publicação do Julius Wallot, em 1926²⁴, começando a sua sistemática utilização em ciência.



Figura 2: Vista do Laboratório Nacional de Metrologia do Instituto Português da Qualidade

Uma segunda nota é dedicada à organização da metrologia mundial, na continuidade da assinatura da Convenção do Metro, hoje com 63 Estados-Membros e 37 Estados e entidades económicas associadas. Lembremos que a Convenção do Metro é uma organização intergovernamental cujos governos atuam em comum nos assuntos ligados à ciência das medições e aos padrões de medição. Trata de demonstrar a equivalência internacional dos padrões de medição nacionais e dos certificados de calibração emitidos pelas instituições nacionais de metrologia ou pelos instituições designados para criar, manter e desenvolver os padrões de medição nacionais. Trata de efetuar a troca de conhecimentos, informações e experiências à escala internacional. Finalmente, contribui à tomada de decisão, à escala internacional, sobre os avanços em metrologia. À escala de um continente, as instituições nacionais de metrologia associam-se em organizações regionais de metrologia (*Regional Metrology Organization* – MRO) que participam em ou efetuem comparações entre instituições nacionais de metrologia dentro ou entre MRO. Na Europa, o RMO é a Associação Europeia dos Laboratórios Nacionais de Metrologia (EURAMET) e, em Portugal, o IPQ tem a função de Instituição Nacional de Metrologia.

O IPQ detém os padrões nacionais da aceleração e vibrações, cumprimento, tempo e frequência, grandezas elétricas e magnéticas, fotometria e radiometria, massa, quantidade de pH, viscosidade e massa volúmica de líquidos, pressão, força, temperatura e volume²⁵. Três institutos designados, o Laboratório de Química e Poluição do Meio Marinho do Instituto Hidrográfico, para padrões de Química Inorgânica e para os parâmetros Água do mar (sílica) e Sedimentos (mercúrio), o Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes do Instituto Superior Técnico, para padrões das Radiações Ionizantes e a Unidade de Hidráulica Metrológica do Laboratório Nacional de Energia Civil, para padrões de Grande Caudal de Líquidos, completam a organização dos padrões nacionais em Portugal²⁶.

Finalmente, entre outros documentos científicos, monografias, ou ainda, como já foi referido, uma *Brochure sur le SI*, que reúne as resoluções e recomendações das CGPM e das CIPM²⁷, o BIPM edita Guias em Metrologia: o *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (conhecido como o “GUM”) e o Vocabulário Internacional de Metrologia (conhecido como o VIM). Estes Guias são produzidos por dois Grupos de Trabalhos do *Joint Committee for Guides in*

Metrology (JCGM), compostos de representantes de organizações internacionais ligadas à metrologia. Trata-se do BIPM, da IEC, da Federação Internacional de Química Clínica e Medicina Laboratorial (IFCC), da ISO, da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), da IUPAP, da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) e da Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios (ILAC). A primeira edição do VIM foi publicada em 1984, resultado do trabalho do BIPM, a OIML, a IEC e a ISO. Foi traduzido, em 1985, para a língua portuguesa. Em 1993, uma 2.^a edição resultou da colaboração também da IFCC, da IUPAC e da IUPAP. Foi traduzido, em 1994, para a língua portuguesa. Para uma terceira edição do VIM, juntou-se a ILAC, mas a versão de 2007 necessitou que uma versão corrigida seja publicada em 2012, ano da publicação da versão luso-brasileira²⁸, fruto da colaboração entre o IPQ e a Instituição Nacional de Metrologia do Brasil, o Inmetro, ao abrigo do Acordo Ortográfico de 1990. Está atualmente em estudo o resultado da consulta para a 4.^a edição do VIM para uma nova consulta. A adoção pela 26.^a CGPM da revisão do SI teve como consequência a publicação da 9.^a edição da *Brochure sur le SI*⁸, já traduzida em conjunto pelo IPQ e pelo Inmetro²⁹. As edições em língua portuguesa produzidas pelos metrologistas do VIM e da Brochura sobre o SI foram baseadas nos paradigmas e regras da língua portuguesa para ser percebidas e utilizadas pelos falantes lusófonos e serviram de base às elaborações dos textos legais. Por ser documentos de especialidade metrologia, essas edições deviam e devem também seguir regras e paradigmas definidos e convencionados internacionalmente. Tal é a abordagem que nos propomos apresentar e explicar a seguir.

Escrita do SI na língua portuguesa

Apresentemos então o paradigma e as regras que devem ser seguidos para a escrita da língua portuguesa e das unidades e grandezas de medição, em particular. Se bem nos lembramos¹⁶, a Lei de 13 de dezembro de 1852 introduziu o sistema métrico decimal em Portugal através do “kilogramma” como “medida de peso”, do “kilometro”, igual a 1000 metros e do “kilo” como prefixo do múltiplo 1000. Ora, em 1911, acontece uma Reforma Ortográfica que faz sair do alfabeto as letras k, w, e y, como publicado no Diário do Governo de 12 de setembro de 1911. Todavia, essa reforma mantém a grafia “kilo” como prefixo multiplicativo, conservando a grafia “liquolgrama”, mas admite “quilograma”. E, após

80 anos das grafias “kilo”, “quilometro” e “kilograma”, no seguimento de um acordo entre a Academia das Ciências de Lisboa (ACL) e a Academia Brasileira das Letras, a letra “k” apenas é autorizada como símbolo de prefixo multiplicativo de unidade! Em 1945, um novo acordo ortográfico é ratificado entre Portugal e o Brasil que, através do Decreto n.º 35 228 de 8 de dezembro de 1945, mantém as opções da Reforma de 1911, sem ter em conta a evolução das organizações da Ciência, Economia e Comércio internacionais.



Figura 3: Capa da tradução luso-brasileira da 9.ª edição da Brochura sobre o SI²⁹.

A 16 de dezembro de 1990, é assinado o AO90 entre Angola, o Brasil, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Moçambique, Portugal e São Tomé e Príncipe³⁰. Segundo este acordo, as letras k, w e y estão reintroduzidas no alfabeto da língua portuguesa. Todavia, as grafias “kilograma” e “quilometro” mantém-se... apesar da grafia “kilowatt”... como já mencionado acima, com a alínea 2.ª da Base I do Anexo I. Aliás, a 1.ª edição do Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea,

da autoria da ACL³¹ contém não somente as grafias kiloampere, kilobit, kilobyte, kilocoulomb, kilohertz, kilojoule, kiloparsec, kilovolt, kilovolt-ampere, kilowatt e kilowatt-hora... mas também quilocaloria, kilograma, quilojoule, quilojoule, quilolitro, quilometro, quilotonelada, quilowatt e quilowatt-hora!

Do lado do paradigma da escrita científica expressa no VIM luso-brasileiro de 2012²⁸, mas também da Brochura sobre o SI, na versão luso-brasileira²⁹, os nomes tendem seguir as opções adotadas às escalas internacionais, pelo menos das línguas oficiais utilizadas nos textos do BIPM e das normas da série ISO/IEC 80000, i.e., a língua francesa e a língua inglesa. Tal paradigma foi também aplicado na mais recente transposição⁶ na legislação nacional da diretiva europeia³ que aprovou a revisão do SI. Vemos então algumas situações básicas. Para as pessoas interessadas em mais regras de escrita de apresentação dos resultados de medição, recomendamos a consulta de “Uma introdução às Regras de escrita das Unidades de medida e Grandezas segundo o SI”³².

Os símbolos das unidades são sempre escritos em fonte romana (i.e., não itálica) e, por serem considerados entidades matemáticas, não levam a marca do plural. Os símbolos dos produtos são expressos com um espaço entre os símbolos das unidades ou separados com um ponto a meia-altura entre dois espaços.

Assim, por exemplo, o produto de um joule (de símbolo: 1 J) por dois segundos (símbolo: 2 s), que é o valor da grandeza física ação tem como valor dois joules segundos (também aceite a grafia: dois joules-segundos) e como símbolo: 2 J s ou 2 J . s.

Deste exemplo simples, poderá deduzir-se que:

- existe sempre um espaço entre o valor numérico e o símbolo da unidade;
- os nomes das unidades são nomes comuns, portanto variam em número (levam a marca do plural) e não começam por uma maiúscula;
- os nomes das unidades constituídas do produto de duas unidades são separados por um espaço (ou por um hífen) e levam cada um a marca do plural.

Os múltiplos e submúltiplos de unidades também são unidades, pelo que se aplicam as mesmas convenções que acima. Para o produto de duas unidades múltiplos ou submúltiplos da mesma unidade, apresenta-se um único fator multiplicativo.

Assim, $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$; $1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m} = 1 \text{ hV/m}$ e escreve-se: 10 mm e não 1 c mm

A junção do símbolo de um prefixo ao símbolo de uma unidade forma uma nova unidade com um novo símbolo, sem separação entre os símbolos do prefixo

e o da unidade.

Assim, a centésima parte de um metro escreve-se 1 cm e não 1 c m.

O nome dessa unidade escreve-se “centímetro” e não “centi metro” ou “centi-metro”.

Aliás, de acordo com o que foi escrito acima, dois símbolos separados por um espaço têm por significado o símbolo de duas unidades. O símbolo de uma única unidade é composto de apenas um prefixo não separado da unidade principal.

Assim, a unidade um miligrama, constituída do prefixo m, para o submúltiplo milésima parte e da unidade principal de símbolo g, por grama, tem por símbolo mg. É diferente da unidade que é o produto da unidade metro, de símbolo m, e da unidade grama, de símbolo g, que tem por símbolo m g.

No Quadro 2, apresentamos os nomes e símbolos dos prefixos múltiplos e submúltiplos publicados no Decreto-Lei 76/2020 de 25 de setembro, ou seja, agora legalmente em vigor.

Quadro 2: Nomes e símbolos dos prefixos de fatores múltiplos e submúltiplos decimais das unidades SI⁶:

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Símbolo
10 ¹	deca	da	10 ⁻¹	deci	d
10 ²	hecto	h	10 ⁻²	centi	c
10 ³	kilo	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

Podemos constatar que, por aplicação sistemática do AO90, que reintroduz as letras k e y no alfabeto da língua portuguesa, as grafias dos fatores 10³, 10²⁴ e 10⁻²⁴ é agora kilo, yotta e yocto. Para o primeiro, trata-se da reposição de uma situação parada durante 110 anos. Agora, qualquer seja a unidade, utiliza-se a mesma grafia. Por outro lado, facilita-se a utilização por ser a mesma primeira letra que a que serve de símbolo, como para os outros prefixos.

Todavia, lembremos que os prefixos múltiplos e submúltiplos decimais das unidades SI também podem ser utilizados com unidades não SI mas aceites na utilização com o SI, desde que decimais. Por exemplo, não podem ser utilizados nem com as unidades de tempo (dia, hora e minuto), nem com as unidades de ângulo plano e de fase (segundo, minuto e grau).

Para expressar potências de 2, em vez dos prefixos decimais, devem ser utilizados os prefixos constando do Quadro 3.

Quadro 3: Nomes e símbolos dos prefixos múltiplos binários⁶.

Fator	Nome	Símbolo
2^{10}	kibi	Ki
2^{20}	mebi	Mi
2^{30}	gibi	Gi
2^{40}	tebi	Ti
2^{50}	pebi	Pi
2^{60}	exbi	Ei
2^{70}	zebi	Zi
2^{80}	yobi	Yi

Assim, uma capacidade de 1024 bits é igual a 1 kibibit (símbolo: 1 Kibit) e não 1 kilobit (símbolo: 1 kbit), que é igual a 1000 bits.

No paradigma de escrita científica dos nomes das unidades de medida por extenso, como aplicado no Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro e traduções luso-brasileiras do VIM 2012²⁸ e da Brochura sobre o SI²⁹, seguindo a lógica de formação dos símbolos das unidades a partir dos símbolos das componentes (prefixo e unidade principal), efetua-se a junção sem espaço, nem hífen, sem duplicação de letra das grafias, ou colocação de acento. Assim:

- 10 ms escreve-se dez milissegundos e não dez milissegundos;
- 10 mm escreve-se dez micrometros e não dez micrómetros, para diferenciar a unidade de medida do instrumento de medição.

Finalmente, para as escritas respeitantes às grandezas, os símbolos das grandezas são sempre escritos em fonte itálica e, por ser considerados entidades matemáticas, não levam a marca do plural.

Como vimos acima, o valor de uma grandeza, de símbolo Q , é o produto de um valor numérico, de símbolo $\{Q\}$, por uma unidade de medida, de símbolo $[Q]$ segundo a expressão:

$$Q = \{Q\} \cdot [Q].$$

Por exemplo, o valor do volume, V , de dez metros de comprimento, c , numa secção de um metro quadrado, s é igual a:

$$V = c \times s = 10 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2 = (10 \text{ m})(1 \text{ m}^2) = 10 \text{ m}^3$$

Como para os nomes das unidades de medida, os nomes das grandezas são palavras comuns, começam por uma minúscula e variam em números.

Conclusão

Perante a existência de dois paradigmas ou convenções para a escrita dos resultados de medição em língua portuguesa, um linguístico, produzido e disseminado pelo Instituto de Lexicologia e Lexicografia da Língua Portuguesa, da ACL, pelo Instituto de Linguística Teórica e Computacional, pelo Instituto Internacional de Língua Portuguesa, e por Centros de investigação em Linguística e Terminologia Universitários e um outro baseado em convenções internacionais de comunicação científica, produzido e disseminado por normas internacionais, um compromisso tem de ser encontrado. Os textos regulamentares legais, a formação dos cidadãos e futuros cidadãos através do ensino precisam de coerência e clareza dos meios para comunicações e partilhas de informação inequívocas.

Com a implementação do sistema métrico decimal, perderam-se muitos termos e expressões linguísticas em todos os países. No entanto, novos termos e uma nova lógica sistemática permitiram aumentar a eficácia e melhorar um progresso da sociedade, nomeadamente através do seu conhecimento quantitativo. Essa terminologia, com mais de duzentos anos, mas ainda nova na escala da idade da humanidade, tem também enriquecido as culturas nacionais e, tal como o próprio SI, está em constante evolução, na via do progresso e na melhoria contínua.

COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE LETRAS
NA SESSÃO DE 22 DE OUTUBRO DE 2020

COMUNICAÇÃO RECEBIDA A 20 DE JUNHO DE 2022

Referências

- [1] <https://www.bipm.org/fr/committees/cg/cgpm/26-2018>, consultado a 2022-06-11.
- [2] Newell D B, Cabiati F, Fischer J, Fujii K, Karshenboim S G, Margolis H S, de Mirandés E, Mohr P J, Nez F, Pachucki K, Quinn T J, Taylor B N, Wang M, Wood B M and Zhang Z, *Metrologia* 55, L13, 2018.
- [3] Diretiva (UE) 2019/1258 da Comissão de 23 de julho.
- [4] Decreto-Lei n.o 427/83 de 7 de dezembro.
- [5] Decreto-Lei n.o 128/2010 de 3 de dezembro.
- [6] Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro.
- [7] ISO 80000-1:2009 Quantities and units - Part 1: General.
- [8] Le système international d'unités (SI), 9e édition, Bureau international des poids et mesures, 2019, <https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>, consultado a 2022-06-11.
- [9] Thompson, A., Taylor, B., N., *Guide for the Use of the International System of Units (SI)*, Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ. 811, 2008 Ed., (March 2008; 2nd printing November 2008).
- [10] Cruz, A, *Pesos e medidas em Portugal.*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 2007.
- [11] Guedj, D., *Le mètre du monde*, Le Seuil, Paris, 2000.
- [12] Laszlo, P., *A palavra das coisas ou a linguagem da química*, trad. Gonçalves, R. e Simões, A., Gradiva, Lisboa, 1995.
- [13] Bensaude-Vincent ,B., *Lavoisier*, Flammarion, Paris, 1993.
- [14] Carneiro, A., *Química* 102, 25, 2006.
- [15] Lavoisier, A., L., *Discurso Preliminar do Tratado Elementar de Química em Fontes da Costa P, Manifesto para uma Nova Química*, Palavrão, Caldas da Rainha, 2011.
- [16] Novo Systema legal de medidas decretado em 12 de dezembro de 1852, Lisboa, Imprensa Nacional, 1858, extraído de Joaquim Henriques Fradesso da Silveira *Compendio do Novo Systema Métrico Decimal*, Lisboa, Imprensa Nacional, Inspetor-Geral dos Pesos e Medidas do Reino, 1856.
- [17] *Le système international d'unités (SI)*, 7e édition, Bureau international des poids et mesures, 1998, <https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>, consultado a 2022-06-11.
- [18] *Le système international d'unités (SI)*, 8e édition, Bureau international des poids et mesures, 2006, <https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>, consultado a 2022-06-11.
- [19] de Boer, J., *Metrologia*, 32, 405, 1994/95.
- [20] Maxwell, J. C., *Treatise on Electricity and Magnetism*, Oxford, Oxford University Press, 1873.
- [21] Helmholtz, H., *Zahlen und Messen, erkenntnistheoretisch betrachtet*, Leipzig, Wiss Abh. III, 356, 1887.
- [22] Mari L, *Metrologia* 54, 784, 2017
- [23] Lodge A, *Nature* 30, 283, 1888
- [24] Wallot, J., *Dimensionen, Einheiten, Masssysteme Handbuch der Physik II*, Kap 1, Berlin Springer, 1926.

-
- [25] <https://www.ipq.pt/metrologia/>, consultado a 2024-09-30.
- [26] <https://www.ipq.pt/metrologia/institutos-designados/>, consultado a 2024-09-30.
- [27] <https://www.bipm.org/en/publications>, consultado a 2022-06-11.
- [28] https://storagewebsiteipq.blob.core.windows.net/website/VIM-Vocabula%CC%81rio-Internacional-de-Metrologia_IPO_INMETRO_2012.pdf, consultado a 2024-09-30.
- [29] https://storagewebsiteipq.blob.core.windows.net/website/Traducao_luso_brasileira_2021_SI.pdf, consultado a 2024-09-30.
- [30] Decreto do Presidente da República n.o 43/91 de 23 de agosto.
- [31] *Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea*, Academia das Ciências de Lisboa, Verbo, 2001.
- [32] Pellegrino, O. & Gentil, S., *Gazeta de Física*, 42, fasc. 4/5, 33, 2020.