

Frequentes **não-conformidades** de textos científicos ao Sistema Internacional de Unidades (III): Intervalos e contagens

1 Contextualização

O Sistema Internacional de Unidades – SI (BIPM, 2019) foi atualizado no dia 20 de maio de 2019 – Dia Mundial da Metrologia, e teve sua tradução para a língua portuguesa em 2021 (INMETRO; IPQ, 2021) pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e o Instituto Português de Qualidade (IPQ). As recentes mudanças ocorridas no SI não alteraram as regras de apresentação dos nomes e símbolos das unidades de grandezas, que continuam as mesmas desde a 8ª edição do SI em 2006 (BIPM, 2006), e poucas alterações ocorreram desde o século passado. Apesar dessa longa e estável história das regras para uso dos nomes e símbolos das unidades de medida a maioria dos autores de textos técnico-científicos ainda não observam as orientações do SI com relação ao uso correto de nomes e símbolos de unidades de medida, cálculo e apresentação da incerteza de medição.

Para auxiliar a superar as não-conformidades ao SI em publicações técnico-científicas esta série de **Notas Técnicas (NT)** foi elaborada. Espera-se que ao aplicar as recomendações expostas nestas NT textos mais coerentes e consistentes, do ponto de vista das unidades de medida e da incerteza de medição, e conforme orienta o SI, sejam elaborados e publicados,

Nas primeiras duas NT (NT4 e NT5) desta série são apresentadas seis tipos de irregularidades frequentemente encontradas nos textos técnico-científicos. Nesta NT são mostrados os seguintes tipos de **não-conformidades**:

- (vii) uso de símbolos entre valores de grandezas para reportar um intervalo;
- (viii) uso de unidades de medida não aceitas pelo SI;
- (ix) contagem em unidades não aceitas no SI;
- (x) aplicação de logaritmo a grandezas com unidades;
- (xi) apresentação incorreta das unidades das grandezas nas memórias de cálculo.

Na próxima e última publicação desta série de NT serão abordadas as seguintes não-conformidades ao SI:

- (xii) apresentação errônea das unidades de medida nos eixos de gráficos;
- (xiii) apresentação errônea das unidades de medida nas legendas das colunas de tabelas.

2 Não-conformidades e recomendações para adequar os textos científicos ao SI

Nesta seção são apresentadas algumas frequentes **não-conformidades ao SI** e formas para adequação de futuros textos ao SI.

2.1 Uso de símbolos entre valores de grandezas para reportar um intervalo

Os valores das grandezas podem ser parcelas ou fatores de operações matemáticas, da mesma forma que as unidades, pois ambos são entidades matemáticas. Portanto, ao expressar intervalos de valores de grandezas, não se deve utilizar o hífen ou sinal de subtração, mas a simbologia matemática adequada. Por exemplo, é **incoerente** reportar o intervalo de temperatura de um experimento que varia de 20,0 °C a 30,0 °C das seguintes formas: **(20,0 – 30,0) °C**, ou **20,0 °C – 30,0 °C**, ou **20,0/30,0 °C**, ou **20,0 @ 30,0 °C**, ou **20,0 °C @ 30,0 °C**. A maneira **conforme o SI** de informar um intervalo é:

- a) se o intervalo é fechado em ambos os limites: **[20,0; 30,0] °C**;
- b) ou **20,0 °C a 30,0 °C**, neste caso o intervalo também é considerado fechado em ambas as extremidades.

Muitos certificados de calibração apresentam a faixa de variação das condições ambientais com o uso do símbolo \pm , mas isso é uma **não-conformidade**, pois segundo o GUM (BIPM et al., 2012a), o símbolo \pm deve ser utilizado para representar um **intervalo de abrangência**. Por exemplo, se a variação da temperatura ambiente do laboratório durante a execução da calibração foi de **19,5 °C a 20,5 °C**, muitos certificados informam **inadequadamente (20,0 \pm 0,5) °C** (BIPM et al., 2012b), quando **o apropriado, neste caso, é [19,5; 20,5] °C**.

2.2 Uso de unidades de medida não aceitas pelo SI

As unidades de base do SI e suas unidades derivadas são as mesmas desde o século passado. Porém as unidades **não-SI** que são aceitas sofrem mudanças significativas. No **Quadro 2.1** são apresentadas as unidades **não-SI** aceitas na atual edição e na anterior. Neste quadro **as unidades em vermelho não são mais aceitas pelo SI**, e devem ser substituídas pelas

previstas, por exemplo, para a grandeza pressão a única unidade aceita pelo **SI** é pascal (Pa).

Quadro 2.1 - Exemplos de unidades de grandezas **não-SI** que são aceitas na 9ª, 8ª e 7ª edição do **SI**

Grandeza	Nome da unidade	Símbolos das unidades não-SI aceitas		
		9ª ed. 2019	8ª ed. 2006	7ª ed. 1998
ângulo plano e de fase	grau	°	°	°
	minuto	"	"	"
	segundo	'	'	'
área	are	⌘	⌘	a
	hectare	ha	ha	ha
	barn	⌘	b	b
comprimento	ångström	⌘	Å	Å
	milha marítima	⌘	M	sem símbolo
	parsec	⌘	pc	pc
	unidade astronômica	au	ua	ua
energia	caloria	⌘	cal	cal
	elétron-volt	eV	eV	eV
grandezas de razão logarítmica	bel	B	B	B
	decibel	dB	dB	dB
	neper	Np	Np	Np
massa	dalton	Da	Da	⌘
	quilate	⌘	sem símbolo	sem símbolo
	tonelada	t	t	t
	unidade de massa atômica unificada	⌘	⌘	u
pressão	atmosfera	⌘	⌘	atm
	bar	⌘	bar	bar
	milímetro de mercúrio	⌘	mmHg	mmHg
tempo	minuto	min	min	min
	hora	h	h	h
	dia	d	d	d
velocidade	nó	⌘	kn	sem símbolo
volume	litro	l ou L	l ou L	l ou L
Quantidade de unidades não-SI ainda aceitas		15	24	26

Legenda: ⌘: unidade não aceita pelo **SI**, portanto não existe símbolo **SI** para essa unidade;
 sem símbolo: unidade definida pelo **SI**, mas sem símbolo correspondente estabelecido no **SI**.

Fonte: Autoria própria, a partir da tradução da 9ª edição do **SI** (BIPM, 2021), da 8ª edição do **SI** (BIPM, 2006) e da 7ª edição do **SI** (BIPM, 1998).

Algumas unidades que não são aceitas pelo **SI** ainda são frequentemente utilizadas, como, por exemplo, ano (a), year (y), caloria (cal), ou *british thermal unit* (BTU). Estas e outras unidades que não pertencem ao **SI** e devem ser convertidas em unidades **SI**.

As unidades que não constam da 9ª edição do **SI** ou que não são derivadas das 7 unidades de base do **SI** devem ser evitadas. Em situação nas quais a cultura dos interlocutores exigir uma unidade **não-SI** é recomendada o uso das duas unidades, pois unidades

não previstas no **SI** podem ter mais de um fator de conversão; por exemplo, o comércio de petróleo é realizado em barris de petróleo, então informe a quantidade de petróleo em m³ e em barris, onde 158 980 m³ equivale a 1 milhão de barris de petróleo, neste caso utilizou-se o fator de conversão adotado pela Petrobras (Petrobras, 2021).

2.3 Contagem em unidades não aceitas no SI

Devido ao hábito de apresentar contagem com unidades não previstas no **SI**, causa estranheza mostrar os resultados de contagens conforme o **SI**, por isso, para tornar mais palatável e crível o que será discutido nessa seção, são apresentadas citações diretas de trechos do **SI** e da publicação **METROLOGIA** do **Centre for Metrology and Accreditation (MIKES)**:

“Existem também algumas grandezas que não podem ser descritas em função das sete grandezas de base do **SI**, mas cujo valor é determinado através de uma contagem. Trata-se, por exemplo, de um número de moléculas, de um número de entidades celulares ou biomoleculares (tais como cópias de uma sequência de ácido nucleico particular) ou a degenerescência na mecânica quântica. **Essas grandezas de contagem são também grandezas com a unidade associada ‘um’.**” (grifo nosso)
 9ª edição, p.12 **SI**, BIPM (2021)

Ou seja, **contagem tem unidade ‘um’, e que não deve ser apresentada, segundo o SI**. Por exemplo, a quantidade de moléculas presentes em **0,1 mols** (em Portugal, **0,1 moles**) é **6,022 140 76 × 10²²**.

“O conteúdo microbiano de uma amostra pode ser da ordem de milhões ou centenas de milhões por grama. Os resultados de medição (contagem) são usualmente apresentados em notação científica na seguinte forma **y = m × 10^k**, onde **m** é a mantissa, um valor decimal e **k** um número inteiro. O resultado **y = 1 300 000 g⁻¹** com uma incerteza padrão de 25 % seria dado por: **1,30 × 10⁶ g⁻¹** com uma incerteza padrão de **0,33 × 10⁶ g⁻¹**.” (tradução e grifo nosso)
 Niemelä (2003)

No exemplo acima, a quantidade específica de microrganismos tem unidade **g⁻¹**, contudo é comum, e à margem do **SI**, representar como **células/g**.

Na área de microbiologia é frequente o uso da unidade **UFC** - unidade formadora de colônias, em inglês **CFU**, *colony forming unit* – em composição com unidades **SI** para apresentar a grandeza densidade de colônias de microrganismos em **UFC/cm³** ou **UFC/g**. Além dessas unidades estarem **em desacordo com o SI**, há uma confusão entre o nome da grandeza (**UFC** ou **CFU**) e a unidade da grandeza. Nesses exemplos, para adequar as grandezas das unidades ao **SI** basta omitir as siglas

(UFC ou CFU); as unidades das densidades de colônias seriam então cm^{-3} ou g^{-1} respectivamente.

2.4 Aplicar logaritmo a grandezas com unidades

Logaritmos podem ser aplicados a valores numéricos ou expressões contendo símbolos e constantes adimensionais (sem unidades). **Porém, não faz sentido aplicá-los a valores numéricos acompanhados de unidades.** Por exemplo, se é conveniente aplicar logaritmo na base 10 a uma massa de 1×10^6 g, antes deve-se adimensionalizar (dividir o símbolo da grandeza e o valor da grandeza por suas unidades), da seguinte forma:

$$m = 1 \times 10^6 \text{ g} \rightarrow m/\text{g} = 1 \times 10^6;$$

$$\log_{10}(m/\text{g}) = \log_{10}(1 \times 10^6) = 6.$$

Se aplicar a função logarítmica na massa m obtém-se:

$$\log_{10}(m) = \log_{10}(1 \times 10^6 \text{ g}) = 6 + \log_{10}(\text{g}).$$

Essa última expressão não tem sentido.

2.5 Apresentação incorreta de unidades das grandezas nas memórias de cálculo

Ao realizar operações matemáticas com grandezas as unidades devem ser preservadas nas parcelas ou fatores e nas etapas da memória de cálculo. Por exemplo, a memória de cálculo da conversão de $t = 32,45 \text{ }^\circ\text{C}$ para temperatura termodinâmica deve ser apresentada da seguinte forma:

$$T/\text{K} = t/^\circ\text{C} + 273,15;$$

$$T/\text{K} = (32,45 \text{ }^\circ\text{C})/^\circ\text{C} + 273,15;$$

$$T/\text{K} = 32,45 + 273,15 = 305,60;$$

$$T = 305,60 \text{ K}.$$

Outro exemplo: memória de cálculo da pressão exercida por dez mols ($n = 10,0 \text{ mol}$) de um gás com fator de compressibilidade de 0,998 ($z = 0,998$), à temperatura de 300,00 K ($T = 300,00 \text{ K}$), que ocupa um volume de $1,5 \times 10^3 \text{ L}$ ($V = 1,5 \times 10^3 \text{ L}$):

$$P = \frac{z n R T}{V} = \frac{0,998 (100,0 \text{ mol}) (8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}) (300 \text{ K})}{(1,50 \times 10^3 \text{ L})};$$

$$P = 16,594 744 \frac{\text{J}}{\text{L}} = 16,594 744 \frac{\text{J}}{\text{L}} \left(\frac{1 \times 10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right);$$

$$P = 16,594 744 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{m}^3};$$

$$P = 16,594 744 \times 10^3 \text{ J m}^{-3} \left(\frac{1 \text{ Pa}}{1 \text{ J m}^{-3}} \right);$$

$$P = 16,594 744 \times 10^3 \text{ Pa}.$$

Para preservar a quantidade apropriada de algarismos significativos (AS) o resultado, neste caso, deve ser apresentado com apenas 2 (dois) AS, pois o mínimo de AS dos fatores é 2 (dois), portanto a resposta mais adequada é:

$$P = 17 \times 10^3 \text{ Pa} = 1,7 \times 10^4 \text{ Pa} = 17 \text{ kPa}.$$

A forma completa, correta e conforme o SI de apresentar um resultado quantitativo é informar a grandeza com valor numérico, unidade, incerteza e metadados. Esse aspecto foi apresentado na **NT 5/2021 – “Frequentes não-conformidades de textos científicos ao Sistema Internacional de Unidades (II): Unidades e incertezas de medição”**.

3 Conclusão

A quantidade de unidades fora do SI que são aceitas diminuem a cada versão: da penúltima edição (8ª) para a atual (9ª) a redução foi de 37,5 % - portanto urge a leitura atenta do novo SI. Os autores que utilizam contagens nos seus trabalhos também devem adequar seus textos ao SI e evitar erros grosseiros ao aplicar unidades não-SI às contagens.

4 Referências

BIPM. **Le Système international d'unités (SI) / The International System of Units (SI)**. 7. ed. 1998. [\[Link\]](#).

BIPM. **Le Système international d'unités (SI) / The International System of Units (SI)**. 8. ed. BIPM, 2006. [\[Link\]](#).

BIPM. **O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - Tradução luso-brasileira de 2021 do SI da 9ª edição**, 2021. [\[Link\]](#).

BIPM; IEC; IFC; ILAC; ISO; IUPAC; IUPAP; OIML. **GUM: Avaliação de dados de medição - Guia para a expressão de incerteza de medição**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ, BR: Inmetro, 2012a. [\[Link\]](#).

BIPM; IEC; IFC; ILAC; ISO; IUPAC; IUPAP; OIML. **Vocabulário Internacional de Metrologia - VIM Conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. 1. ed. Rio de Janeiro-RJ/ BR e Caparica/PT: Inmetro, 2012b. [\[Link\]](#).

BIPM; IEC; IFC; ILAC; ISO; IUPAC; IUPAP; OIML. **O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - Tradução luso-brasileira de 2021 do SI da 9ª edição**. 2021. [\[Link\]](#).

NIEMELÄ, Seppo I. **Uncertainty of quantitative determinations derived by cultivation of microorganisms**. 1. ed. Helsinki: Centre for Metrology and Accreditation, 2003. [\[Link\]](#).

Petrobras: **sítio da Petrobras**. [\[Link\]](#).

Nota Técnica ForMEQ 6/2021

Editor: Ricardo de Araújo Kalid

*Grupo de trabalho: Fernando Cordeiro Raposo,
Felipe Rebello Lourenço,
Olivier Pellegrino e
Wellington Ferreira de Magalhães*