

Adoção Mundial da Redefinição do Quilograma em 2019

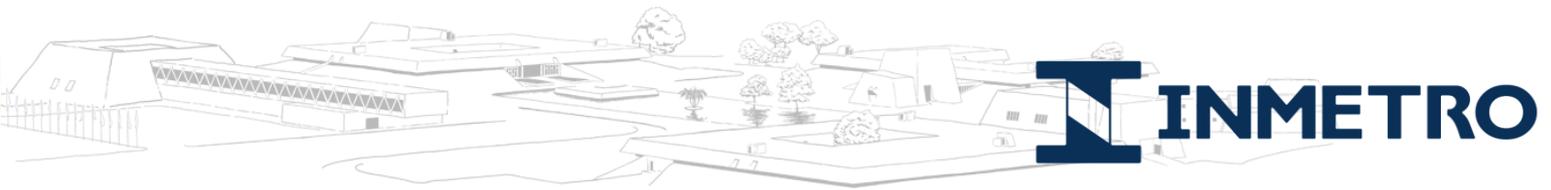
Fabio Cacais

Pesquisador



MINISTÉRIO DA
ECONOMIA





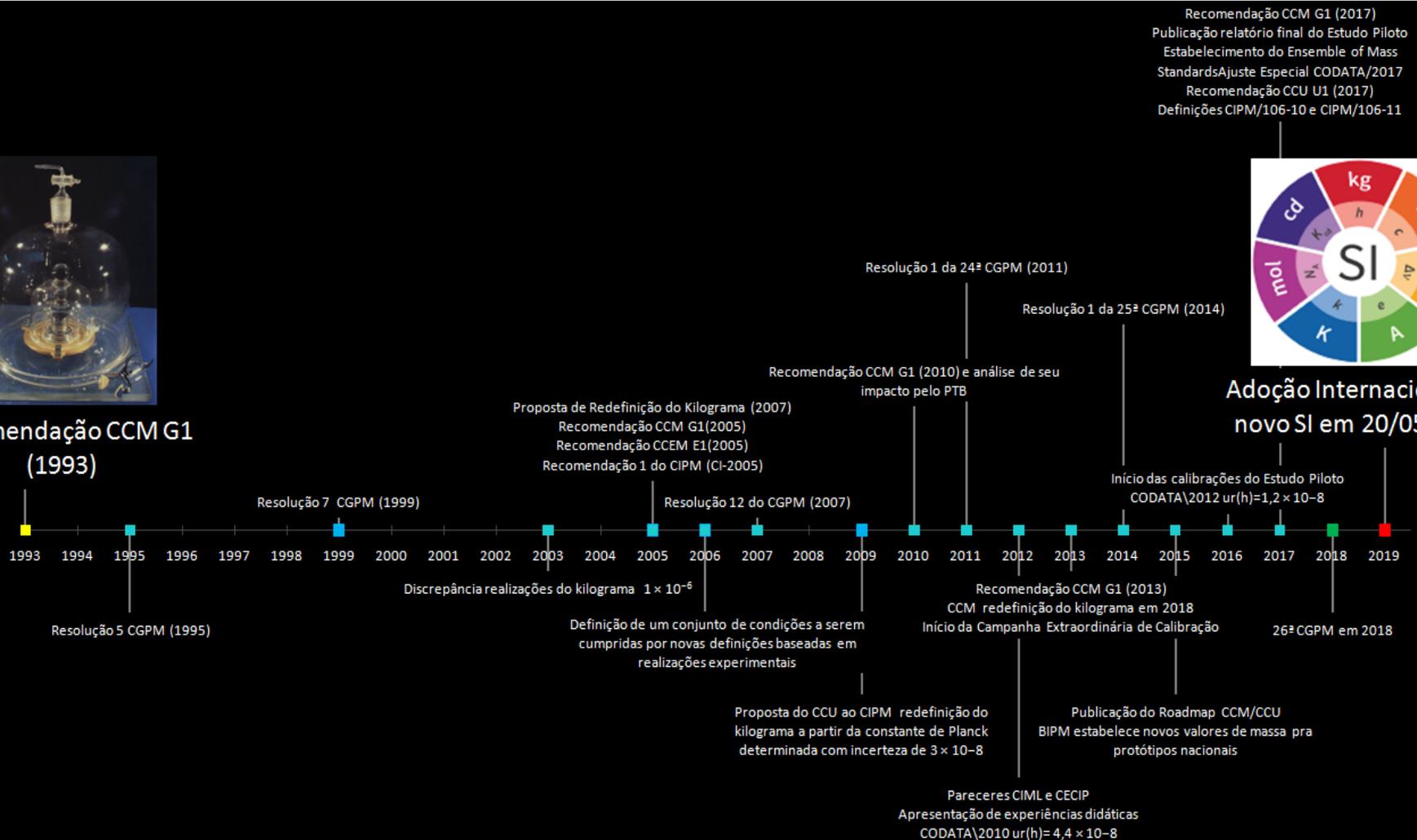
Linha do Tempo

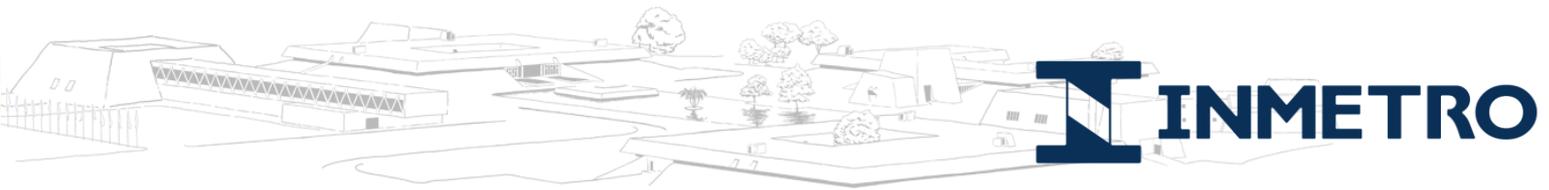


Recomendação CCM G1 (1993)

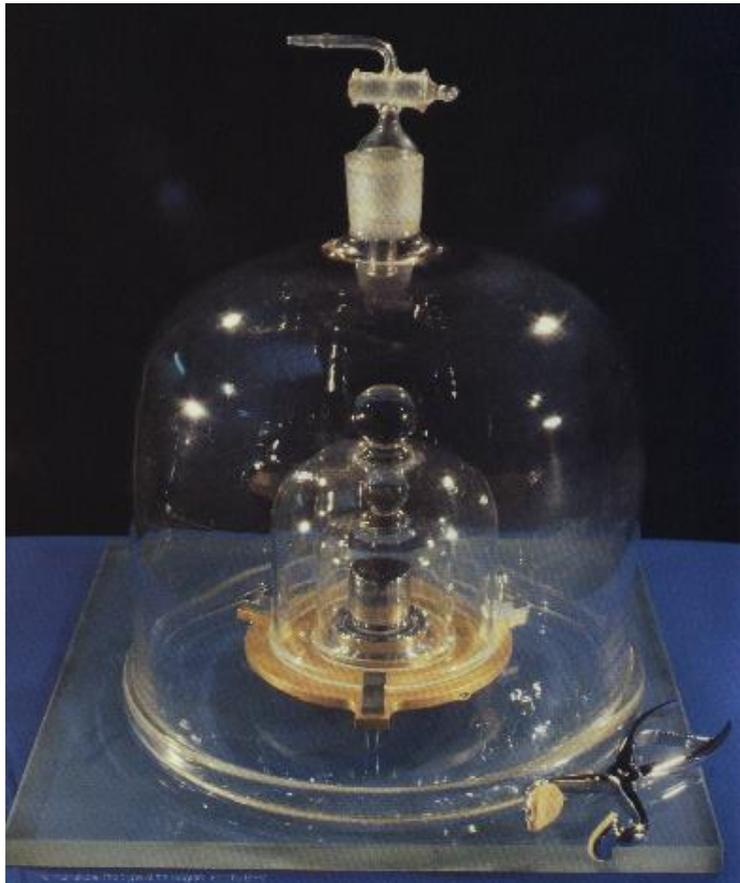


Adoção Internacional do novo SI em 20/05/2019



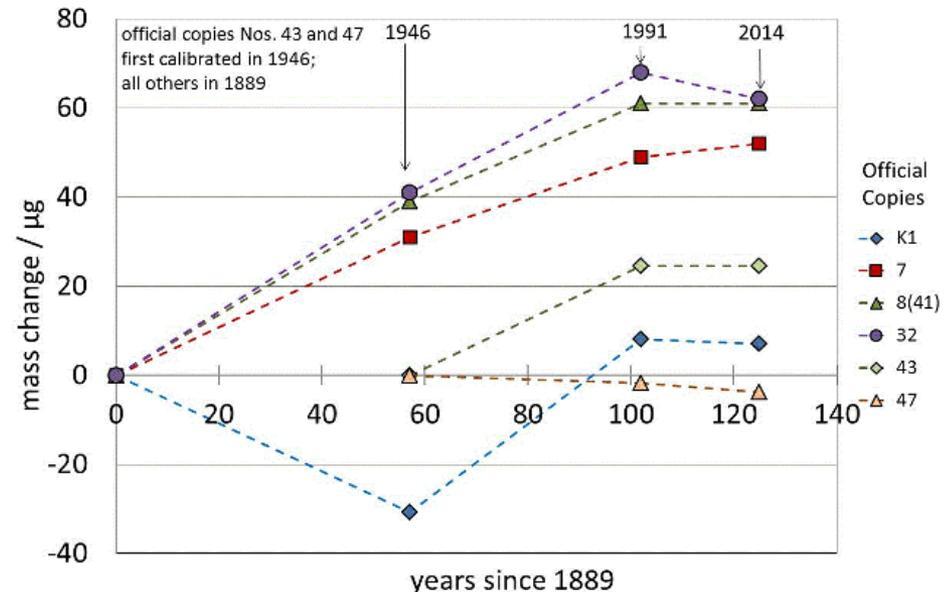


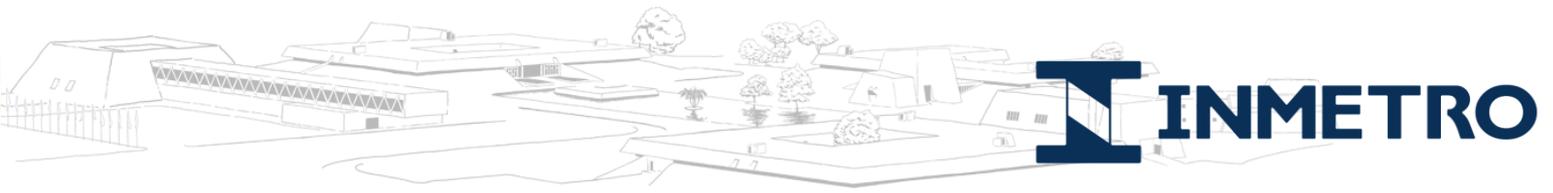
Definição (até ontem) do quilograma (SI)



\mathfrak{R} , o Protótipo Internacional do Quilograma é um cilindro feito de uma liga de platina (90%) e irídio (10%) e é mantido no *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM), na França.

$$u(m_{IPK}) = 0$$





Motivações

Entendimento da CGPM

Segundo
(1967)

Metro
(1983)

$$\Delta\nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$$

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

Balança Kibble

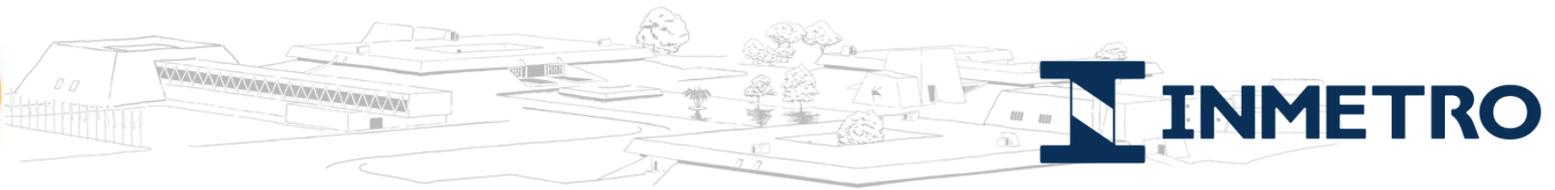
$$h = \left[\frac{4 \{R_1\}_{K-90} g v \{m\}}{\{U_1\}_{J-90} \{U_2\}_{J-90} K_{J-90}^2 R_{K-90}} \right] m_{IPK}$$

Padrões Elétricos Quânticos

$$u_r(h) \approx 1 \times 10^{-8}$$

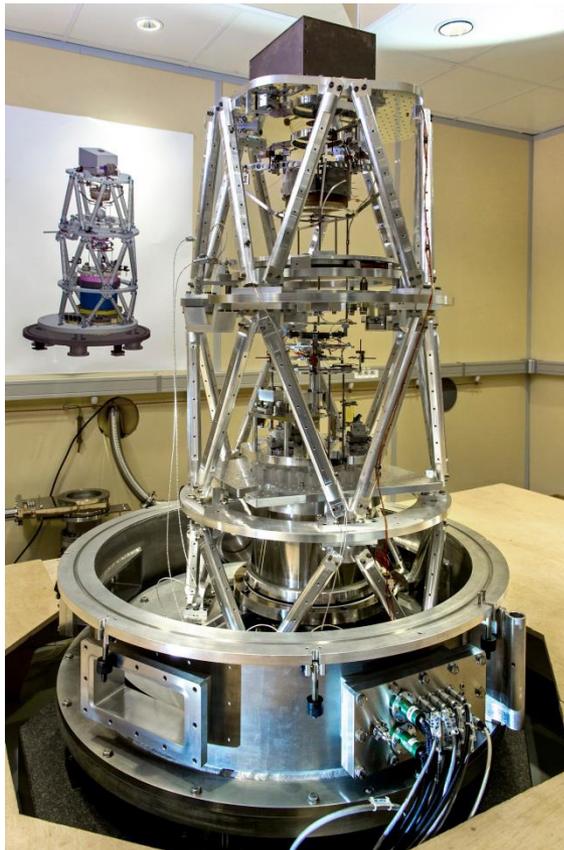
Necessidades Industriais





Experiências para redefinição do quilograma

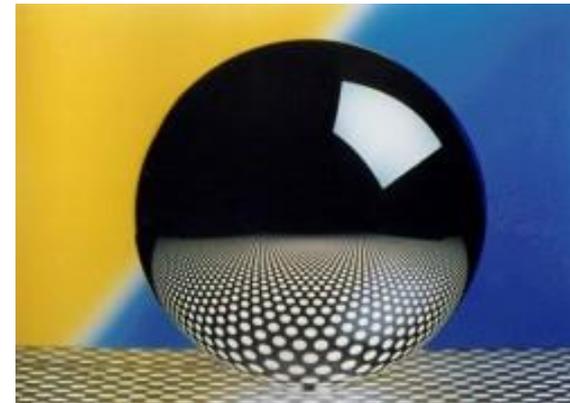
Balança Kibble



BIPM

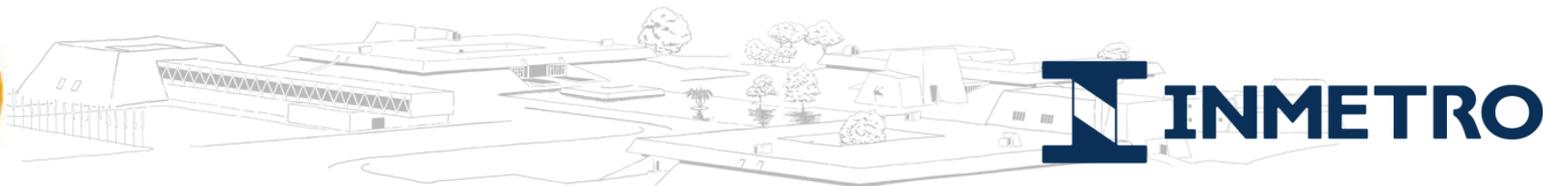
Esfera ^{28}Si

Coordenação Internacional Avogadro (IAC)



PTB

$$N_A = \left[\frac{8A_r(^{28}\text{Si})V_{\text{esf}}M_u 10^{-3}}{a^3 \{m_{\text{esf}}\}} \right] \frac{1}{m_{\text{IPK}}}$$



Valor da constante de Planck (h)

RECOMMENDATION G 1 (2017)
For a new definition of the kilogram in 2018

Page 1 of 5

AUTHOR SUBMITTED MANUSCRIPT - MET-101015.R1

The CODATA 2017 Values of h , e , k , and N_A for the Revision of the SI

D. B. Newell*, F. Cabiati, J. Fischer, K. Fujii, S. G. Karshenboim, H. S. Margolis, E. de Mirandés, P. J. Mohr, F. Nez, K. Pachucki, T. J. Quinn, B. N. Taylor, M. Wang, B. M. Wood, and Z. Zhang

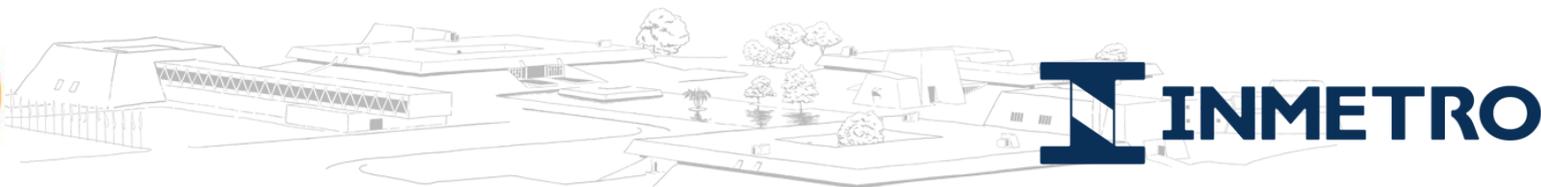
Committee on Data for Science and Technology (CODATA) Task Group on Fundamental Constants (TGFC)

(Dated: October 20, 2017)

		Rel. stand. uncert u_r
h	$6.626\,070\,150(69) \times 10^{-34} \text{ J s}$	1.0×10^{-8}
e	$1.602\,176\,6341(83) \times 10^{-19} \text{ C}$	5.2×10^{-9}
k	$1.380\,649\,03(51) \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$	3.7×10^{-7}
N_A	$6.022\,140\,758(62) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	1.0×10^{-8}

TABLE III The CODATA 2017 values of h , e , k , and N_A for the revision of the SI.

Quantity	Value
h	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J s}$
e	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$
k	$1.380\,649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
N_A	$6.022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$



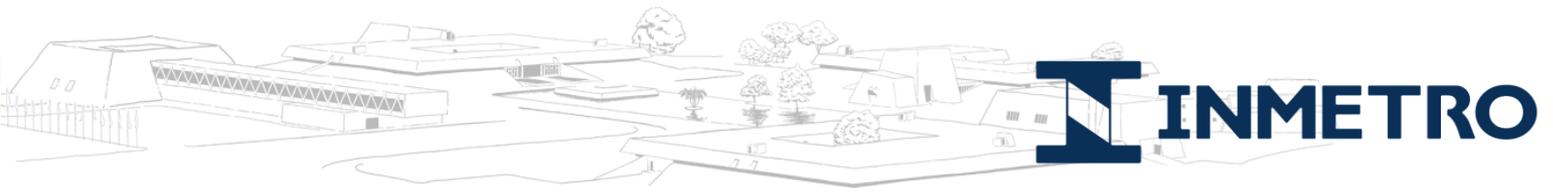
Nova definição do quilograma



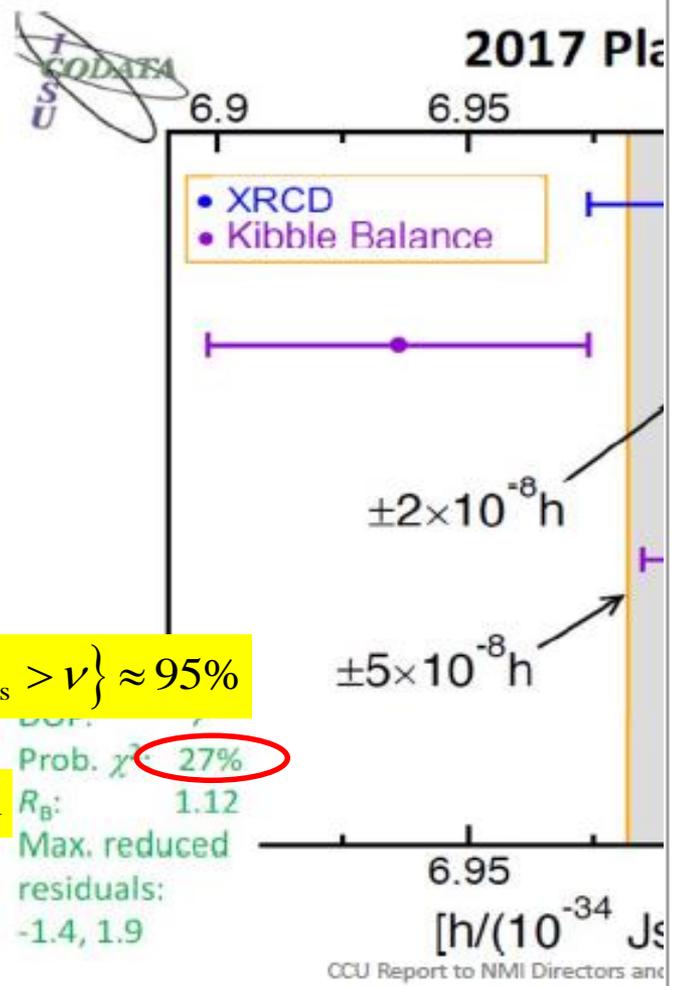
“O quilograma, símbolo kg, é a unidade de massa do SI. Ele é definido tomando-se o valor numérico fixo da constante de Planck h como sendo $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ quando expresso na unidade $J\ s$, que é igual a $kg\ m^2\ s^{-1}$, onde o metro e o segundo são definidos em termos de c e $\Delta\nu_{Cs}$.”

“...o Sistema Internacional de Unidades, o SI, é o sistema de unidades em que:

- a frequência de transição hiperfina do estado fundamental não perturbado do átomo de césio $133\ \Delta\nu_{Cs}$ é de $9\ 192\ 631\ 770\ Hz$,**
- a velocidade da luz no vácuo c é $299\ 792\ 458\ m / s$,**
- a constante de Planck h é $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}\ J\ s$, ..”**



Ajuste Especial Codata

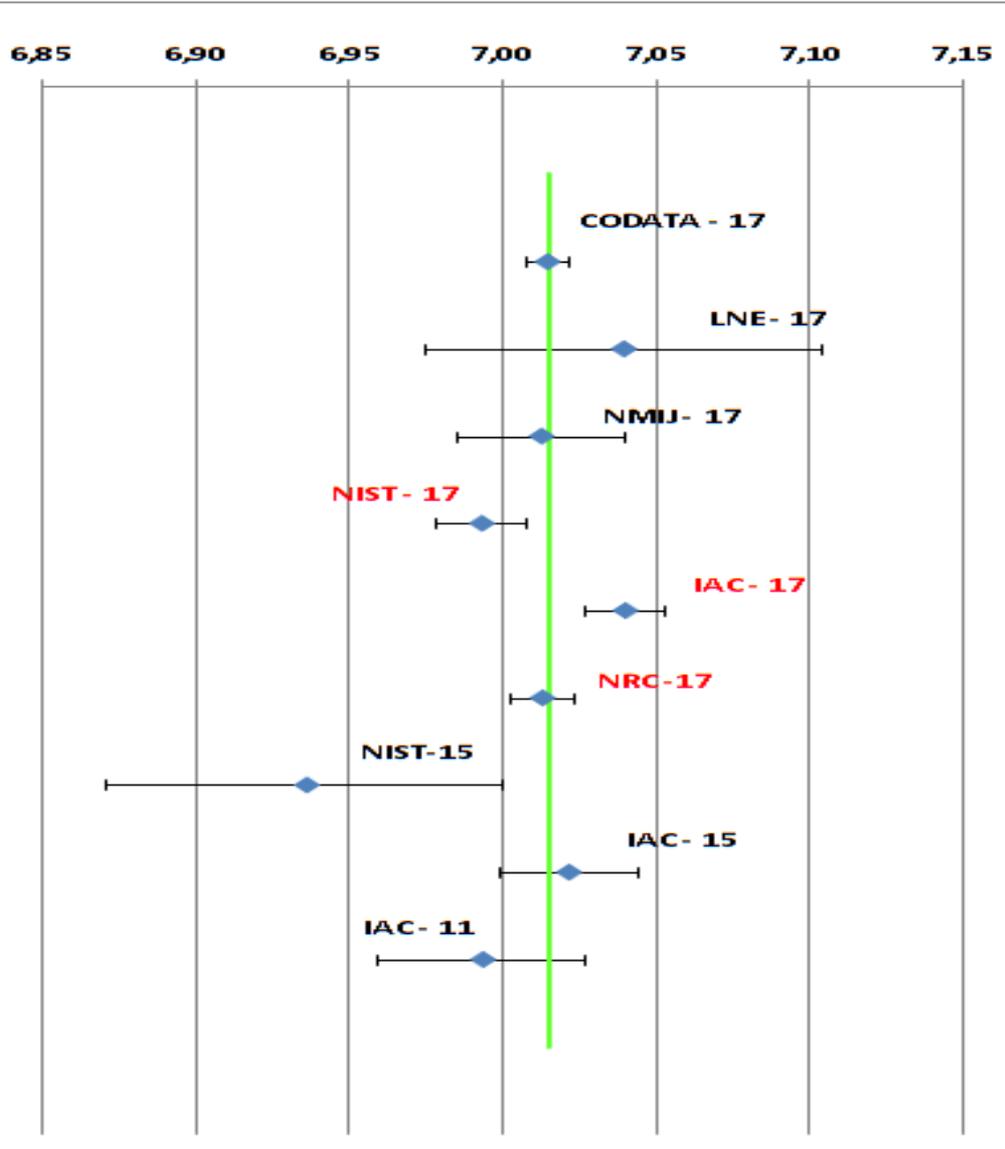


$\Pr\{\chi^2_{\text{obs}} > \nu\} \approx 95\%$

Prob. χ^2 27%

OK! $R_B \approx 1$

R_B : 1.12
Max. reduced residuals: -1.4, 1.9





Impactos da redefinição do quilograma

Fonte de rastreabilidade Internacional



$$m_{IPK} = 1 \text{ kg}$$
$$u(m_{IPK}) = 0$$



16/11/2018

$$m_{IPK} = 1 \text{ kg}$$
$$u(m_{IPK}) = 10 \text{ } \mu\text{g}$$



20/05/2019

Aprovação do CCM do valor de consenso (VC) da 1ª comparação de medidas de Massa

$$VC = 1 \text{ kg}$$
$$u(VC) \leq 10 \text{ } \mu\text{g}$$

21/05/2020

Decisão do CCM de que não há discrepâncias entre os resultados

$$m_{INM}$$
$$u(m_{INM})$$

20XX



Impactos da redefinição do quilograma

Indústrias e Laboratórios

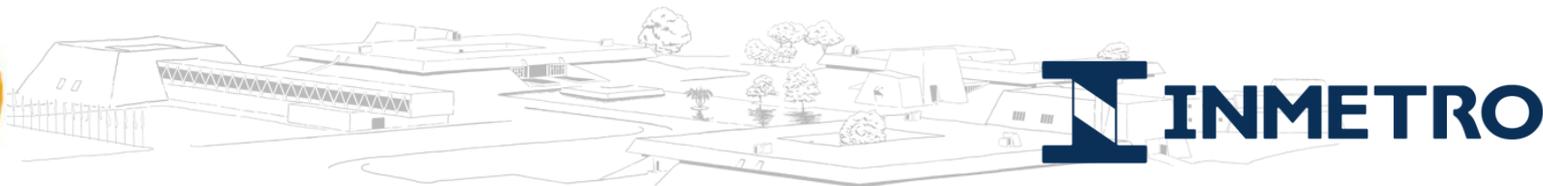


<http://nigertechno.com/lab-weighing-manufacturers-in-chandigarh/>



https://www.jayinst.com/product-page.php?cat_id=2&id=19

Não há impacto



Impactos da redefinição do quilograma

Laboratórios Acreditados, Industrias de Pesagem, Organismos de Metrologia Legal

INTERNATIONAL

RECOMMENDATION

OIML R 111-1

Edition 2004 (E)



Não há impacto

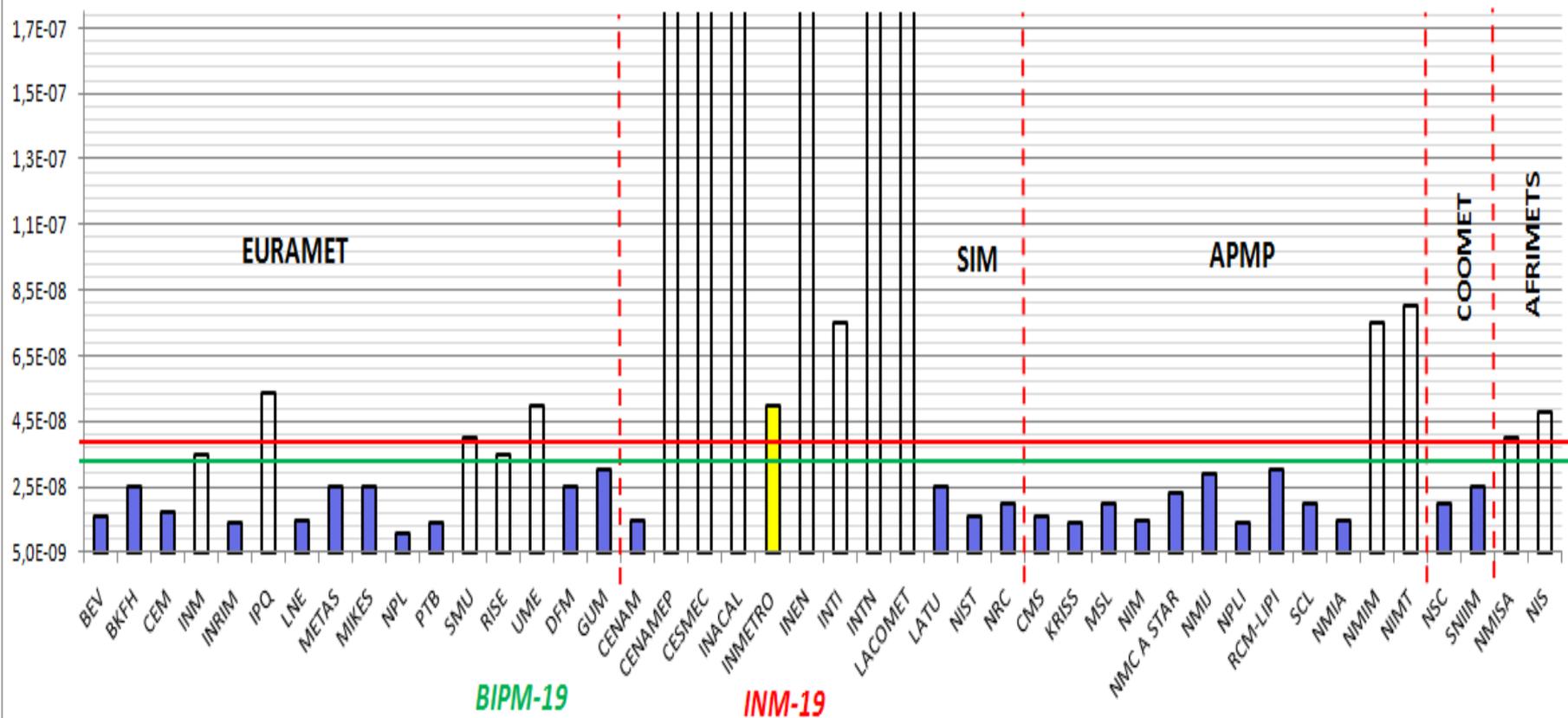
Weights of classes E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} and M_3

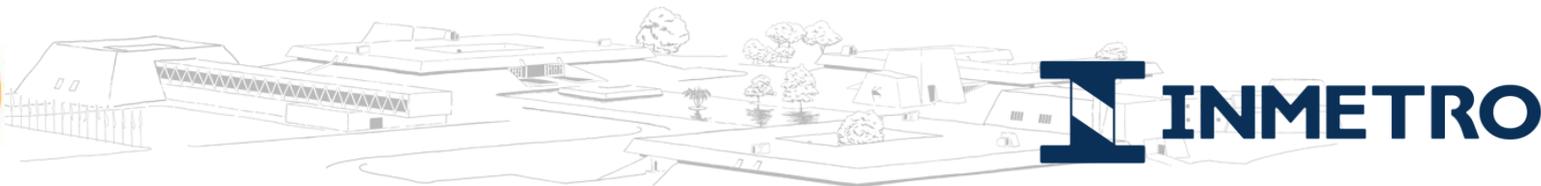


Impactos da redefinição do quilograma

Institutos Nacionais de Metrologia

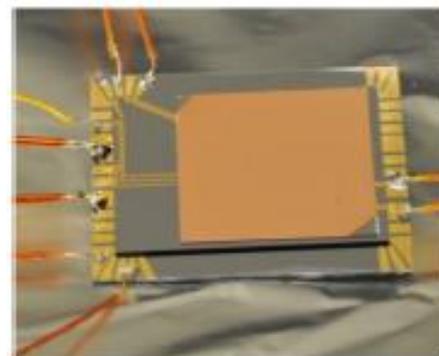
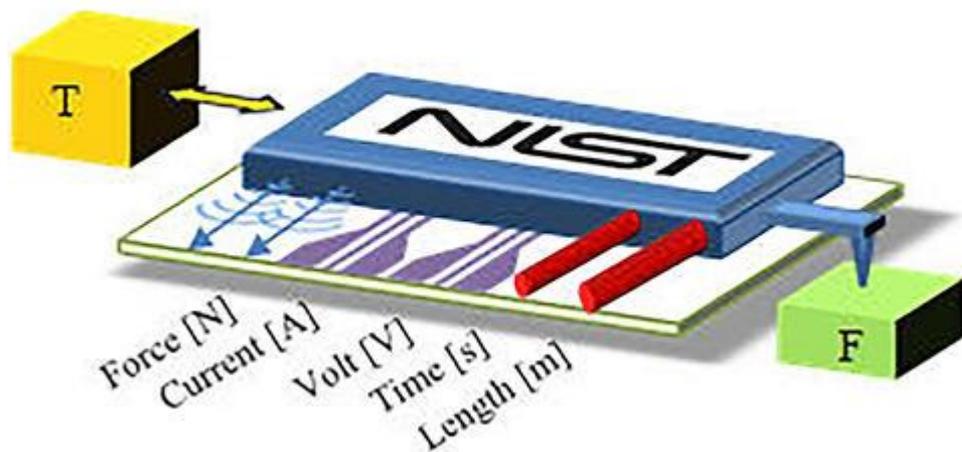
CMCs 1 kg em incerteza relativa





Impactos futuros da redefinição do quilograma

Projeto NIST on a Chip (NOAC)

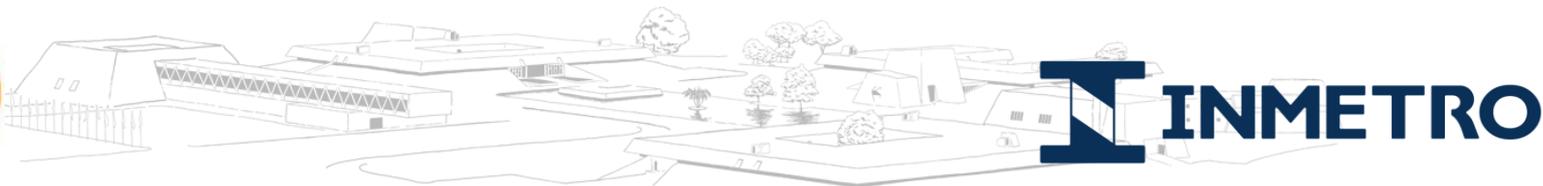


- Atender as necessidades de medição das áreas farmacêuticas, biomédicas e nanotecnológicas;
- Baixo custo, adaptável para aplicações industriais e domésticas ;
- Realização das unidades a partir de fenômenos quânticos, **sem necessidade de calibração (alta exatidão e estabilidade).**



Referências

- [1] Cacaís F L , Loayza V M *Redefinição do Kilograma I: Motivações e Justificativas*, Metrologia 2017, disponível em http://media.metrologia2017.org.br/media/uploads/s/facacais@gmail.com_1506033700_673254.pdf, acessado em 13/05/2019.
- [2] Cacaís F L , Loayza V M *Redefinição do Kilograma II: Decisões*, Metrologia 2017, disponível em http://media.metrologia2017.org.br/media/uploads/s/facacais@gmail.com_1506033803_728675.pdf, acessado em 13/05/2019.
- [3] Cacaís F L , Loayza V M *Redefinição do Kilograma III: Preparação e Consequências*, Metrologia 2017, disponível em http://media.metrologia2017.org.br/media/uploads/s/facacais@gmail.com_1506033883_385830.pdf, acessado em 13/05/2019.



Muito Obrigado!



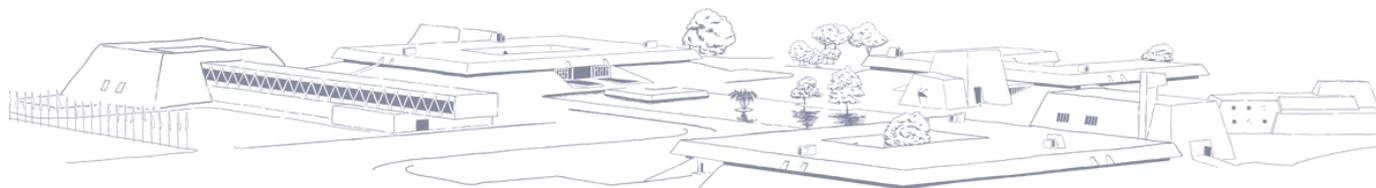
facacais@inmetro.gov.br

vmloayza@inmetro.gov.br

 **Ouvidoria:** 0800 285 1818

 inmetro.gov.br /  facebook.com/Inmetro

 youtube.com/tvinmetro /  twitter.com/Inmetro



MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

