

## APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DOS PADRÕES DO LABORATÓRIO DE PRESSÃO DO INMETRO E SUAS MELHORES CAPACIDADES DE MEDIÇÃO

Paulo R. G. Couto - [prcouto@inmetro.gov.br](mailto:prcouto@inmetro.gov.br)  
Tulio P. Franklin - [tpfranklin@inmetro.gov.br](mailto:tpfranklin@inmetro.gov.br)  
Jackson da S. Oliveira – [jsoliveira@inmetro.gov.br](mailto:jsoliveira@inmetro.gov.br)  
Leonardo R. Cinelli – [lrcinelli@inmetro.gov.br](mailto:lrcinelli@inmetro.gov.br)

INMETRO, Laboratório de Pressão

Av. Nossa Senhora das Graças 50 – Xerém - Duque de Caxias – RJ – CEP 25250-020 - Brasil

***Resumo.** O Laboratório de Pressão (LAPRE) do INMETRO possui padrões de referência – padrões nacionais - que abrangem a faixa de vácuo e pressão desde  $2,7 \text{ E } -06 \text{ Pa}$  até  $250 \text{ MPa}$ . Um estudo ao longo dos anos vem sendo realizado sobre o comportamento destes padrões. Este acompanhamento se faz necessário porque possibilita: a estimativa da componente de incerteza dos padrões em relação ao seu tempo de utilização para as suas respectivas melhores capacidades de medição; como também auxilia ao estabelecimento do prazo de validade dos seus certificados.*

*O objetivo do presente trabalho é apresentar o estudo do acompanhamento de todas as características metrológicas dos padrões do Laboratório de Pressão do INMETRO e as suas melhores capacidades de medição.*

***Palavras-chave:** Pressão, Padrão nacional, Incerteza de medição, Capacidade de medição*

### 1. INTRODUÇÃO

O LAPRE realiza calibrações em medidores de alto - vácuo através de um sistema MKS VGCS-200 na faixa  $2,7 \text{ E } -6 \text{ Pa}$  a  $133 \text{ kPa}$ . Nesta faixa de escala são utilizados os seguintes padrões: o Sistema “Spinning Rotor Gauge” (SRG-II) ( $1 \text{ E } -4 \text{ Pa}$  a  $2 \text{ Pa}$ ), o Sistema Medidor Iônico (Ion Gauge) ( $2,7 \text{ E } -6 \text{ Pa}$  a  $8,3 \text{ E } -3 \text{ Pa}$ ) e os Sistemas Medidores Capacitivos (CDG - baratrons) ( $1 \text{ E } -1 \text{ Pa}$  a  $133 \text{ kPa}$ ).

Em pressões que vão de  $1 \text{ kPa}$  a  $250 \text{ MPa}$  as calibrações são realizadas por balanças de pressão Ruska e Desgranges et Huot.

Todos padrões de vácuo foram adquiridos inicialmente com os certificados de calibração do National Institute of Standard & Technology (NIST-EUA) e recentemente os mesmos foram calibrados pelo Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB-Alemanha).

Os conjuntos pistão-cilindro dos sistemas de medição da Balança de Pressão Ruska foram inicialmente calibrados pelo NIST e recentemente pelo PTB. Os sistemas das Balanças de Pressão Desgranges et Huot foram adquiridos com os seus certificados emitidos pelo fabricante as suas duas calibrações subsequentes realizadas pelo PTB.

Todos estes padrões de vácuo e pressão vêm sendo estudados, ao longo dos anos, a partir de seus certificados de calibração objetivando avaliar a variação das suas características metrológicas em relação ao seu tempo de uso. Esta avaliação é importante porque também é utilizada como um parâmetro de auxílio para o estabelecimento do período de validade dos certificados de calibração dos padrões.

## 2. RESULTADOS/DISCUSSÃO

A avaliação realizada foi específica para cada grupo de instrumento.

O estudo efetuado nos certificados dos padrões de vácuo foi em relação à variação de incerteza declarada levando-se em consideração a faixa de calibração aconselhada pelos laboratórios de referência.

No caso dos padrões que operam acima da pressão atmosférica a metodologia para a verificação da estabilidade de cada sistema foi o estudo das variações da área do conjunto pistão-cilindro e do seu respectivo coeficiente de deformação numa seqüência de calibrações.

### 2.1. Sistemas de vácuo

A melhor capacidade de medição dos sistemas de vácuo do Laboratório de Pressão se encontram declarados na “Tabela 1”, como uma combinação das incertezas dos certificados.

Tabela 1. Incerteza máxima em vácuo

Sistema	NIST - 1996	PTB - 1999	Melhor capacidade
SRG II	0,3 %	0,3 %	0,4 %
Iônico	5,0 %	4,0 %	6,4 %
Baratron 1	0,8 %	0,5 %	0,9 %
Baratron 10	0,5 %	0,4 %	0,6 %
Baratron 1000	0,6 %	0,3 %	0,7 %

### 2.2. Sistemas de pressão

*Equipamento Ruska (1,4 kPa a 7 MPa).* Conforme dados apresentados na “Tabela 2” a variação do valor da área de cada conjunto pistão-cilindro ao longo dos anos segue a “Tabela 3”.

Tabela 2. Valores apresentados nos certificados (1990/1998)

Sistema	1990	1998
	Área (mm <sup>2</sup> )	Área (mm <sup>2</sup> )
<b>TL1040</b>	335,742±0,013	335,7405±0,0020
<b>C-431</b>	84,0719±0,0006	84,0702±0,0033
<b>V 1062</b>	8,38904±0,00032	8,38909±0,00032

Tabela 3. Variabilidade da área dos sistemas Ruska de medição

Sistema	Variabilidade da Área(90/98)	
	mm <sup>2</sup>	ppm
<b>TL 1040</b>	0,0015	4,5
<b>C 431</b>	0,0017	20
<b>V 1062</b>	0,00005	6

*Equipamento Desgranges et Huot (0,5 MPa a 250 MPa).* Conforme dados da “Tabela 4”, as variações máximas dos valores de área e respectivos coeficientes de deformação, podem ser observadas na “Tabela 5”.

Tabela 4. Valores apresentados nos certificados (1981/1993/1999)

sistema	1981		1993		1999	
	Área (mm <sup>2</sup> )	Coef. Deform (E-6/MPa)	Área (mm <sup>2</sup> )	Coef. Deform. (E-6/MPa)	Área (mm <sup>2</sup> )	Coef. Deform. (E-6/MPa)
<b>1330</b>	19,6105±0,0008	-	19,6099±0,0004	1,2±0,9	19,6100±0,0004	1,2±0,6
<b>1333</b>	19,6107±0,0008	-	19,6104±0,0004	1,2±0,6	19,6104±0,0004	1,4±0,5
<b>1334</b>	4,90230±0,00023	-	4,90219±0,00015	0,76±0,61	4,90212±0,00011	0,76±0,18
<b>1335</b>	-	-	1,96126±0,00006	1,1±0,6	1,96131±0,00005	1,1±0,3

Tabela 5. Variabilidade mínima da área dos sistemas Desgranges et Huot

Sistema	Área		Coeficiente de Deformação (E-07/MPa)
	mm <sup>2</sup>	ppm	
1330	0,0001	5	-
1333	-	-	2
1334	0,0007	36	-
1335	0,00005	25	-

Observa-se na “Tabela 5” que a variação mínima para o sistema 1330 foi encontrada entre as duas últimas calibrações. O mesmo ocorre para os sistemas 1333 e 1334. Para o conjunto 1335 foi utilizada a variação da área ocorrida entre as calibrações de 1993 e 1999, visto que este sistema não foi calibrado anteriormente.

Quanto aos coeficientes de deformação os seus valores se mantiveram inalterados para os sistemas 1330, 1334 e 1335. Porém, para o conjunto pistão-cilindro 1333 houve uma variação de 2E-07/MPa acarretando uma diferença de área no seu limite máximo de pressão (20 MPa) de 0,000078 mm<sup>2</sup> (4 ppm).

As variações de massa de cada pistão das balanças de pressão Desgranges et Huot estão descritas na “Tabela 6”.

Tabela 6. Variação das massas dos pistões Desgranges et Huot

Sistema	Variação(1993/1999)	
	g	ppm
1330	0,005	25
1333	0,004	20
1334	0,062	310
1335	0,031	155

### 2.3. Melhor capacidade dos sistemas Ruska e Desgranges et Huot

O cálculo das melhores capacidades de medição para todos os sistemas foi efetuado de acordo com o ISO GUM 95 para um nível de confiança de 95% e coeficiente de abrangência k=2.

Tabela 7. Melhor capacidade para os sistemas Ruska

Sistema	TL 1040		C 431		V 1062	
	kg	Pa	kg	Pa	kg	Pa
Coleção de Massas	1,5E-05	0,45	1,5E-05	1,7	1,5E-05	17,5
Massa Espec. Ar	4,9E-05	1,4	4,9E-05	5,7	4,9E-05	57
Massa Espec. Mat	1,6E-05	0,45	1,6E-05	1,7	1,6E-05	18
<b>Acel. Grav/Pressão</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>
Acel. Grav. Local	4E-07	-	4E-07	-	4E-07	0,33
<b>Área/Pressão</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>
Estabilidade	8,7E-07	0,55	9,8E-10	9,2	3,7E-11	35
$\alpha_c, \alpha_p$	1,9E-10	0,10	2,5E-11	0,25	1,4E-12	1,4
Temperatura	1,4E-09	0,84	3,9E-11	0,36	2,2E-11	21
Certificados	1,3E-08	7,8	3,4E-09	32	3,2E-10	300
<b>Melhor Capacid.</b>						
<b>Pa</b>	-	<b>16</b>	-	<b>68</b>	-	<b>620</b>
<b>(ppm)</b>	-	<b>(92)</b>	-	<b>(96)</b>	-	<b>(88)</b>

Tabela 8. Melhor capacidade para os sistemas Desgranges et Huot

Sistema	1330		1333		1334		1335	
	kg	Pa	kg	Pa	kg	Pa	kg	Pa
Coleção de Massas	1,9E-04	99	1,9E-04	99	1,9E-04	380	1,9E-04	960
Massa Espec. Ar	2,9E-04	150	2,9E-04	150	2,9E-04	580	2,9E-04	1500
Massa Espec. Mat	9,3E-05	48	9,3E-05	48	9,3E-05	190	9,3E-05	470
Var. Massa do Pistão	2,9E-06	1,5	2,3E-06	1,2	3,4E-05	72	1,8E-05	90
<b>Acel. Grav/Pressão</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>
Acel. Grav. Local	4E-07	0,84	4E-07	0,84	4E-07	3,3	4E-07	10
<b>Área/Pressão</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Pa</b>
Estabilidade	5,7E-11	63	-	-	3,3E-11	660	2,9E-11	3700
$\alpha_c, \alpha_p$	2,3E-11	25	2,3E-11	24	5,7E-12	92	2,3E-12	290
Temperatura	6,2E-11	68	6,2E-11	68	1,6E-11	250	8,5E-12	1100
Certificados	4E-10	434	4E-10	430	3E-10	4800	3,9E-11	5000
Var. Valor Coef. Deform.	-	-	4,6E-11	49	-	-	-	-
$s_\lambda$	2,1E-10	230	2,1E-10	230	1,3E-10	2000	1,6E-10	21000
<b>Melhor Capacidade</b>								
<b>Pa</b>	-	<b>1062</b>	-	<b>1042</b>	-	<b>10600</b>	-	<b>44000</b>
<b>(ppm)</b>	-	<b>(54)</b>	-	<b>(52)</b>	-	<b>(132)</b>	-	<b>(176)</b>

Calculando-se a componente de incerteza devida a variação da área do conjunto 1330 utilizando o valor declarado do ano de 1981, resultará numa incerteza de 383 Pa a qual equivale aproximadamente 72% da incerteza total. Por serem os resultados das áreas das duas últimas calibrações compatíveis resultando numa componente de incerteza cujo valor é 63 Pa (12% da incerteza total) esta variação será utilizada no cálculo de melhor capacidade de medição para este sistema.

Uma análise análoga a executada para o pistão-cilindro 1333 foi realizada para o sistema 1334 tendo como resultados 1270 Pa (24 % da incerteza total) e 660 Pa (12% da incerteza total) sendo este último valor então considerado para o cálculo da melhor capacidade de medição para o sistema 1334.

Um estudo do comportamento da incerteza dos sistemas Desgranges et Huot 1330, 1333, 1334 e 1335 em função da pressão foi realizado o qual está nos "Gráficos 1, 2, 3 4" respectivamente.

Para os sistemas 1330 e 1333 comprova-se de acordo com o gráfico que a incerteza do coeficiente de deformação não tem uma considerável influência no cálculo da melhor capacidade de medição.

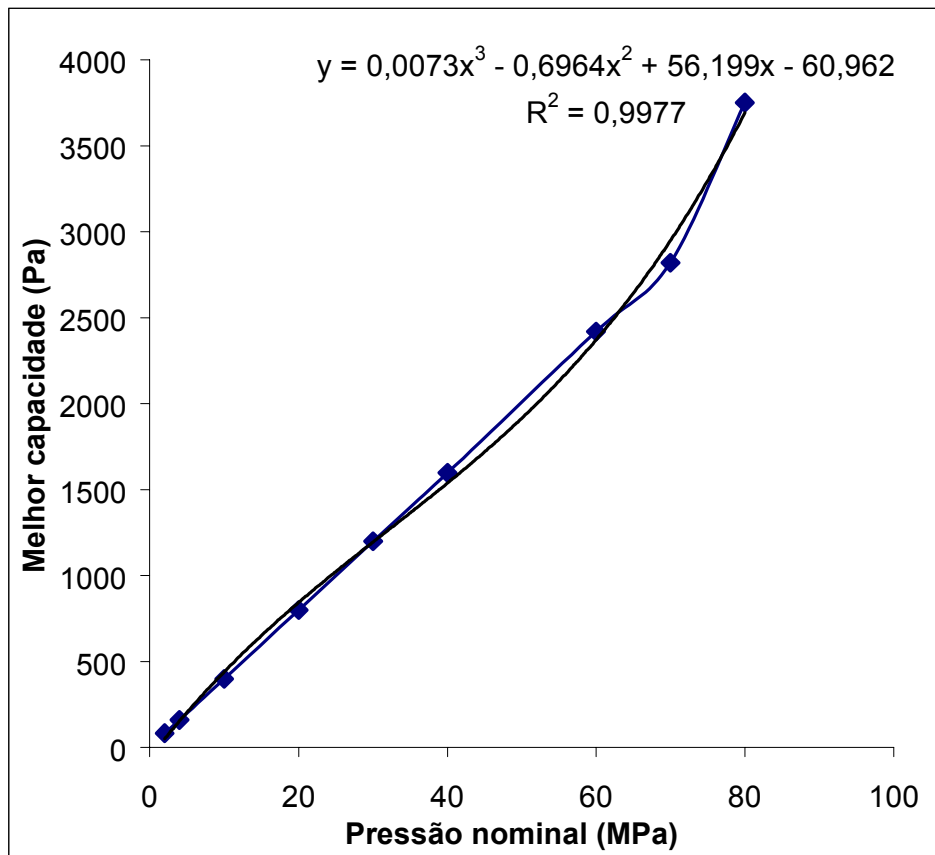


Gráfico 1. Melhor capacidade do sistema 1334

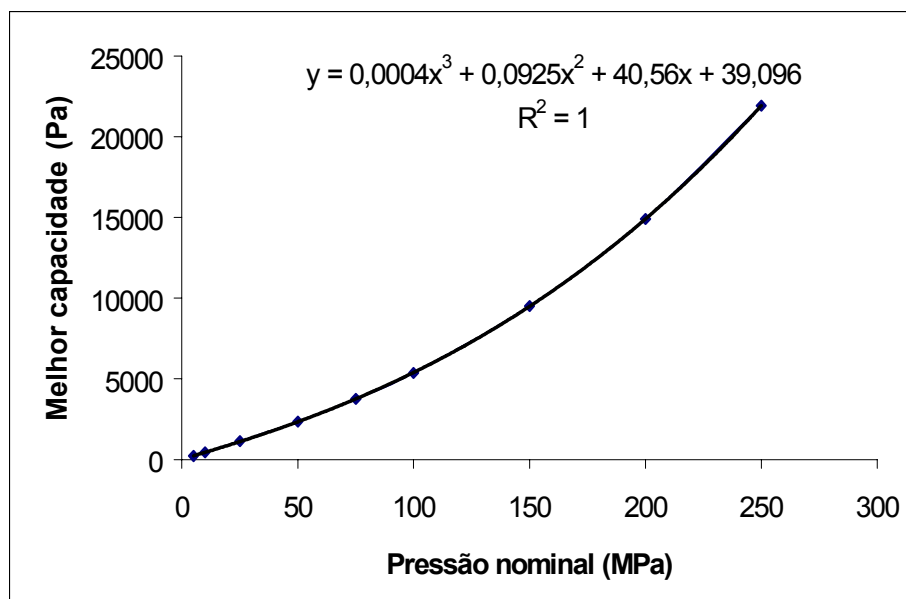


Gráfico 2.-Melhor capacidade do sistema 1335

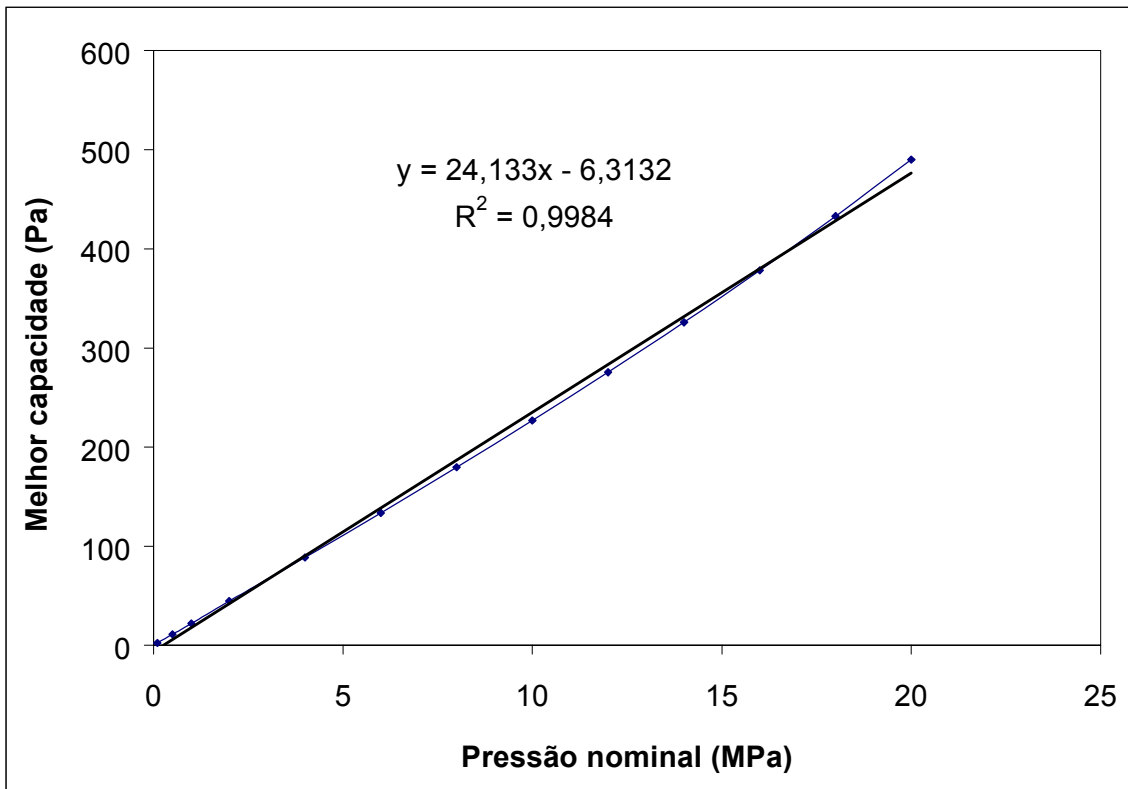


Gráfico 3.-Melhor capacidade do sistema 1330

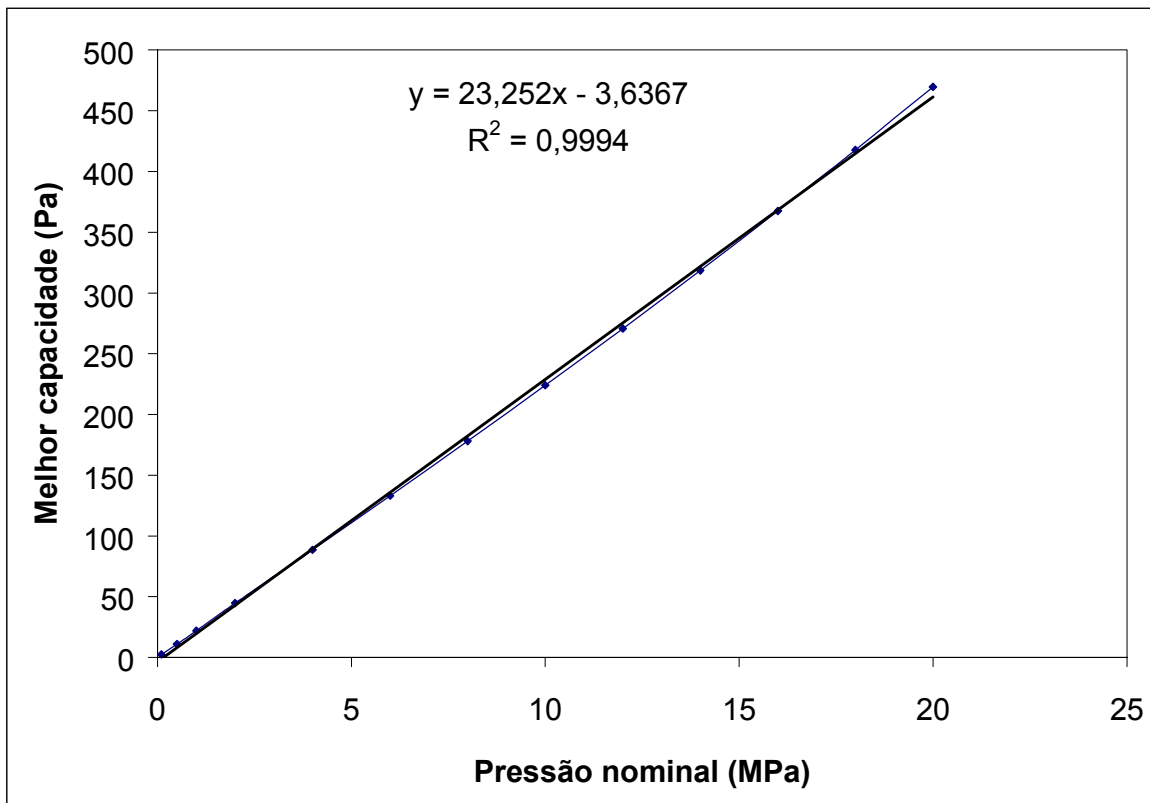


Gráfico 4.-Melhor capacidade do sistema 1333



### 3. CONCLUSÕES

Em todos os sistemas de balanças de pressão apresentados a componente de incerteza mais significativa é aquela referente ao certificado de calibração exceto para o conjunto pistão-cilindro Desgranges et Huot 1335.

Os sistemas que operam em altas pressões conforme pode ser observado nos "Gráficos 1 e 2" a componente de incerteza devido ao coeficiente de deformação é bastante significativa em relação a incerteza total. Consequentemente nas calibrações efetuadas por estes sistemas os seus respectivos comportamentos da incerteza em função da pressão deverão ser levados em conta.

### REFERÊNCIAS

*International Organization for Standardization, 1993, revisado e reeditado em 1995, ISO GUM 95 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Geneva*

### PRESENTATION OF A STUDY OF THE STANDARDS FROM THE PRESSURE LABORATORY OF INMETRO BEST MEASUREMENT CAPABILITIES

**Abstract.** *The Pressure Laboratory (LAPRE) of INMETRO has reference standards – national standards – of vacuum and pressure in the range  $2,7 \text{ E } -06 \text{ Pa}$  to 250 MPa. A study has been done about the behavior of these standards. This follow up is necessary because makes possible: to estimate the component of uncertainty of these standards related to time of usage in its own best capabilities of measurement; also helps in the establishment of the validity of their certificates of calibration.*

*The aim of the present work is to show the study of the follow up of all metrological characteristics of the Pressure Laboratory of INMETRO and its own best measurement capabilities.*

**Key words:** *Pressure, National standards, Uncertainty of measurement, Measurement Capability*