



## AVALIAÇÃO DO MELHOR DESEMPENHO DE UM INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

Michele Oliveira dos Santos<sup>1</sup>, Fernanda Ruviaro de Oliveira<sup>2</sup>, Neivaldo Silva Nonato<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro, Brasil, [mosantos@inmetro.gov.br](mailto:mosantos@inmetro.gov.br)

<sup>2</sup> Curso Técnico de Metrologia (Inmetro/CECO), Rio de Janeiro, Brasil, [fernandaruviano@gmail.com](mailto:fernandaruviano@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro, Brasil, [nsnonato@inmetro.gov.br](mailto:nsnonato@inmetro.gov.br)

**Resumo:** Este artigo apresenta o resultado de uma avaliação experimental de todas as configurações operacionais possíveis de um multímetro digital na função resistência, visando buscar o melhor desempenho de um instrumento de medição.

A importância em se ter bem definidos todos os fatores de contribuição e ter conhecimento do comportamento de um instrumento de medição é fundamental para que se otimize um processo de medição.

**Palavras chave:** desempenho, medição e multímetro digital.

### 1.0 – INTRODUÇÃO

Com o objetivo de conhecer o comportamento de um Multímetro Digital em todos os modos disponíveis para medição de resistência elétrica, foram realizadas diversas medições, onde se estruturou processos de medições capazes de apresentarem uma melhor confiabilidade metrológica nos resultados condizentes com suas aplicabilidades.

A prática nos laboratórios de calibração aponta fatores relevantes para que se consiga um melhor desempenho de um instrumento de medição, por exemplo, as condições ambientais como temperatura e umidade, rede de alimentação elétrica, pressão entre outros.

Alguns instrumentos de medição apresentam opções de operação, onde em determinados modos de medição pode-se conseguir resultados com melhor exatidão, sendo que, por vezes a utilização destes modos implica em um controle extremamente rigoroso das condições ambientais, bem como outros fatores que podem influenciar diretamente nos resultados.

### 2.0 – METODOLOGIA

O primeiro passo consiste em uma análise teórica de todas as configurações aplicáveis à medição desejada. Posteriormente realizam-se medições nas diversas configurações do Multímetro Digital,

considerando todos os critérios peculiares a cada uma. Tais critérios envolvem acomodações e condições ambientais, métodos de calibração, contribuições de incerteza e equipamento utilizado [4].

### 3.0 – ETAPA DA MEDIÇÃO

A etapa de medição foi estruturada seguindo a seguinte sistemática:

- ✓ Identificar todas as configurações operacionais oferecidas pelo instrumento, ou seja, definir os modos de medição;
- ✓ Definir pontos de medição que possam ser calibrados no maior número de configurações possíveis;
- ✓ Realização da calibração;
- ✓ Elaboração dos cálculos de calibração;
- ✓ Apresentação e a avaliação dos resultados [2,3].

### 3.1 – MODOS DE MEDIÇÃO

O multímetro Digital utilizado no experimento possui duas especificações na função resistência, uma como medidor (leitura direta) e a outra como comparador de resistência (comparação) conforme a Figura 1 [1].

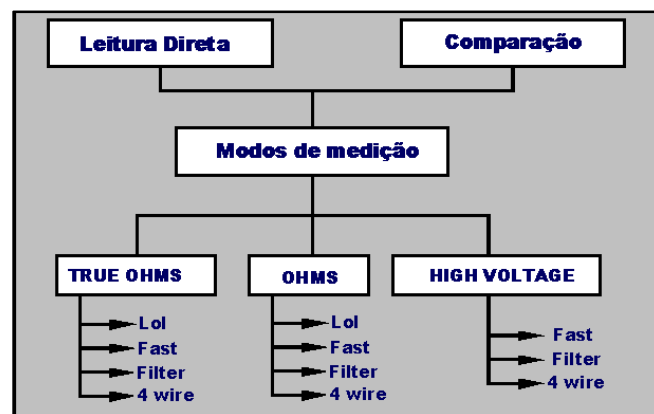


Figura 1. Modos de Medição do Multímetro

### 3.2 – DEFINIÇÃO DO PONTO

Para realizar a avaliação do melhor desempenho do multímetro digital, foram realizadas medições em todas as configurações possíveis para o ponto de 10 kΩ.

Neste ponto, poderemos fazer a avaliação em dois modos de medição, obtendo pelo menos seis configurações operacionais.

### 3.3 – REALIZAÇÃO DA CALIBRAÇÃO

O sistema utilizado na calibração de multímetros digitais é composto por: Instrumento sob teste, Padrão e um equipamento auxiliar capaz de monitorar a temperatura e a umidade relativa.

A calibração do multímetro digital foi realizada de acordo com um procedimento, que é aplicável aos medidores digitais na função de resistência. Abaixo encontra-se as principais etapas que devem constar em um procedimento de calibração.

- 1- Defini-se o sistema, o padrão e o método a ser utilizado;
- 2- Interliga-se o medidor a ser calibrado ao sistema de medição;
- 3- Verifica-se a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar do laboratório estão de acordo com o estabelecido previamente no procedimento de medição;
- 4- Respeitar o tempo de estabilização térmica do instrumento sob teste de acordo com o que está descrito em seu manual;
- 5- Entre outros.

### 3.4 – ELABORAÇÃO DE CALCULOS DE INCERTEZA

Para realizar os cálculos das leituras obtidas na calibração é necessário fazer uma estimativa por métodos estatísticos, onde se determina a média e a incerteza do tipo A e a incerteza do tipo B por outros métodos que não sejam estatísticos.

Para realizar a avaliação do melhor comportamento de um multímetro digital, foram realizadas medições em todas as configurações possíveis para o ponto de 10 kΩ, sendo seus cálculos, oriundos do Excel, e configurações mostradas nas Figuras 01 a 06 das planilhas de cálculo.

PADRÃO: SR1010 (1 kohm)			Requerimento: Lares- Monografia			Data: 21/10/08								
Instrumento: Multímetro Digital - FLUKE 8508A			Série: 9022511402			Processo: Interno								
FAIXA: (Ω) 20k			Exat: ±(7,5ppm do VI + 0,005ohm)			Observador: Fernanda								
						Conf:								
Valor Nominal	Vve do Padrão	Valor Lido	MÉDIA	$U_1 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_3 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_4 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_5 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_6 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U = \pm(U_1 \times U_2)$	k	$U = \pm(u_1 \times u_2)$	Chkcal	
10ohm	10ohm	10ohm	10,000322	0,408643	0,426574	0,65	0,026897	0,08	0,680416427		90	2,03	1,8 ppm	FORA
10	10,000324	10,000315	10,000330	10,000322	10,000311	10,000332	10,000331	10,000322	10,000332					-----

Figura 1 . Configuração: Ohms; Resolução: 8 ½ Dígitos; Fast: on; 4w: on; Filter: on; Lol: on

PADRÃO: SR1010 (1 kohm)			Requerimento: Lares- Monografia			Data: 21/10/08							
Instrumento: Multímetro Digital - FLUKE 8508A			Série: 9022511402			Processo: Interno							
FAIXA: (Ω) 20k			Exat: ±7,5ppm do VI + 0,005ohm			Observador: Fernanda							
Cond:													
Valor Nominal	Viv do Padrão	Valor Lido	MÉDIA	$U_1 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_3 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_4 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_5 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_6 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	k	U = ±(U <sub>1</sub> x U <sub>2</sub> )	Chkcal	
10k	10k	10k	10k	μΩ/Ω	μΩ/Ω	μΩ/Ω	μΩ/Ω	μΩ/Ω	μΩ/Ω				
10	10,000324	10,000109	10,000111	0,002473	0,04285714	0,65	0,02887	0,08	0,800534466	7302	2,00	1,6 ppm	OK
		10,000108											
		10,000111											
		10,000112											
		10,000115											

Figura 2 . Configuração: Ohms; Resolução: 8 ½ Dígitos; Fast: on; 4w: on; Filter: on; Lol: off

PADRÃO: SR1010 (1 kohm)			Requerimento: Lares- Monografia					Data: 21/10/08				
Instrumento: Multímetro Digital - FLUKE 8508A			Série: 9022511402					Processo: Interno				
FAIXA: (Ω) 20k			Exat: ±(7,5ppm do VI + 0,005ohm)					Observador: Fernanda				
								Conf:				
Valor Nominal	Viv do Padrão	Valor Lido	MÉDIA	$U_1 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_3 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_4 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_5 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_6 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U = \pm(U_1 \times U_2)$	$k$	Chkcal
10	10,000324	10,000333	10,000354	0,000115	0,000115	0,000115	0,000115	0,000115	0,000115	18	2,15	2,3 ppm
		10,000345										FORA
		10,000360										
		10,000370										
		10,000354										

Figura 3 . Configuração: Ohms; Resolução: 8 ½ Dígitos; Fast: on; 4w: on; Filter: off; Lol: on

PADRÃO: SR1010 (1 kohm)			Requerimento: Lares- Monografia			Data: 21/10/08								
Instrumento: Multímetro Digital- FLUKE 8508A			Série: 9022511402			Processo: Interno								
FAIXA: (Ω) 20k			Exat: ±(7,5ppm do Vt + 0,005ohm)			Observador: Fernanda								
Cond:														
Valor Nominal	Viv do Padrão	Valor Lido	MÉDIA	$U_1 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_3 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_4 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_5 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_6 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U = \pm(U_1 \times U_2)$	k	U = ±(U <sub>1</sub> x U <sub>2</sub> )	Chkcal	
10	10,000324	10,000115 10,000118 10,000120 10,000112 10,000107	10,000114	0,023344	0,04285714	0,65	0,02887	0,08	0,023603531		666	2,00	1,6 ppm	OK
														-----

Figura 4 . Configuração: Ohms; Resolução: 8 ½ Dígitos; Fast: on; 4w: on; Filter: off; Lol: off

PADRÃO: SR1010 (1 kohm)			Requerente: Lares- Monografia			Data: 21/10/08							
Instrumento: Multímetro Digital - FLUKE 8508A			Série: 9022511402			Processo: Interno							
FAIXA: (Ω) 20k			Exat: ±(7,5ppm do VI + 0,005ohm)			Observador: Fernanda							
						Conf:							
Valor Nominal	Vvr do Padrão	Valor Lido	MÉDIA	$U_1 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_3 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_4 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_5 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_6 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	k	U = ±(U <sub>1</sub> x U <sub>2</sub> )	Chkcal	
10k	10k	10k	10k	ppm/2	ppm/2	ppm/2	ppm/2	ppm/2	ppm/2				
10	10,000324	10,000117	10,000117	0,0191309	0,04285714	0,65	0,02887	0,08	0,813913354	1310	2,00	1,6 ppm	OK
		10,000114											
		10,000111											
		10,000109											
		10,000106											

Figura 5 . Configuração: True Ohms; Resolução: 8 ½ Dígitos; Fast: on; 4w: on; Lol: off

PADRÃO: SR1010 (1 kohm)			Requerimento: Lares- Monografia			Data: 21/10/08							
Instrumento: Multímetro Digital - FLUKE 8508A			Série: 9022511402			Processo: Interno							
FAIXA: (Ω) 20k			Exat: ±(7,5ppm do VI + 0,005ohm)			Observador: Fernanda							
						Conf:							
Valor Nominal	Viv do Padrão	Valor Lido	MÉDIA	$U_1 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_3 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_4 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_5 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U_6 = \frac{1}{\sqrt{n}}$	$U = \pm(U_1 \times U_2)$	Chkcal		
10	10,000324	10,000389	10,000372	0,463654	0,44265714	0,65	0,026887	0,08	0,9168972109	61	2,04	1,9 ppm	FORA
		10,000373											
		10,000366											
		10,000375											
		10,000362											

Figura 6 . Configuração: True Ohms; Resolução: 8 ½ Dígitos; Fast: on; 4w: on; Lol: on

### 3.5 – RESULTADOS DAS MEDIÇÕES NO PONTO DE 10kΩ

Como forma de parâmetro para realizar as comparações, foi utilizada como referência o resultado da calibração do multímetro digital em setembro de 2007 na configuração True ohms com a opção Low

Current desativada. O fabricante recomenda que para as faixas de 2  $\Omega$ , 20  $\Omega$ , 200  $\Omega$ , 2 k $\Omega$ , e 20 k $\Omega$ , visando atingir uma possível melhor comportamento do instrumento, seja utilizado o modo True ohms. A Tabela 1 mostra o resultado encontrado na calibração do ponto de 10 k $\Omega$  no ano de 2007, sendo utilizada como parâmetro a especificação recomendada pelo fabricante e no ano de 2008 todas as configurações possíveis para este ponto.

Tabela 1. Resultados da calibração.

Ponto de 10 kΩ			
Especificação do Fabricante (365 dias)			
7,0 μΩ/Ω da Leitura + 0,25 μΩ/Ω da faixa			
Calibrado em 10/2008	VL (kΩ)	Calibração em 09/2007	VL (kΩ)
MODO configuração		MODO configuração	
OHM	10,000 114	True ohms Lol: off	10,000 124
filter: off			
Lol: off			
TRU OHM	10,000 111		
Lol: off			
OHM	10,000 322		
filter: on			
Lol: on			
OHM	10,000 111		
filter: on			
Lol: off			
OHM	10,000 354		
filter: off			
Lol: on			
TRU OHM	10,000 373		
Lol: on			

O Gráfico 1 representa através das linhas horizontais os limites de erro no melhor modo de medição para a faixa 20 k $\Omega$ .

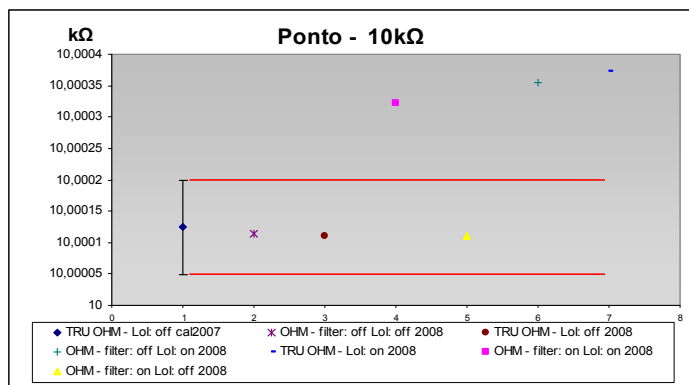


Gráfico1. Comparação dos resultados no ponto de 10 k $\Omega$

### 3.6 – AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO

O resultado experimental apresentado através das medições, cálculos, gráficos e considerações capazes de demonstrar o comportamento de um instrumento de medição em diferentes configurações operacionais e que sua utilização requer um bom conhecimento sobre o uso operacional, tendo em vista que tal parâmetro impacto diretamente nos seus resultados de medição.

Para realizar a avaliação do melhor comportamento de um multímetro digital, foram realizadas medições em todas as configurações possíveis para o ponto de 10 k $\Omega$ , sendo seus resultados e configurações mostradas na tabela 1.

Vale ressaltar que em todas as configurações foram utilizadas as resoluções 8 ½ dígitos, fast on e a quatro terminais.

### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas configurações operacionais que estavam com o Low current desativado, independentemente do modo utilizado, ficaram dentro da melhor especificação do fabricante em relação ao resultado encontrado na calibração de 2007. Vale ressaltar que, o uso do filtro não alterou o resultado de forma significativa, pois o mesmo tem a função apenas de eliminar possíveis ruídos acrescidos à medição. Quando utilizado o Low current, as leituras ficam mais instáveis, resultando em um desvio padrão maior, confirmando a indicação feita pelo fabricante do uso do modo True ohms com Low Current desativado, pois na calibração, quando foi utilizado esse modo os resultados ficaram dentro da melhor especificação do fabricante.

A fim de melhorar os resultados, o Lares realiza algumas calibrações de medidores digitais em uma Gaiola de Faraday, onde elimina interferências externas, que em algumas situações podem influenciar nos resultados.

### AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos técnicos do Laboratório de Resistência do Inmetro – Lares, que mesmo indiretamente, contribuíram para a realização desta análise.

### REFERÊNCIAS

- [1] FLUKE; Manual do Multímetro 8508A; U.S.A., 2002.
- [2] NONATO, N. S.; *Apostila: Calibração de Instrumentos Elétricos*; Rio de Janeiro, 2008
- [3] STEVENSON, W. J.; *Estatística Aplicada à Administração*; Tradução: Alfredo Alves de Farias; São Paulo, Editora Harbra, 1981.
- [4] Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais na Metrologia; INMETRO; 5ª edição, Editora SENAI, Rio de Janeiro, 2007.