

CONFIABILIDADE METROLÓGICA NO DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO DE DUREZA ROCKWELL PARA O MERCADO MUNDIAL

*Antonio Sergio Conejero*¹, *Julio Kuroki*², *Carlos Kazuo Suetake*³

¹ Mitutoyo Sul Americana Ltda., Suzano, Brasil, conejero@mitutoyo.com.br

² Mitutoyo Sul Americana Ltda., Suzano, Brasil, julio_kuroki@mitutoyo.com.br

³ Mitutoyo Sul Americana Ltda., Suzano, Brasil, metrologia@mitutoyo.com.br

Resumo: Este trabalho tem a finalidade de apresentar a metodologia e cuidados no aspecto metrológico, com a rastreabilidade de grandezas e qualidade em medição e desempenho do produto, para o desenvolvimento de um Durometro Rockwell para fornecimento mundial e dirigido aos mercados mais exigentes, como Europa e Ásia (principalmente Japão),

Palavras chave: Rockwell, dureza, confiabilidade, rastreabilidade, qualidade

1. MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO

A reprodutibilidade de resultados de medição entre sistemas Metrológicos Internacionais foi o início dos trabalhos de desenvolvimento [1], essas comparações envolveram as divisões de Garantia da Qualidade das unidades em cada país (Japão e Brasil). Essas comparações ocorreram entre os equipamentos de referência de cada unidade, penetradores e reprodução de resultados com a permutação de penetradores, utilizando-se de padrões de Dureza calibrados por uma das unidades. Conseqüentemente a rastreabilidade a padrões de referência é verificada durante esse trabalho.

2 – RASTREABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO DE DUREZA EM CADA UNIDADE

Para a realização da comparação é estabelecida, antes de mais nada, a hierarquia metrológica dos laboratórios participantes. Chamadas aqui de unidades MAS e HIRO, significando dentro da corporação os laboratórios da Mitutoyo Sul Americana no Brasil e o laboratório da unidade de Hiroshima, Japão, respectivamente. Na fig.1 podemos visualizar os Sistemas de Rastreabilidade de cada unidade e onde se dá o desenvolvimento do trabalho. A calibração do equipamento da Máquina de Medição de Dureza bem como do Penetrador de Diamante da unidade brasileira é efetuada diretamente pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, e no Japão pelo no JBI - Japan Bearing Institute – Órgão ao qual é delegada a calibração dos equipamentos e desses artefatos a nível primário e nacional. O Insituto que delega essa autonomia ao JBI é o National Institute for Advanced Industrial Science and Technology (NAIST/AIST).

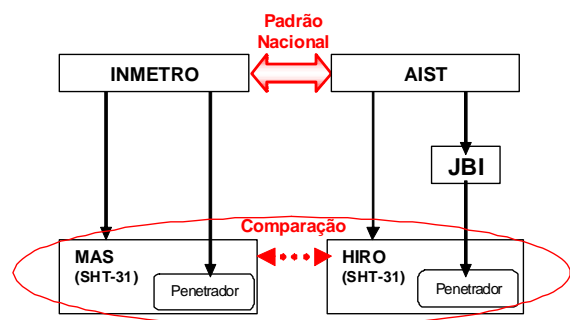


Fig.1 - Diagrama de Rastreabilidade dos Sistemas de Medição de Dureza

3 – RESULTADOS

Comparação entre equipamentos de referência de cada unidade

Utilizando-se um mesmo penetrador de diamante e um mesmo conjunto de blocos-padrão de dureza, os resultados dos equipamentos foram comparados para comprovar a reprodutibilidade de resultados de medição das duas unidades. O equipamento de medição SHT-31 é similar em cada uma das unidades MAS (laboratório Mitutoyo Brasil) e Hiro (laboratório Mitutoyo Japan). O SHT-31 – Special Hardness Tester – foi desenvolvido pela empresa Akashi (Japan) especialmente para alta estabilidade e exatidão de medição, equipado com escala digital holográfica e resolução interna de 8 nm. Esquematicamente a fig.2 apresenta método empregado na comparação.

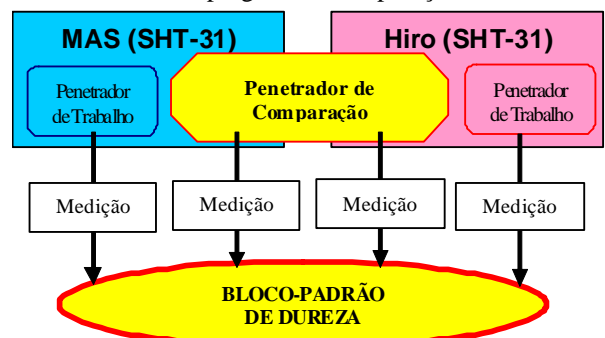


Fig. 2 – Representação esquemática da comparação

Na fig. 3, apresentam-se os resultados de medição, sendo os valores apontados como a diferença em unidades de dureza Rockwell entre o laboratório MAS (Brasil) e o laboratório Hiro (Japan). Plotado exatamente como MAS – Hiro, nas condições de resultados obtidos com o Penetrador de Referência de cada unidade (linha azuis) e com o Penetrador de comparação utilizados em ambos os equipamentos (linhas vermelhas). A melhor capacidade de medição do equipamento é apresentada em nas barras (laranja) para cada faixa das escalas de dureza. O objetivo é demonstrar que os resultados encontram-se dentro da Melhor capacidade de medição.

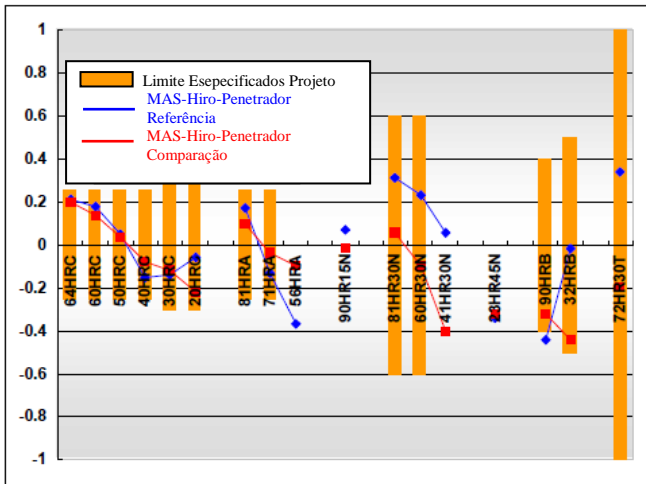


Fig.3 – Resultados de Medição
Valor MAS – Valor Hiro

3.1 – Análise dos resultados de medição

Os resultados foram comparados pelo método de Erro Normalizado E_n (1), conforme Guia de expressão da incerteza de medição [10] e também graficamente.

Tomou-se como Valor de Referência a média dos resultados dos laboratórios. Sendo **A** o laboratório Hiro (Japan) e **B** o laboratório MAS (Brasil). Para a incerteza de medição (2) o laboratório A considerou a dispersão dos resultados obtidos nas medições e para o laboratório B a melhor capacidade de medição (Best measurement Capacity) ou a incerteza declarada em lista de serviços acreditados.

$$E_n = \frac{|A_{ave} - B_{ave}|}{\sqrt{U_A^2 + U_B^2}} \quad (1)$$

$$U = \sqrt{(2\sigma)^2 + (BMC)^2} \quad (2)$$

A incerteza associadas dos laboratórios (2) foi considerada como a soma quadrática de 2σ dos resultados medidos mais a melhor capacidade de medição.

Os Resultados de E_n entre os dois Equipamentos de Medição de Dureza foram estimados para as condições de comparação utilizando o Penetrador de Trabalho (padrão do Laboratório MAS) e também com o Penetrador de Comparação.

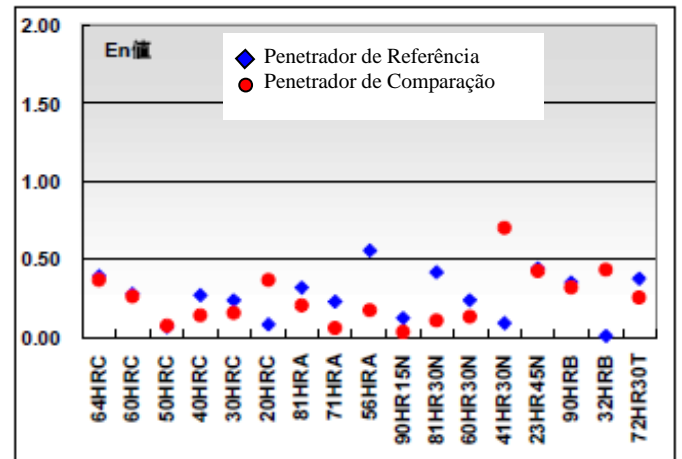
Na tabela 1, apresentam-se os resultados de incertezas e também os valores de E_n correspondentes

Tabela 1 – Resultados de Incertezas e dos Erros Normalizados para cada faixa das escalas de dureza

Penetrador	Carga de Ensaio	Relação HV [2]	Escala Rockwell	Incerteza		E_n	
				Hiro (k=2)	MAS (k=2)	Penetrador Referência	Penetrador de Comparação
DIAMANTE	150 kgf	800	64 HRC	0,35	0,3	0,39	0,37
		697	60 HRC	0,35	0,3	0,28	0,26
		513	50 HRC	0,39	0,3	0,07	0,07
		392	40 HRC	0,42	0,3	0,27	0,14
		301	30 HRC	0,44	0,3	0,23	0,15
		238	20 HRC	0,43	0,3	0,08	0,37
	60 kgf	690	81 HRA	0,40	0,3	0,32	0,2
		405	71 HRA	0,40	0,3	0,23	0,05
	15 kgf	< 230	56 HRA	0,40	0,3	0,55	0,17
		680	90 HR 15N	0,40	0,3	0,12	0,03
		800	81 HR 30N	0,40	0,3	0,41	0,1
		395	60 HR 30N	0,40	0,3	0,24	0,13
	30 kgf	< 230	41 HR 30N	0,40	0,3	0,09	0,7
		250	23 HR 45N	0,40	0,3	0,44	0,42
45 kgf	190	90 HRB	0,40	0,3	0,35	0,31	
	< 160	32 HRB	0,40	0,3	0,01	0,43	
ESFERA	100 kgf	164	72 HR 30T	0,40	0,3	0,37	0,25
	30 kgf						

Também graficamente temos;

Tabela 2 – Apresentação gráfica dos resultados de E_n



4- CONCLUSÕES

Todos os resultados de E_n (Erro Normalizado) foram compatíveis em todas as escalas e faixas de dureza de escalas Rockwell Normal e Superficial.

Com a realização das comparações ficou comprovada a qualidade metrológica da unidade proponente do desenvolvimento e fabricação do produto (Máquinas de Ensaio de Dureza Rockwell) para suprir o mercado mundial com um nível de alta qualidade e confiabilidade metrológica.

A distribuição desse produto desenvolvido para atender o mercado mundial, baseia-se no atendimento às normas JIS, ISO [6,7,8], ASTM [9], NM/NBR [3,4,5], praticadas mundialmente e o produto encontra-se adequado para atender qualquer uma das normas bem como exigências específicas para cada país ou região.

REFERÊNCIAS

- [1] Relatório da Qualidade DK 050-01-1207 – Mitutoyo Corporation e Divisão de Garantia da Qualidade Mitutoyo Sul Americana Ltda.
- [2] ISO/TC 164/SC 3 N 1033 – ISO Working Draft 18625(E) Conversion of Hardness Values – 2009-02-17
- [3] ABNT NBR NM ISO 6508-1 – Materiais Metálicos – Ensaio de Dureza Rockwell, Parte 1 – Método de Ensaio (escalas A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) - 2009
- [4] ABNT NBR NM ISO 6508-2 – Materiais Metálicos – Ensaio de Dureza Rockwell, Parte 2 –Verificação e Calibração de máquinas de ensaio (escalas A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) - 2009
- [5] ABNT NBR NM ISO 6508-3 – Materiais Metálicos – Ensaio de Dureza Rockwell, Parte 3 –Calibração de blocos de referência (escalas A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) - 2009
- [6] ISO 6508-1 Metallic materials – Rockwell Hardness test – Part 1 – Test method (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) – 2005
- [7] ISO 6508-2 Metallic materials – Rockwell Hardness test – Part 2 – Verification and calibration of testing machines (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) – 2005
- [8] ISO 6508-3 Metallic materials – Rockwell Hardness test – Part 3 – Calibration of reference blocks (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) – 2005
- [9] ASTM E 18 – 08b – Standard Method for Rockwell Hardness of Metallic Materials
- [10] EA 4-02 – Fundamentals of Measurements Uncertainty