



CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

Capacidade de Medição e Calibração e seu impacto na Comprovação Metrológica

Guilherme Venturi, guigaven.gv@gmail.com¹

Wilian Eidt, wilian.92.eidt@gmail¹

Sueli Fischer Beckert, sueli.f@ufsc.br¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Dr João Colin, 2700, 89218-035, Joinville - SC

Resumo: Existem muitos fatores que influenciam na qualidade do processo produtivo e, consequentemente na obtenção de produtos manufaturados de acordo com as suas especificações técnicas. Um destes fatores é devido ao sistema de gestão da metrologia industrial, que deve garantir a execução e interpretação correta dos resultados de medição. Para isto, os instrumentos devem ser calibrados e verificados e, quando forem selecionados adequadamente, irão reunir condições para realizar a tarefa de medição de forma coerente. Um número crescente de empresas tem feito uso de laboratórios acreditados para realizar a calibração de seus instrumentos de medição. No entanto, para que a empresa possa avaliar se os equipamentos atendem aos erros máximos admissíveis (EMA), é necessário que as Capacidades de Medição e Calibração (CMC) dos laboratórios selecionados sejam apropriadas. Com o intuito de fazer uma análise da CMC apresentada pelos laboratórios acreditados, foram estudados quatro diferentes organismos de acreditação: UKAS do Reino Unido, A2LA dos Estados Unidos, DAkkS da Alemanha e CGCRE do Brasil. Foram estudados os escopos de acreditação de mais de 470 laboratórios para três instrumentos convencionais da área dimensional. O artigo apresenta o detalhamento dos diferentes resultados obtidos, e compara os valores da CMC apresentado pelos laboratórios com os erros máximos admissíveis estabelecidos em documentos. Com relação aos organismos de acreditação evidenciou-se que atualmente não há uma padronização na forma como as informações são apresentadas. Em alguns casos, verificaram-se diferenças significativas entre os laboratórios acreditados por um mesmo organismo de acreditação, seja na forma de apresentação, como nos valores atribuídos a CMC de determinado serviço de calibração. Em outros casos, verificou-se a padronização de um mesmo valor para determinado serviço e faixa de medição atribuído a maioria dos laboratórios acreditados pelo mesmo organismo. A partir destas constatações, foram estudadas as diferentes formas de expressão da CMC, das quais se destacaram para os instrumentos de medição consultados: valor absoluto e faixa de valores (limites ou equação em função da resolução e/ou faixa de medição do equipamento). Através do estudo realizado conclui-se que atualmente não há uma padronização, em todos os organismos de acreditação, na maneira na qual os dados sobre as CMC são apresentados, desta maneira nota-se a necessidade que ocorra uma padronização, ao menos dos laboratórios acreditados pelo mesmo organismo de acreditação. Assim, o artigo também apresenta uma proposta de forma de apresentação da CMC, que possa auxiliar as empresas na seleção do laboratório que atenda as suas necessidades de calibração.

Palavras-chave: Capacidade de Medição e Calibração, CMC, Calibração, Acreditação

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do nível de exigência do mercado consumidor, a necessidade da indústria se adequar a padrões normativos e assim assegurar a qualidade de seus produtos tem se intensificado, exigindo também um sistema de gestão eficaz para assegurar que os instrumentos de medição e processos de medição estejam adequados ao uso pretendido. De acordo com a norma ABNT NBR ISO 10012 (2004), a comprovação metrológica é o conjunto de operações necessárias para assegurar que um equipamento de medição atenda aos requisitos do seu uso pretendido, que inclui calibração ou verificação e qualquer ajuste necessário, e a mesma não é alcançada até que a adequação do equipamento é demonstrada e documentada. As calibrações podem ser realizadas pela própria organização, ou por laboratórios terceirizados (acreditados ou não). Os laboratórios de calibração acreditados são submetidos a avaliações periódicas e independentes quanto ao atendimento dos requisitos de gestão e técnicos estabelecidos na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (2005).

A contratação de laboratórios acreditados para a realização das calibrações apresenta vantagens para as empresas, pelo fato de ela não necessitar de uma infraestrutura para a realização da calibração (ambiente, pessoal, padrões, entre outros), que podem apresentar custos elevados para implantação e manutenção do sistema. Outras vantagens em utilizar

laboratórios acreditados são: maior confiança nos resultados de medição, a garantia de que os serviços são realizados conforme procedimentos reconhecidos, diminuição do número de auditorias de segunda parte, além de evitar possíveis restrições técnicas em produtos de exportação (Silva, Campos, 2001). No entanto, a utilização de terceirizados exige cuidados na escolha do laboratório para a realização do serviço, pois ele deve ter a capacidade de produzir resultados técnicos válidos. A forma como as características metrológicas são especificadas nos escopos dos serviços de calibração é outro quesito importante para ser levado em consideração. É relevante destacar que, seja em nível nacional ou internacional, não existe uma padronização no formato das informações apresentadas, o que dificulta o processo de seleção de um laboratório de calibração. O conhecimento prévio sobre a Capacidade de Medição e Calibração (CMC) e a clareza na definição dos Erros Máximos Admissíveis (EMA) que se pretende atender são indispensáveis para a seleção do prestador de serviços mais adequado.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de apresentação de escopo de serviços metrológicos, que seria útil para as empresas selecionarem os laboratórios que atendam aos erros máximos admissíveis estabelecidos para os seus instrumentos de medição. Esta proposta é resultado de uma análise realizada em quatro organismos acreditadores, e da comparação na definição dos erros máximos admissíveis estabelecidos em diferentes normas, tendo como estudo de caso os instrumentos de medição convencionais largamente utilizados no controle de especificações geométricas.

O artigo inicia apresentando uma fundamentação teórica sobre CMC e escopos de laboratórios. Na sequência, é demonstrada a importância de se definir os erros máximos admissíveis, e a respectiva aplicação em um estudo de caso. Por fim, é apresentada a proposta de apresentação do escopo, e as considerações finais.

2. ESCOPO DE ACREDITAÇÃO E CAPACIDADE DE MEDIÇÃO E CALIBRAÇÃO (CMC)

A ABNT ISO/IEC 17011 (2005) define escopo de acreditação como sendo o conjunto de serviços específicos de avaliação da conformidade para os quais a acreditação é desejada ou foi concedida. O nível de detalhamento do escopo depende da modalidade de acreditação ou campo de atuação do Organismo de Avaliação da Conformidade (OAC). Conforme a Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO (CGCRE, 2013), as seguintes informações estão presentes no escopo dos laboratórios de calibração: grupo de serviço de calibração, especificação do serviço ou do instrumento de medição, a faixa aplicável e a capacidade de medição e calibração.

Ainda segundo a CGCRE (2015), a Capacidade de Medição e Calibração (CMC) é caracterizada como a menor incerteza de medição que um laboratório pode obter quando realiza calibrações ou medições dentro do escopo da sua acreditação. Para os casos em que o laboratório utiliza mais de um método de calibração em determinada faixa de medição, a CMC declarada no escopo de acreditação deve ser referente ao método no qual a menor incerteza é obtida.

A ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*), uma cooperação internacional de organismos de acreditação de laboratórios e de inspeção, revisou em 2013 o documento que trata das políticas de incerteza na calibração (ILAC-P-14), buscando assegurar uma interpretação adequada do Guia para Expressão da Incerteza de Medição (GUM) e o uso consistente de CMC por organismos membros.

O ILAC-P14 (2013) estabelece os seguintes requisitos a serem observados na elaboração do escopo de acreditação de laboratórios de calibração:

- a) A CMC deve ser expressa como uma incerteza expandida com probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A CMC deve ser sempre expressa na unidade do mensurando ou como um termo relativo ao mensurando, por exemplo, um percentual;
- b) Para determinação da CMC, os laboratórios de calibração devem dispor de evidências de que são capazes de fornecer a seus clientes calibrações para as quais a incerteza de medição seja igual à sua CMC. Na determinação da CMC, os laboratórios devem levar em conta o desempenho do “melhor dispositivo existente” para o tipo de calibração em questão. O “melhor dispositivo existente” é entendido como um dispositivo a ser calibrado ou medido que esteja disponível aos clientes do laboratório ou ao laboratório, comercialmente ou de alguma outra forma, mesmo se o dispositivo particular que for considerado na CMC tiver um desempenho especial ou um longo histórico de calibrações;
- c) A CMC deve incluir a contribuição para a incerteza oriunda da repetibilidade e convém que inclua contribuições oriundas da reprodutibilidade, quando disponíveis. Convém, entretanto, que a CMC não inclua contribuições oriundas de imperfeições que existam mesmo no melhor dispositivo que seja calibrado;
- d) Para algumas calibrações o “melhor dispositivo existente” na realidade não existe e/ou as contribuições para a incerteza oriunda do dispositivo afetam significativamente a incerteza. Neste caso, se tais contribuições para a incerteza oriundas do dispositivo puderem ser separadas de outras contribuições, o laboratório pode excluir estas contribuições da CMC. Neste caso, o escopo de acreditação do laboratório deve identificar claramente que as contribuições oriundas do dispositivo não estão incluídas na CMC;

É importante que a CMC declarada nos escopos de acreditação não apresente qualquer ambiguidade em sua forma de expressão. O documento normativo do INMETRO que trata de incerteza de medição em calibrações (NIT-DICLA-021: 2013), recomenda que a CMC seja expressa de acordo com uma das seguintes formas:

- a) Um valor individual, que é válido para toda a faixa de medição à qual se refere;

- b) Uma faixa de valores. Neste caso os procedimentos e/ou planilhas de incerteza de medição do laboratório devem descrever a forma como é feita a interpolação para determinar os valores intermediários da CMC nesta faixa de valores;
- c) Uma função explícita do mensurando;
- d) Uma matriz onde os valores da incerteza de medição dependem de valores do mensurando e de parâmetros adicionais.

A importância de um laboratório expressar claramente a CMC para um determinado instrumento de medição reside na posterior comparação do resultado da calibração com o Erro Máximo Admissível (EMA), que pode ser estabelecido pelo fabricante do instrumento, em normas, ou pelo próprio usuário, buscando atender suas tarefas de medição.

3. ERROS MÁXIMOS ADMISSÍVEIS (EMA)

A comprovação metrológica deve ser projetada e implementada para assegurar que características metrológicas dos equipamentos de medição satisfaçam os requisitos metrológicos do processo de medição (ABNT, 2004). As características metrológicas de um instrumento são as propriedades que podem influenciar os resultados de medição e, portanto, devem ser adequadas para o uso pretendido. Os requisitos metrológicos para uso pretendido incluem considerações tais como amplitude, resolução e erro máximo permitido. Ainda conforme a norma ABNT NBR ISO 10012 (2004), o erro máximo admissível pode ser estabelecido pela função metrológica ou por referência às especificações publicadas do fabricante do equipamento de medição.

De acordo com o vocabulário internacional de metrologia – VIM (INMETRO, 2012), o Erro Máximo Admissível (EMA) é definido como o valor extremo do erro de medição, com respeito a um valor de referência conhecido, admitido por especificações ou regulamentos para uma dada medição. No Brasil, também são utilizados os termos erro máximo permissível, erro máximo tolerado ou limite de erro. Em inglês normalmente é denominado *Maximum Permissible Error* e é representado pela sigla MPE.

A norma ISO 14978 (2006), reafirmada em 2015, é um documento fundamental que especifica os requisitos gerais, termos e definições das características dos equipamentos de medição convencionais utilizados no controle de especificações geométricas. Esta Norma busca facilitar a comunicação entre o fabricante/fornecedor e o usuário/cliente e também é uma ferramenta para ser usada em empresas na definição e seleção das características relevantes para o equipamento a ser utilizado em uma tarefa de medição.

O Erro Máximo Admissível é definido de acordo com a ISO 14978 (2006) como os valores extremos de um erro admissível de um instrumento definido por especificações técnicas do fabricante, normas regulamentadoras, entre outros. Para testes de aceitação, os valores de EMA devem ser fornecidos pelos fabricantes. Para aplicações internas (calibração e verificação), o usuário pode definir os valores de EMA.

Todo e qualquer equipamento apresenta erros, que podem se tornar maiores com o uso. Por isso, calibrações devem ser periodicamente realizadas. Para os laboratórios acreditados, os procedimentos de calibração devem, prioritariamente, seguir documentos normativos ou reconhecidos na comunidade científica (ABNT, 2005).

Até alguns anos atrás, era comum observar nas normas ISO referente a instrumentos de medição convencionais a especificação dos erros máximos admissíveis. Entretanto, seguindo a orientação da ISO 14978 (2006), as revisões atuais não apresentam os limites para os erros máximos admissíveis, apenas quais características devem ter este valor informado pelos fabricantes. Países como Alemanha, Reino Unido e Japão não concordaram com esta prática, e tem mantido especificado em normas específicas os erros máximos admissíveis, como está apresentado no capítulo seguinte deste artigo.

Na análise dos certificados de calibração, são comparados os resultados de medição com os erros máximos admissíveis para as diferentes características metrológicas que qualificam o instrumento de medição. Neste sentido, as CMCs declaradas pelos laboratórios devem ser significativamente inferiores aos respectivos EMAs, sob risco de inviabilizar a calibração realizada. Ou seja, os métodos de calibração aplicados pelos laboratórios devem ser apropriados, permitindo aderência aos limites de erros especificados em documentos normativos ou fabricantes.

4. ADEQUAÇÃO DOS ESCOPOS DE ACREDITAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO CONVENCIONAIS UTILIZADOS NO CONTROLE DE ESPECIFICAÇÕES GEOMÉTRICAS: UM ESTUDO DE CASO

A ISO 14978 (2006) especifica os requisitos gerais para instrumentos de medição convencionais, entre eles micrometros relógios comparadores, paquímetros, desempenos, medidores de altura, blocos-padrão, apresentando definições e generalidades sobre características metrológicas e recomendações na definição dos erros máximos admissíveis. A partir desta norma, a ISO normatiza os instrumentos de medição convencionais, quanto ao design e as características metrológicas sem, contudo, estabelecer limites para os erros máximos admissíveis. Neste artigo, são tratados os equipamentos: paquímetro, micrômetro e relógio comparador, por serem representativos no contexto da ISO 14978 (2006). As normas internacionais que tratam destes instrumentos são: ISO 13385-1(2011), ISO 3611(2010), ISO 463 (2006), respectivamente.

O estudo de caso aborda inicialmente um levantamento quanto a apresentação das Capacidades de Medição e Calibração apresentadas nos escopos de acreditação, sequenciado por levantamento dos erros máximos admissíveis

estabelecidos por tipo de equipamento. Após a comparação dos resultados obtidos nestes levantamentos, é proposta uma forma de apresentação de escopo de acreditação, que permitia ao usuário ter subsídios para uma seleção apropriada do prestador de serviço de calibração.

4.1. Levantamento dos escopos de acreditação

Em auditorias de certificação, o sistema metrológico é responsável por gerar grande parte das não conformidades. Isso ocorre devido ao desconhecimento da importância do sistema metrológico para os processos (Silva, Campos, 2001). Beges et al. (2009) observa que as CMCs são fatores importantes na declaração da performance metrológica e que os países, em geral, apresentam diferentes valores de CMC, o que reflete tanto a competência técnica de medição existente, como também as necessidades nacionais para calibrações rastreáveis. Em termos de laboratórios acreditados, também é possível identificar uma variabilidade significativas entre as CMCs declaradas. Foram avaliados os organismos de acreditação dos Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e Brasil. Os dados foram coletados das bases de dados disponibilizadas pela A2LA (2015), UKAS (2015), DAkkS (2015) e CGCRE (2015), respectivamente.

4.1.1. Escopo de acreditação para paquímetro

No levantamento das CMCs nos quatro organismos de acreditação, foi observada uma variação significativa nos valores apresentados, seja entre os organismos como também dentro de uma mesma entidade. A Tab. 1 apresenta os valores mínimo e máximo observados para os comprimentos de 150 mm e 600 mm em um paquímetro.

Nos escopos de acreditação dos laboratórios do UKAS, os valores de CMC apresentados pelos laboratórios para determinado comprimento são os mesmos, isso porque todos os laboratórios utilizam a mesma equação para expressar a CMC, e essa depende somente do comprimento avaliado. Para os laboratórios da DAkkS, as variações dos valores ocorreram somente para comprimentos maiores de 300 mm, isso porque as equações usadas por alguns laboratórios para calcular a CMC utilizavam uma equação diferente dos demais.

Nos laboratórios acreditados pela CGCRE e pela A2LA, é possível detectar uma variabilidade significativa entre os valores declarados nos escopos de acreditação.

Tabela 1. Capacidade de Medição e Calibração declaradas para paquímetro.

Comprimento (mm)		Organismo de Acreditação			
		A2LA	CGCRE	UKAS	DAkkS
0 a 150	Menor valor (μm)	1,4	7,0	14,5	34,5
	Maior valor (μm)	28,7	30,0	14,5	34,5
0 a 600	Menor valor (μm)	2,5	7,0	28	48
	Maior valor (μm)	36,3	37,0	28	68

Enquanto o UKAS e a DAkkS apresentam um formato padrão para apresentação dos escopos de acreditação de paquímetro, a CGCRE e a A2LA permitem uma diversidade de formatos, como pode ser observado na Tab. 2.

Tabela 2. Forma de expressão dos valores da CMC apresentados para paquímetro.

Organismo de acreditação	Exemplos de Formas de expressão da CMC
A2LA	380 μin 0.6R μin (710 + 2.5 L) μin , L em in 22 μin + 0.6R (0.6R + 12.5L) μin , L em in e R em in
CGCRE	0,01 mm 0,01mm até 0,04mm [10 + (L/50)] μm
UKAS	[10 + (30 x length in m)] μm
DAkkS	[30 μm + 30.10 ⁻⁶ *L] μm , L em mm [50 μm + 30.10 ⁻⁶ *L] μm , L em mm

Com relação aos valores apresentados na Tab. 2 para a A2LA e CGCRE, trata-se de exemplos, sendo que diferentes coeficientes são utilizados nos formatos apresentados, o que gerou a variação apresentada na Tab. 1. No caso do UKAS e DAkkS, são as expressões praticamente exclusivas que foram utilizadas nos escopos de acreditação de paquímetro para as CMCs declaradas.

4.1.2. Escopos de acreditação para micrômetro externo

Na avaliação dos escopos de acreditação para micrômetros externos, como apresentado na Tab. 3, é possível observar que por vezes a CMC é expressa em forma de equação, onde não apenas o comprimento é uma variável da equação, mas também a resolução do instrumento é levada em consideração. É possível também evidenciar a CMC expressa por valores fixados para determinadas faixas de medição.

Tabela 3. Forma de expressão dos valores da CMC apresentados para micrômetro externo.

Organismo de acreditação	Exemplos de Formas de expressão da CMC
A2LA	75 μm (0,6 R + 13 L) μm , L em μm e R em in (60 + 20 L) μm , L em in (3,2 + 4,4 L + 0,6R) μm , L em μm e R em in 0,6 R μm
CGCRE	2 μm 1,4 até 2,0 μm [0,6 + (L/330)] μm , L em mm
UKAS	1,0 + (8,0 L) μm , L em m 1,0 + (5,0 L) μm , L em m
DAkkS	3 + 10 x 10 ⁻⁶ L μm , L em mm

Devido à variabilidade de formatos (e variações nos coeficientes das equações) atribuída a CMC, é possível identificar uma dispersão significativa nos valores de CMC declarados nos laboratórios acreditados pela A2LA e CGCRE. A Tab. 4 apresenta as CMCs declaradas nos escopos de acreditação dos laboratórios, considerando as faixas de medição de 0 a 25 mm e de 275 a 300 mm.

Tabela 4. Capacidade de Medição e Calibração declaradas para micrômetro externo.

Faixa de medição (mm)		Organismo de Acreditação			
		A2LA	CGCRE	UKAS	DAkkS
0 a 25	Menor valor (μm)	0,2	0,7	1,1	3,2
	Maior valor (μm)	6,5	3,0	2,0	3,8
275 a 300	Menor valor (μm)	0,7	1,0	2,5	6,0
	Maior valor (μm)	16,0	5,0	3,5	8,0

No UKAS praticamente são utilizadas equações para a expressão da CMC de micrômetros externos, com poucas alterações numéricas entre os diferentes OAC, resultando assim em valores de CMC homogêneos entre os OAC acreditados por este organismo.

Na DAkkS, a CMC para micrômetros externos é expressa em função do comprimento, e nelas a dimensão de comprimento também é a única variável presente. Devido aos coeficientes aplicados, a DAkkS apresenta valores mais discrepantes em relação o UKAS.

4.1.3. Escopos de acreditação para relógio comparador

As Tab. 5 e 6 apresentam os valores de CMC para a faixa de medição de 10 mm e as formas de expressão para relógio comparador dos quatro organismos de acreditação estudados. Assim, como os demais instrumentos já discutidos, as formas de expressão da CMC e seus valores diferem entre os laboratórios acreditados.

Tabela 5. Capacidade de Medição e Calibração declaradas para relógio comparador.

Faixa de medição (mm)		Organismo de Acreditação					
		A2LA		CGCRE	UKAS	DAkkS	
	Resolução (mm)	0,001	0,01	-	-	0,001	0,01
0 a 10	Menor valor (μm)	0,4	0,4	0,4	1,0	1,1	2,1
	Maior valor (μm)	15,0	15,0	8,0	3,0	5,1	5,1

Nos laboratórios acreditados pelo UKAS, diferente do observado no paquímetro e micrômetro externo, são adotados valores individuais como forma de expressão da CMC de relógio comparador.

Para os laboratórios acreditados pela A2LA permanece a diversificação na forma de apresentação da CMC, quando são encontrados tanto o uso de valores individuais e como equações, onde as variáveis são a faixa de medição e a resolução ou somente uma delas. Os valores obtidos também mostram grande variabilidade entre os escopos de laboratórios analisados, principalmente na A2LA e CGCRE.

Nos laboratórios da CGCRE, a CMC de relógio comparador é expressa em valores individuais. Na Tab. 6 é possível perceber que há valores acompanhados de um símbolo de asterisco (*), o que significa que no valor da CMC não estão incluídas todas as contribuições oriundas do instrumento.

Para os escopos de laboratórios da DAkKS é possível observar que a expressão da CMC para relógios comparadores é feita da mesma forma que para micrômetros externos e paquímetros, ou seja, com adoção de equações em função do comprimento. Alguns laboratórios especificam diferentes CMCs em função da resolução do instrumento de medição.

Tabela 6. Forma de expressão dos valores da CMC apresentados para relógio comparador.

Organismo de acreditação	Exemplos de Formas de expressão da CMC
A2LA	$(60 + 20 L) \mu\text{in}$, L em in $(34 + 0.6 R) \mu\text{in}$, R em μin $0,6 R \mu\text{in}$ $93 \mu\text{in}$
CGCRE	$6,0 \mu\text{m}$ $*1,0 \mu\text{m}$
UKAS	$1,0 \mu\text{m}$ $3,0 \mu\text{m}$
DAkKS	$3 + 10 \times 10^{-6} L \mu\text{m}$, L em mm

4.1.4. Análise crítica dos escopos de laboratório para os instrumentos analisados

Nos três instrumentos de medição avaliados, foram observadas diferenças entre os escopos de acreditação dos laboratórios. O UKAS e a DAkKS apresentaram maior uniformidade nos valores e formatos apresentados. É importante destacar que estes organismos estão situados em países em que os documentos normativos são devidamente controlados. Além das normas ISO já estarem atualizadas em suas versões nacionais (normas BS e DIN respectivamente), eles oferecem documentos orientativos para realização das calibrações. Citam-se os documentos da série DAkKS-DKD-R 4-3 (2010), que estabelecem as diretrizes de calibração para os instrumentos de medição convencionais utilizados no controle geométrico de produtos. No Brasil, o documento orientativo DOQ-CGCRE004 (2010) é genérico e necessita de revisão, não contribuindo para uma prática comum dos laboratórios acreditados. Também pode ser observado que as várias normas NBR estão disponíveis em versões obsoletas da ISO, o que acontece com a norma brasileira para paquímetros e micrômetros. Em contrapartida, o Reino Unido e a Alemanha apresentam normas complementares a ISO para os instrumentos de medição estudados.

4.2. Caracterização dos Erros Máximos Admissíveis para instrumentos de medição convencionais

As versões atualizadas das normas ISO para os instrumentos de medição convencionais têm sido revisadas com base na norma ISO 14978 (2006), nas quais estão sendo definidas e estabelecidas as características construtivas e metrológicas, sem estabelecer os erros máximos admissíveis. Em edições anteriores era comum que os EMA estivessem inseridos na mesma norma e seus valores estivessem associados aos comprimentos medidos e/ou a resolução dos instrumentos de medição.

A norma ISO que trata das características construtivas e metrológicas para determinado instrumento de medição usualmente apresenta um modelo para especificação das características metrológicas, para as quais os fabricantes ou usuários deveriam estabelecer os erros máximos admissíveis. A Fig. 1 apresenta um modelo de especificação das características metrológicas para o paquímetro, na qual são apresentadas as características metrológicas para as quais devem ser definidos os erros máximos admissíveis. As siglas MPE_E , MPE_R , MPE_S , MPE_L , MPE_J e MPE_K representam os erros máximos admissíveis para as diferentes características metrológicas para o paquímetro, definidas na ISO 13385-1 (2011).

Vários países têm-se adequadamente às normas ISO, mas não concordaram com a flexibilidade proposta pela ISO 14978 (2006), onde fabricantes e usuários poderiam estabelecer os erros máximos admissíveis para os equipamentos de medição utilizados no controle geométrico de produtos. A norma DIN 878 foi totalmente revisada em 2006, onde somente permaneceram estabelecidos os erros máximos admissíveis para o relógio comparador centesimal, operando assim em complementação a norma ISO 463 (2006). A Alemanha foi contra a decisão de excluir os erros máximos admissíveis das normas ISO e por isso a edição DIN 878 (2006) foi publicada para garantir que a indústria alemã continuasse a ter acesso a um valor limite para as características metrológicas. Outros países também têm mantido ou revisado suas normas nacionais para manter a padronização dos erros máximos admissíveis para os instrumentos de medição convencionais, como é caso do Japão (normas JIS), e Reino Unido (normas BS).

Comprimento	Erro Máximo Admissível	
	Força de medição, divisão de escala ou indicação digital.	
	MPE	
mm	µm	
50		MPE _R µm
100		MPE _S µm
150		MPE _L µm
200		MPE _J µm
300		MPE _K µm
400		
600		Divisão de escala mm
800		Indicação digital mm
1 000		
1 400		Máxima força de medição N
1 600		
2 000		

Figura 1. Folha de Especificação das características metrológicas para paquímetro.

Fonte: ISO 13385-1 (2011)

No Brasil, em relação aos instrumentos foco deste artigo, apenas a norma do Relógio Comparador foi atualizada recentemente, mais precisamente em 2013, e esta não define valores para os EMAs. As normas brasileiras referentes a paquímetro e micrômetro ainda estão referenciadas a edições anteriores da ISO.

4.2.1. Erros máximos admissíveis para paquímetro.

De acordo com a ISO 13385-1 (2011), são definidas seis características metrológicas para o paquímetro: erro de medição externa com contato parcial (E), repetibilidade do erro de medição externa com contato parcial (R), erro devido a mudança de escala (S), erro de medição externa com contato linear (L), erro de medição externa em contato total das faces (J) e erro devido bordas das orelhas em pequenos orifícios (K).

A Alemanha e o Reino-Unido apresentam as normas complementares DIN 862 (2015) e BS 887 (2008), nas quais são definidos os erros máximos admissíveis. No caso da BS 887 (2008), são estabelecidos os valores de EMA apenas para paquímetros com resolução de 0,02 mm.

O Japão segue a norma JIS B 7507 (1993), reafirmada em 2012, para o paquímetro, a qual não foi atualizada de acordo com a ISO 13385-1 (2011).

O Brasil segue com ABNT NBR 216 (2000), baseada na ISO/DIS 13385 (1996), a qual coloca como características metrológicas o erro de indicação e o erro de contato linear próximo ao ponto zero da escala do paquímetro.

A Tab. 7 resume os erros máximos admissíveis apresentados em diferentes normas, para comprimentos até 300 mm.

Tabela 7. EMAs para paquímetro apresentados em documentos normativos.

Característica metrológica: Erro de indicação (µm)							
Comprimento (mm)	ABNT NBR 216 (2000)			BS 887 (2008)	JIS B 7507 (1993)		
	Resolução (mm)			Resolução (mm)	Resolução (mm)		
	0,05	0,02	0,01	0,02	0,05	0,02	0,01
0 - 50	50	20	20	20	50	20	20
0 - 100	50	20	20	20	60	30	30
100 - 200	50	30	30	20	70	30	30
200 - 300	50	30	30	20	80	40	40

4.2.2. Erros máximos admissíveis para micrômetro.

De acordo com a ISO 3611 (2010), para o micrômetro são definidas três características metrológicas principais: Erro de indicação com toda a face de contato, repetibilidade do erro de indicação com toda a face e o erro de indicação com contato parcial, no qual está inserido o erro de paralelismo e de planeza do micrometro.

A Alemanha e o Reino-Unido mantiveram as normas DIN 863 (1999) e a BS 870 (2008), respectivamente, nas quais estão definidos os erros máximos admissíveis.

O Japão segue a norma JIS B 7502 (1994) para o micrometro, a qual não foi atualizada de acordo com a ISO 3611 (2010), mas foi reafirmada em 2010 mantendo suas características originais. Esta norma define valores de EMA.

O Brasil mantém a norma NBR NM ISO 3611 (1997), que está baseada na ISO 3611 (1978), a qual coloca como características metrológicas o erro de indicação, o erro de paralelismo e o erro de planeza do instrumento, apresentando também os erros máximos admissíveis.

A Tab. 8 resume os erros máximos admissíveis apresentados em diferentes normas, para comprimentos até 300 mm.

Tabela 8. EMAs para micrômetro externo apresentados em documentos normativos.

Faixa de Medição (mm)	DIN 863 (1999)			ABNT NBR NM ISO 3611			BS 870 (2008)		
	Característica metrológica (µm)								
	Erro de indicação	Paralelismo	Planeza	Erro de indicação	Paralelismo	Planeza	Erro de indicação *	Paralelismo	Planeza
0 – 25/ 25 - 50	4	2	0,6	4	2	1	3	3	1
50 – 75/ 75 - 100	5	3	0,6	5	3	1	3	5	1
100 – 125/ 125 - 150	6	3	0,6	6	4	1	3	5	1
150 – 175/ 175 - 200	7	4	0,6	7	5	1	3	5	1
200 - 225	8	4	0,6	8	6	1	3	5	1
225 - 250	8	4	0,6	8	6	1	3	8	3
250 - 275	9	5	0,6	9	7	1	3	8	3
275 - 300	9	5	0,6	9	7	1	3	8	3

(*) Erro de indicação do fuso micrométrico

4.2.3. Erros máximos admissíveis para relógio comparador.

De acordo com a ISO 463 (2006), são consideradas as seguintes características metrológicas para o relógio comparador: histerese do erro de indicação, repetibilidade do erro de indicação, erro de indicação em qualquer 1/10 de volta, erro de indicação em qualquer 1/2 de volta, erro de indicação em uma volta e erro de indicação na faixa de medição.

A Alemanha e o Reino-Unido atualizaram as normas DIN 878 (2006) e a BS 907 (2008), respectivamente, com a definição de valores para o EMA para relógios comparadores centesimais. O Japão segue a norma JIS B 7503 (2011) para o micrometro, buscando adequação com ISO 3611 (2010), e foi reafirmada em 2015. Vale ressaltar que a JIS B 7503 (2011) define valores de EMA para relógios comparadores centesimais e milésimais.

O Brasil atualizou a ABNT NBR ISO 463 (2013), e não foram estabelecidas normas adicionais para definição dos erros máximos admissíveis. Assim, esta definição fica a critério do fabricante e ou do usuário.

A Tab. 9 resume os erros máximos admissíveis apresentados em diferentes normas, para as faixas de medição de 3 e 10 mm.

Tabela 9. EMAs para relógio comparador centesimal apresentados em documentos normativos.

Característica metrológica		DIN 878 (2006)		JIS B 7503 (2011)		BS 907 (2008)	
		Faixa de medição (mm)					
		3	10	3	10	3	10
Histerese do erro de indicação (µm)		3	3	3	3	3	3
Repetibilidade do erro de indicação (µm)		3	3	3	3	2	2
Erro de indicação em	1/10 de volta (µm)	5	5	5	5	5	5
	1/2 de volta (µm)	8	9	9	9	7,5	7,5
	1 volta (µm)	9	10	10	10	10	10
	Na faixa de medição (µm)	10	15	12	15	20	20

4.2.4. Análise crítica dos escopos de laboratório para os instrumentos analisados

Em relação aos documentos normativos emitidos analisados acima, verifica-se uma convergência para os erros máximos admissíveis. Desse modo, é esperado que fabricantes de instrumentos de medição apresentem limites erros compatíveis aos valores estabelecidos em normas.

Pode ser observado que as características metrológicas destacadas nas normas ISO se mantêm praticamente as mesmas declaradas nos documentos complementares, quando se trata do relógio comparador. Para os casos de paquímetro e de micrômetro, a ênfase das normas complementares é para o erro de indicação. Diferente do especificado na norma ISO 3611 (2010), as normas complementares também apresentam erros máximos admissíveis para o erro de paralelismo, quando a norma ISO 3611 (2010) havia incluído este efeito no erro de indicação de contato parcial.

Considerando uma variabilidade pequena nas especificações apresentadas para os instrumentos de medição, e tendo em conta que as normas ISO apresentam orientações para realização das calibrações, propondo inclusive padrões de referência, é possível buscar uma melhor padronização na apresentação dos escopos de acreditação e CMC.

5. PROPOSTA DE APRESENTAÇÃO DE ESCOPO

O Erro Máximo Admissível é uma base para limitar o erro dos equipamentos de medição, tanto para os fabricantes, quanto para o usuário. Assim, a CMC declarada nos escopos de acreditação devem ser coerentes com os EMAs, sob pena de reprovar equipamentos ainda aptos ao uso. Por outros lados, as próprias normas ISO recomendam os métodos convencionais de calibração, onde já estão razoavelmente limitadas as incertezas oriundas dos padrões utilizados. As condições ambientais são controladas, e com isso a CMC é fica em função do comprimento avaliado e da resolução do instrumento de medição. Como observado na definição das características metrológicas para os instrumentos estudados, pode ocorrer a existência de mais de um parâmetro a ser avaliado. Outro aspecto a ser considerado é a inclusão da norma de referência utilizada para realizar a calibração do instrumento de medição, como citado nos escopos do UKAS e DAkkS. Outra alternativa é a informação do padrão utilizado na calibração, como citado nas observações de vários escopos da A2LA.

Na elaboração do escopo de acreditação, os seguintes campos deveriam ser considerados: descrição do serviço, a faixa de medição, menor resolução aplicável, característica metrológica, CMC e observações, quando pertinente. Um exemplo de preenchimento com estes campos está apresentado na tab. 10.

Tabela 10. Exemplo de preenchimento de escopo de acreditação.

Descrição do Serviço	Faixa/Amplitude de medição	Menor resolução indicada	Característica metrológica	CMC	Observações
Paquímetro	0 – 300 mm	0,01 mm	Erro de indicação (contato parcial)	0,02 mm	ISO 13385-1 (2010)
Micrômetro externo	0 – 300 mm	0,001 mm	Erro de indicação (contato parcial)	0,002 mm a 0,004 mm	ISO 3611 (2010)
Relógio comparador	0 – 10 mm	0,001 mm	Erro de indicação em deslocamento parcial	0,001 mm	ISO 463 (2006)

A indicação da menor resolução no escopo da acreditação permite ao usuário associar a respectiva CMC. Caso o instrumento apresentar uma resolução superior, fica entendido que a CMC também será maior. Os formatos assumidos pela CMC podem seguir uma das formas recomendadas pelo ILAC (2013).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os estudos realizados sobre os escopos de acreditação dos laboratórios dos quatro organismos de Acreditação e dos EMA para os três instrumentos de medição, é possível chegar a algumas conclusões. Primeiramente, apesar ser necessário estabelecer uma relação entre CMC e EMA e ser importante para os clientes dos laboratórios de calibração, pois com tal comparação seria possível verificar se os serviços de determinado laboratório atendem as necessidades do cliente, parece que ainda há muito a se fazer no que se refere a facilitar tal comparação para o cliente.

Dentre os fatores que dificultam a interação entre valores de CMC e EMA, há tantas contribuições dos escopos de acreditação quanto dos documentos normativos para calibração de instrumentos. Da parte dos escopos de acreditação dos laboratórios se destacam a falta de padronização nas formas de expressão da CMC entre os laboratórios, a falta de homogeneidade nos valores, falta de informações sobre a resolução do instrumento usado para obter o valor da CMC e fontes de incerteza contempladas em sua composição. Já nos documentos normativos, o que se observou para os instrumentos estudados, é que as normas ISO estão abolindo valores numéricos de EMA destes documentos. Isso já foi criticado e normas complementares estão sendo elaboradas, podendo ser uma referência para fabricantes e usuários estabelecerem seus limites de erro. É fato que uma variabilidade ainda continuará acontecendo, é isto exige que, com a falta de uma padronização, mais informações sejam disponibilizadas nos escopos de acreditação.

7. REFERÊNCIAS

- A2LA (American Association for Laboratory Accreditation), 2015, “A2LA Directory of Accredited Organizations”. Disponível em <https://www.a2la.org/dirsearchnew/newsearch.cfm>.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2004, “ABNT NBR ISO 10012: Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2005, “ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2005, “ABNT NBR ISO/IEC 17011: Avaliação da conformidade – requisitos gerais para os organismos de acreditação que realizam acreditação de organismos de avaliação de conformidade”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2000, “ABNT NBR NM 216: Paquímetros e paquímetros de profundidade – Características construtivas e requisitos metrológicos”, Rio de Janeiro, Brasil.

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1997, “ABNT NBR NM 3611: Micrômetro para medições externas”, Rio de Janeiro, Brasil.
- Beges, G., Drnovsek, J., Pendril, L. R., 2010, “Optimising calibration and measurement capabilities in term of economics in conformity assessment, Journal: Accreditation and Quality Assurance, Vol 15, pp. 147-154.
- BS (British Standards), 2008, “BS 887: Precision Vernier calipers. Requirements and test methods”, London, United Kingdom.
- BS (British Standards), 2008, “BS 870: Specification for external micrometers”, London, United Kingdom.
- BS (British Standards), 2008, “BS 907: Specification for dial gauges for linear measurement”, London, United Kingdom.
- CGCRE (Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO), 2010, “DOQ-CGCRE-004: Orientação para a realização de calibrações no grupo de serviços de calibração em metrologia dimensional”, revisão 2, Rio de Janeiro, Brasil.
- CGCRE (Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO), 2015, “DOQ-CGCRE-020: Definições de termos utilizados nos documentos relacionados à acreditação de laboratórios, produtores de materiais de referência e provedores de ensaios de proficiência”, revisão 6, Rio de Janeiro, Brasil.
- CGCRE (Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO), 2015, “Sistema de Consulta aos Escopos de Acreditação dos Laboratórios de Calibração Acreditados (Rede Brasileira de Calibração - RBC)”. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/>.
- DAKKS (Deutsche Akkreditierungsstelle), 2010, “DAkKS-DKD-R 4-3: Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen”, partes 1 a 13. Disponível em http://www.dakks.de/doc_kalibrier.
- DAKKS (Deutsche Akkreditierungsstelle), 2015, “Accredited bodies (DAkKS)”. Disponível em <http://www.dakks.de/en/content/accredited-bodies-dakks>.
- DICLA (Divisão de Acreditação de Laboratórios do INMETRO), 2013, “NIT-DICLA-021: Expressão da incerteza de medição por laboratórios de calibração”, revisão 9, Rio de Janeiro, Brasil.
- DIN (Deutsches Institut für Normung), 2015, “DIN 862: Geometrical product specifications (GPS) – calipers – Maximum permissible errors”, Berlin, Germany.
- DIN (Deutsches Institut für Normung), 1999, “DIN 863: Verification of geometrical parameters – Micrometers – Part 1: Standard design micrometer calipers for external measurement; concepts, requirements, testing”, Berlin, Germany.
- DIN (Deutsches Institut für Normung), 2006, “DIN 878: Geometrical product specifications (GPS) – Mechanical dial gauges – Limits for metrological characteristics”, Berlin, Germany.
- ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation), 2013, “ILAC-P14: ILAC Policy for Uncertainty in Calibration. ILAC. 2013”, Disponível em <http://ilac.org/publications-and-resources/ilac-documents/procedural-series/>.
- INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), 2012, “Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais de termos associados (VIM 2012)”, Rio de Janeiro, Brasil. Traduzido de: International Vocabulary of Metrology: basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2012. 3rd. ed. 2012.
- ISO (International Organization for Standardization), 2006, “ISO 14978: Geometrical product specifications (GPS) - General concepts and requirements for GPS measuring equipment”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2006, “ISO 463: Geometrical Product Specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment - Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2010, “ISO 3611: Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment: Micrometers for external measurements - Design and metrological characteristics”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2010, “ISO 13385-1: Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment - Part 1: Callipers; Design and metrological characteristics”, Geneva, Switzerland.
- JIS (Japanese Industrial Standard), 1993, “JIS B 7507: Vernier, dial and digital calipers”, Tokyo, Japan.
- JIS (Japanese Industrial Standard), 1994, “JIS B 7502: Micrometer calipers”, Tokyo, Japan.
- JIS (Japanese Industrial Standard), 2011, “JIS B 7503: Mechanical dial gauges”, Tokyo, Japan.
- Silva, Eduardo Abreu da; Campos, Renato de, 2001, “A importância da metrologia na gestão empresarial e na competitividade do País”, Anais do Encontro Nacional de Engenharia da Produção (ENEGEP 2001), Salvador, Brasil.
- UKAS (United Kingdom Accreditation Service), 2015, “Accredited Organisations”. Disponível em http://www.ukas.com/browes_accredited_organisations/?org_cat=22&parent1=&org_type=Calibration%20Labs&at_name=Dimensional.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

Calibration and Measurement Capability and its impact on the metrological confirmation

Guilherme Venturi, guigaven.gv@gmail.com¹

Wiliam Eidt, wiliam.92.eidt@gmail¹

Sueli Fischer Beckert, sueli.f@ufsc.br¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Dr João Colin, 2700, 89218-035, Joinville - SC

Abstract: *There are many factors that influence the quality of the production process and consequently in obtaining manufactured products according to their technical specifications. One of these factors is due to the industrial metrology management system, which should ensure the implementation and correct interpretation of measurement results. For this, the instruments must be calibrated and checked and when they are selected properly, will meet the conditions to carry out the measurement task consistently. A growing number of companies have made use of accredited laboratories to calibrate their measuring instruments. However, for the company to assess whether the equipment meets the maximum permissible errors (MPE), it is necessary for the Calibration and Measurement Capabilities (CMC) of the selected laboratories are appropriate. In order to make an analysis of the CMC presented by accredited laboratories, they were studied four different accreditation bodies: UKAS from United Kingdom, A2LA from Unitate States, DAkkS from Germany and CGCRE from Brazil. The accreditation scopes have been studied in more than 470 laboratories for three conventional instruments from dimensional area. The article provides a detailing of the different results, and compares the CMC values presented by the laboratories with the maximum permissible errors set out in documents. With regard to accreditation bodies, it was evident that currently there is no standardization in the way information is presented. In some cases, there were significant differences between the laboratories accredited by the same accreditation body is in the form of presentation, as the values assigned to CMC determined calibration service. In other cases, it was found the standardization of a same value for a given service and measurement range assigned most accredited laboratories for the same organism. From these findings, the different forms of CMC expression were studied, of which stood out for the measuring instruments consulted: absolute value and range of values (limits or equation depending on the resolution and/ or equipment measuring range). Through the conducted study concluded that currently there is no standardization in all accreditation bodies, in the way in which data on the CMC are presented, in this way it is noted the need to occur standardization, at least the accredited laboratories from the same accreditation body. As soon, the article also proposes a form of presentation of CMC, which can help companies in laboratory selection that meets your calibration needs.*

Keywords: Calibration and Measurement Capability, CMC, Calibration, Accreditation.