	INSTRUÇÃO DE TRABALHO CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 1 de 1

Rev	Data	Revisado por:	Rubrica:	Aprovado por:	Rubrica:
07	julho/2007	Renê Benedetti		Danilo Lapastini	

1 OBJETIVO:

Estabelecer um método para o Cálculo de Incerteza de Medição associadas à calibração de Máquinas de Medição por Coordenadas (MMC).

2 CAMPO DE APLICAÇÃO:

Este documento se aplica à calibração de Máquinas de Medição por Coordenadas calibradas pelo Laboratório de Calibração da HEXAGON METROLOGY SISTEMAS DE MEDIÇÃO LTDA.

3 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES:

- Guia para a expressão da incerteza de medição - "ISO GUM"
- EA-4/02: Expressão da incerteza de medição na calibração
- EA-4/02-S1: Expressão da incerteza de medição na calibração - exemplos

Nota: O usuário é o responsável pela utilização destes documentos em suas últimas versões.

4 DEFINIÇÕES:

Utilizar o capítulo "Definições" dos documentos "EA-4/02" e "ISO GUM".

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS:

5.1 Considerações iniciais:

A HEXAGON METROLOGY disponibiliza para o Laboratório de Calibração, uma planilha eletrônica para agilizar e otimizar o processo de cálculo das incertezas referentes a cada calibração realizada por seu Laboratório.

Esta planilha está validada quanto a sua matemática e está protegida eletronicamente. As diretrizes do documento EA-4/02 serviram de referência para a elaboração desta Instrução. Os registros de validação desta planilha são mantidos como registros do SGQ.


5.2 Metodologia de cálculo para os erros de indicação:

5.2.1 Cálculos das médias aritméticas e dos desvios padrão:

Nota inicial: A metodologia a seguir aplica-se para as incertezas de todas as posições: X, Y, Z, V1, V2, V3 e V4.

Calcular a média aritmética das "n" medições feitas por posição calibrada, no caso n=3.

- **Fórmula:**

	<p style="text-align: center;">INSTRUÇÃO DE TRABALHO</p> <p style="text-align: center;">CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO</p>	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 2 de 2

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

n = Número de observações
 Onde: x_i = Observação individual
 \bar{x} = Média aritmética

Nota: Cada média aritmética obtida é corrigida. Utiliza-se para isto, os valores (erros sistemáticos) registrados no Certificado de Calibração do Padrão utilizado.

Calcular o desvio padrão experimental por posição calibrada, através da seguinte fórmula:

$$s_{(x)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$s_{(x)}$ = Desvio padrão experimental
 Onde: n = Número de observações
 x_i = Observação individual
 \bar{x} = Média aritmética

5.2.2 Cálculo das incertezas padrão:

Abaixo estão definidas por experiência, as grandezas mais significativas para o cálculo da incerteza padrão, incluindo o tipo de incerteza, o tipo de distribuição de probabilidade e o coeficiente de sensibilidade.

a) Padrão de Referência (X_1):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Normal (N)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_1):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x1)}$):** Determinada a partir do certificado de calibração do Padrão;
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x1} = \frac{U}{k}$$

Onde:


u_{x1} = Incerteza padrão associada ao padrão de referência

U = Incerteza de medição expandida declarada no certificado do padrão

k = Fator de abrangência declarado no certificado

b) Mensurando (X_2):

- **Incerteza Tipo:** A
- **Distribuição de probabilidade:** Normal (N)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_2):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x2)}$):** Determinada a partir do desvio padrão experimental das medidas;

	INSTRUÇÃO DE TRABALHO		CÓDIGO: IQ9-04
	CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO		REVISÃO: 07
			PÁGINA: 3 de 3

- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x2} = \frac{S_{(x)}}{\sqrt{n}}$$

u_{x2} = Incerteza padrão associada ao mensurando

Onde: $s_{(x)}$ = Desvio padrão experimental

n = Número de observações

c) Erro de Apalpação (X_3):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_3):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x3)}$):** Determinado a partir do erro de apalpação da MMC;
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x3} \frac{A}{\sqrt{3}}$$

Onde: u_{x3} = Incerteza padrão associada ao erro de apalpação

A = Erro de apalpação

d) Incerteza da esfera (X_4):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Normal (N)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_4):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x4)}$):** Determinada a partir do certificado de calibração da Esfera;
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão**

$$: u_{x4} = \frac{U}{k}$$

Onde:


u_{x4} = Incerteza padrão associada a esfera

U = Incerteza de medição expandida declarada no certificado de calibração da esfera

k = Fator de abrangência declarado no certificado

e) Resolução do mensurando (X_5):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_5):** 1

	INSTRUÇÃO DE TRABALHO		CÓDIGO: IQ9-04
			REVISÃO: 07
	CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO		PÁGINA: 4 de 4

- **Origem da incerteza ($u_{(x5)}$):** Valor de uma divisão da MMC, determinada a partir do catálogo ou manual da máquina;
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x5} = \frac{R}{2\sqrt{3}}$$

Onde: u_{x5} = Incerteza padrão associada a resolução do mensurando
 R = Resolução do mensurando

f) Afastamento de 20°C (X_6):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** *
- **Coefficiente de sensibilidade (c_6):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x6)}$):** Estimativa do afastamento da temperatura de referência 20°C multiplicada pela média dos coeficientes de dilatação térmica das escalas e do padrão;

A estimativa do afastamento da temperatura de referência é de 1°C.

A média dos coeficientes é estimado em $\pm 2,0 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ gerado pela incerteza de $\pm 1,0 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ de cada coeficiente de dilatação térmica (padrão de referência e escalas);

- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x6} = \frac{\Delta T^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} * \frac{\Delta \alpha^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} \text{ Onde:}$$

u_{x6} = Incerteza padrão associada ao afastamento de 20°C

$\Delta T^\circ\text{C}$ = Estimativa do afastamento da temperatura em relação a temperatura de referência (20°C)


$\Delta \alpha^\circ\text{C}^{-1}$ = Estimativa da diferença entre o coeficiente de dilatação da escala e padrão de referência

(*) Não existe uma distribuição definida, pois é uma combinação de distribuição retangular e distribuição triangular.

g) Gradiente de temperatura (X_7):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coefficiente de sensibilidade (c_7):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x7)}$):** Estimativa da diferença de temperatura entre padrão e escala.

A estimativa do gradiente de temperatura é de 0,2 °C por observações anteriores.

	<p style="text-align: center;">INSTRUÇÃO DE TRABALHO</p> <p style="text-align: center;">CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO</p>	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 5 de 5

- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x7} = \frac{\Delta t^{\circ}C}{\sqrt{3}}$$

Onde:

u_{x7} = Incerteza padrão associada ao gradiente de temperatura

$\Delta t^{\circ}C$ = Estimativa da diferença de temperatura entre padrão de referência e escala

h) Deriva do padrão (X_8):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coefficiente de sensibilidade (c_8):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x8)}$):** Variação temporal do padrão obtida a partir dos últimos certificados.

A estimativa da variação temporal é de 0,0002mm

- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão:**

$$u_{x8} = \frac{D}{\sqrt{3}}$$

Onde: u_{x8} = Incerteza padrão associada a deriva do padrão
D = Deriva do padrão

5.2.3 Contribuição para incerteza padrão:

A contribuição para a Incerteza padrão é calculada através da seguinte fórmula:

u_i = Contribuição para a Incerteza Padrão

$u_i = u_{xi} \times c_i$ Onde: u_{xi} = Incerteza padrão associada

c_i = Coeficiente de sensibilidade

5.2.4 Incerteza padrão combinada:

A incerteza padrão combinada é calculada através da seguinte fórmula:


$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \text{ Onde:}$$

$u(y)$ = Incerteza padrão associada a estimativa de saída y

u_i = Contribuição para a incerteza padrão associada à estimativa y

5.2.5 Graus de liberdade efetivos:

O Graus de liberdade efetivos é calculado da seguinte forma:

	<p align="center">INSTRUÇÃO DE TRABALHO</p> <p align="center">CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO</p>	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 6 de 6

$$v_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \quad \text{Onde:}$$

v_{eff} = Grau de liberdade efetivo

$u(y)$ = Incerteza padrão associada a estimativa de saída y

u_i = Contribuição para a incerteza padrão associada à estimativa y

v_i = graus de liberdade efetivo da contribuição da incerteza padrão u_i

Conforme o Anexo E da EA4/02, os graus de liberdade efetivos das incertezas do tipo B são tomados como infinito, então:

$$\overline{v_1 \rightarrow \infty}, \overline{v_3 \rightarrow \infty}, \overline{v_4 \rightarrow \infty}, \overline{v_5 \rightarrow \infty}, \overline{v_6 \rightarrow \infty}, \overline{v_7 \rightarrow \infty} \text{ e } \overline{v_8 \rightarrow \infty}$$

e o grau de liberdade efetivo da incerteza do tipo A é dado por: $\overline{v_i = n - 1}$, onde:

v_i = graus de liberdade efetivo da contribuição da incerteza padrão u_i

n = número de observações

5.2.6 Incerteza expandida:

Para calcular a incerteza expandida é necessário conhecer o Fator de Abrangência que é calculado através da fórmula do Excel que retorna o inverso da distribuição t de "Student" da seguinte forma:

$$K = \text{INVT}(0.05; v_{eff})$$

A incerteza expandida é calculada da seguinte forma:

$$U = k * u(y) \quad \text{Onde:}$$

U = Incerteza de medição expandida

$u(y)$ = Incerteza padrão associada a estimativa de saída y


k = Fator de abrangência obtido através da Tabela de Student (Tabela 1)

5.2.7 Planilha de Incerteza:

A HEXAGON METROLOGY segue as diretrizes do documento EA-4/02 e sendo assim, desenvolveu e implementou uma planilha de incerteza capaz de organizar todas as informações citadas acima, na busca da estimativa de um valor para a incerteza expandida. A Planilha de Incerteza faz parte do Certificado de Calibração emitido, porém não é mostrada ao cliente.

5.2.8 Expressão final da incerteza expandida:

A expressão da incerteza expandida a ser fornecida no Certificado de Calibração é a seguinte:

	INSTRUÇÃO DE TRABALHO	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 7 de 7
CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO		

U = Incerteza de medição expandida

$$U = b + L \left(\frac{1}{a} \right) \mu m \quad \text{Onde:}$$

b = Coeficiente angular da reta
 L = Comprimento
 a = Coeficiente linear da reta

Para se chegar a esta fórmula é utilizada soma de equações do 1º grau

y = Termo b da expressão final da incerteza

$$\left. \begin{array}{l} y = a + bx \\ y' = a' + b'x' \end{array} \right\} \quad \text{Onde:}$$

a = Incerteza de medição expandida
 b = Comprimento
 x = Termo a da expressão final da incerteza

Expressão final: $U = [b + L / (1/a)] \mu m$, com $K=2$ para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

5.3 Metodologia de cálculo para erros de apalpação:

5.3.1 Cálculos das médias aritméticas e dos desvios padrão:

Nota inicial: A metodologia a seguir aplica-se para as incertezas dos erros de apalpação de Máquinas de Medição por Coordenadas (MMC).

Calcular a média aritmética das "n" medições dos valores de erro de apalpação P , onde $P = R_{max} - R_{min}$, no caso $n=3$.

- Fórmula:**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Onde:}$$

n = Número de observações
 x_i = Observação individual
 \bar{x} = Média aritmética


Calcular o desvio padrão dos valores obtidos por medição de P , através da seguinte fórmula:

$$s_{(x)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Onde:}$$

$s_{(x)}$ = Desvio padrão experimental
 n = Número de observações
 x_i = Observação individual
 \bar{x} = Média aritmética

5.3.2 Cálculo das incertezas padrão:

Abaixo estão definidas por experiência, as grandezas mais significativas para o cálculo da incerteza padrão, incluindo o tipo de incerteza, o tipo de distribuição de probabilidade e o coeficiente de sensibilidade.

	<p style="text-align: center;">INSTRUÇÃO DE TRABALHO</p> <p style="text-align: center;">CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO</p>	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 8 de 8

i) **Repetitividade (X_1):**

- **Incerteza Tipo:** A
- **Distribuição de probabilidade:** Normal (N)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_2):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x1)}$):** Determinada a partir do desvio padrão experimental dos valores obtidos por medição de P ,
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x1} = \frac{s_{(x)}}{\sqrt{n}}$$

Onde:

u_{x1} = Incerteza padrão associada à repetitividade dos resultados da calibração

$s_{(x)}$ = Desvio padrão experimental

n = Número de observações

j) **Desvio de forma da esfera padrão (X_2):**

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_1):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x1)}$):** Determinada a partir do desvio de forma da esfera indicado no certificado de calibração do padrão;
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x3} = \frac{\Delta_{esf}}{\sqrt{3}}$$


Onde:

u_{x2} = Incerteza padrão associada ao desvio de forma da esfera

Δ_{esf} = Valor do desvio de forma da esfera

k) **Incerteza herdada da calibração da esfera padrão (X_3):**

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Normal (N)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_3):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x3)}$):** Determinada a partir da incerteza expandida declarada no certificado de calibração do padrão;

	INSTRUÇÃO DE TRABALHO CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO		CÓDIGO: IQ9-04
			REVISÃO: 07
			PÁGINA: 9 de 9

- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x3} = \frac{U}{k}$$

Onde:

u_{x3} = Incerteza padrão associada a calibração da esfera padrão

U = Incerteza de medição expandida declarada no certificado de calibração da esfera padrão

k = Fator de abrangência declarada no certificado

l) Variação da direção de contato (X_4):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coefficiente de sensibilidade (c_4):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x4)}$):** Determinada a partir do erro de medição ocasionado pela variação da direção de contato exercido pelo apalpador sobre a esfera;
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza**

padrão: $u_{x4} = \frac{\Delta_{dir}}{\sqrt{3}}$


Onde:

u_{x4} = Incerteza padrão associada ao erro de medição ocasionado pela variação da direção de contato

Δ_{dir} = Erro de medição ocasionado pela variação direção de contato exercido pelo apalpador

m) Afastamento de 20°C (X_5):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** *
- **Coefficiente de sensibilidade (c_5):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x5)}$):** Estimativa do afastamento da temperatura de referência 20°C multiplicada pela média dos coeficientes de dilatação térmica das escalas e do padrão;
A estimativa do afastamento da temperatura de referência é de 1°C.
A média dos coeficientes é estimado em $\pm 2,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ gerado pela incerteza de $\pm 1,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ de cada coeficiente de dilatação térmica (padrão de referência e escalas);
- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

	<p style="text-align: center;">INSTRUÇÃO DE TRABALHO</p> <p style="text-align: center;">CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO</p>	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 10 de 10

$$u_{x5} = \frac{\Delta T^{\circ}\text{C}}{\sqrt{3}} * \frac{\Delta \alpha^{\circ}\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} \text{ Onde:}$$

u_{x5} = Incerteza padrão associada ao afastamento de 20°C

$\Delta T^{\circ}\text{C}$ = Estimativa do afastamento da temperatura em relação a temperatura de referência (20°C)

$\Delta \alpha^{\circ}\text{C}^{-1}$ = Estimativa da diferença entre o coeficiente de dilatação da escala e padrão de referência

(*) Não existe uma distribuição definida, pois é uma combinação de distribuição retangular e distribuição triangular.

n) Gradiente de temperatura (X_6):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_6):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x6)}$):** Estimativa da diferença de temperatura entre padrão e escala.

A estimativa do gradiente de temperatura é de 0,2 °C por observações anteriores.

- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão :**

$$u_{x6} = \frac{\Delta t^{\circ}\text{C}}{\sqrt{3}}$$

Onde:

u_{x6} = Incerteza padrão associada ao gradiente de temperatura

$\Delta t^{\circ}\text{C}$ = Estimativa da diferença de temperatura entre padrão de referência e escala

o) Deriva do padrão (X_7):

- **Incerteza Tipo:** B
- **Distribuição de probabilidade:** Retangular (R)
- **Coeficiente de sensibilidade (c_7):** 1
- **Origem da incerteza ($u_{(x7)}$):** Variação temporal do padrão obtida a partir dos últimos certificados.

A estimativa da variação temporal é de 0,0001µm


- **Fórmula do cálculo da contribuição para Incerteza padrão:**

$$u_{x7} = \frac{D}{\sqrt{3}}$$

Onde: u_{x7} = Incerteza padrão associada a deriva do padrão

D = Deriva do padrão

5.3.3 Contribuição para incerteza padrão:

	<p style="text-align: center;">INSTRUÇÃO DE TRABALHO</p> <p style="text-align: center;">CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO</p>	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 11 de 11

A contribuição para a Incerteza padrão é calculada através da seguinte fórmula:

u_i = Contribuição para a Incerteza Padrão

$u_i = u_{xi} \times c_i$ Onde: u_{xi} = Incerteza padrão associada

c_i = Coeficiente de sensibilidade

5.3.4 Incerteza padrão combinada:

A incerteza padrão combinada é calculada através da seguinte fórmula:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \text{ Onde:}$$

$u(y)$ = Incerteza padrão associada a estimativa de saída y

u_i = Contribuição para a incerteza padrão associada à estimativa y

5.3.5 Graus de liberdade efetivos:

O Graus de liberdade efetivos é calculado da seguinte forma:

$$v_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \text{ Onde:}$$

v_{eff} = Grau de liberdade efetivo

$u(y)$ = Incerteza padrão associada a estimativa de saída y

u_i = Contribuição para a incerteza padrão associada à estimativa y

v_i = graus de liberdade efetivo da contribuição da incerteza padrão u_i

Conforme o Anexo E da EA4/02, os graus de liberdade efetivos das incertezas do tipo B são tomados como infinito, então:

$$\overline{v_2 \rightarrow \infty}, \overline{v_3 \rightarrow \infty}, \overline{v_4 \rightarrow \infty}, \overline{v_5 \rightarrow \infty}, \overline{v_6 \rightarrow \infty}, \overline{v_7 \rightarrow \infty} \text{ e } \overline{v_8 \rightarrow \infty}$$

e o grau de liberdade efetivo da incerteza do tipo A é dado por: $\overline{v_i = n - 1}$, onde:

v_i = graus de liberdade efetivo da contribuição da incerteza padrão u_i


n = número de observações

5.3.6 Incerteza expandida:

Para calcular a incerteza expandida é necessário conhecer o Fator de Abrangência que é calculado através da fórmula do Excel que retorna o inverso da distribuição t de "Student" da seguinte forma:

$$K = \text{INVT}(0.05; V_{eff})$$

A incerteza expandida é calculada da seguinte forma:

	<p align="center">INSTRUÇÃO DE TRABALHO</p> <p align="center">CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO</p>	CÓDIGO: IQ9-04
		REVISÃO: 07
		PÁGINA: 12 de 12

$U = k * u(y)$ Onde:

U = Incerteza de medição expandida

$u(y)$ = Incerteza padrão associada a estimativa de saída y

k = Fator de abrangência obtido através da Tabela de Student (Tabela 1)

5.3.7 Planilha de Incerteza:

A HEXAGON METROLOGY segue as diretrizes do documento EA-4/02 e sendo assim, desenvolveu e implementou uma planilha de incerteza capaz de organizar todas as informações citadas acima, na busca da estimativa de um valor para a incerteza expandida. A Planilha de Incerteza faz parte do Certificado de Calibração emitido, porém não é mostrada ao cliente.

5.3.8

A expressão da incerteza expandida a ser fornecida no Certificado de Calibração é a seguinte:

$U = k * u(y)$ Onde:

U = Incerteza de medição expandida

$u(y)$ = Incerteza padrão associada a estimativa de saída y

k = Fator de abrangência obtido através da Tabela de Student (Tabela 1)

Expressão final: $U = x, x \mu m$, com $K=2$ para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

6 ALTERAÇÕES DO DOCUMENTO:

- Alteração devido a incerteza de apalpação.

7 ANEXOS:

Inexistentes.