

Comissão técnica de vazão – CT-13
DICLA – Divisão de Acreditação de
Laboratórios de Calibração do
INMETRO

***Subcomissão técnica do 4º Programa
interlaboratorial em medição de vazão de água***

RELATÓRIO FINAL
Revisão 1 – agosto de 2016

incontrol[®]
intelligent control


EMERSON[™]
Process Management



ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
2	PARTICIPANTES	3
3	LABORATÓRIO DE REFERÊNCIA.....	4
4	PADRÕES ITINERANTES.....	4
4.1	TIPO E CARACTERÍSTICAS DO ARTEFATO Nº 1	4
4.2	TIPO E CARACTERÍSTICAS DO ARTEFATO Nº 2	5
5	LOGÍSTICA	6
6	MÉTODOS DE MEDAÇÃO	6
7	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO	7
8	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO	8
8.1	AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS PADRÕES ITINERANTES.....	8
8.2	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	10
8.3	VALORES DE REFERÊNCIA	10
8.4	AÇÕES CORRETIVAS	11
8.5	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA CALIBRAÇÃO DO PADRÃO ITINERANTE 1.....	12
9	AGRADECIMENTOS	12

1 Introdução

A subcomissão do 4º Programa Interlaboratorial em Vazão de Líquidos formado por três laboratórios acreditados pela Cgcre na área de vazão de líquidos (Emerson, Incontrol e Conaut) trabalharam em conjunto para a realização deste programa em uma faixa de vazão diferente do 2º PI, por consenso a subcomissão decidiu adotar a faixa de vazão de (600 a 1400) m³/h.

A participação é obrigatória, visando o atendimento ao item 5.9.1 da NBR ISO/IEC 17025:2005 (Garantia da qualidade de resultados de calibração) e NIT-DICLA-026 (Requisitos sobre a participação dos laboratórios de ensaio e de calibração em atividades de ensaio de proficiência).

2 Participantes

Atendendo a solicitação da coordenação da subcomissão de vazão de líquidos da CT-13, foram inclusos os laboratórios acreditados e participantes da CT-13.

Temos apenas 3 laboratórios acreditados para esta faixa de vazão, conforme tabela.

Sequência do laboratório	Nº da Acreditação	Nome do Laboratório	Instituição ou Empresa
1º	CAL 0332	LABORATÓRIO EMERSON	EMERSON PROCESS MANAGEMENT LTDA.
2º	CAL 0168	LABORATÓRIO DE VAZÃO E NÍVEL - CONAUT EMBÚ	CONAUT- CONTROLES AUTOMÁTICOS LTDA
3º	CAL 0432	LABORATÓRIO DE VAZÃO DE LÍQUIDOS INCONTROL	INCONTROL S.A.

3 Laboratório de referência

Conforme previsto no protocolo do programa o valor de referência deverá ser obtido através da média dos resultados dos laboratórios.

Estava previsto também que teríamos duas rodadas de calibração em cada laboratório infelizmente isso não foi possível e na 23º reunião da comissão realizada no dia 18/11/15 foi decidido a utilização de apenas uma rodada a fim de abreviar o tempo do programa.

O Sr. Mauricio A. Soares enviou no dia 22/04/2014 por email a cada participante o seu código de identificação e no dia 28/03/16 também por email enviou todos os resultados dos laboratórios para o laboratório coordenador.

4 Padrões itinerantes

A subcomissão decidiu pela utilização de dois medidores de vazão do princípio eletromagnético. Os laboratórios das empresas Conaut e Emerson disponibilizaram os padrões itinerantes com as seguintes configurações:

- Unidade eletrônica integrada ao medidor;
- Faixa de vazão configurada (0 a 1400 m³/h);
- Display com indicação de vazão em m³/h;
- 1 saída pulsada com nível de tensão de 24VDC e frequência máxima de 1 kHz ajustada para a faixa de vazão de (0 a 1500) m³/h;
- Amortecimento (damping) menor ou igual a 5 segundos, ou o menor valor configurável.

4.1 *Tipo e características do artefato nº 1*

O Padrão itinerante nº 1 disponibilizado pela Conaut tem as seguintes características:

- Fabricante: Conaut;
- Sensor: conexão flangeada DN 12 NBR", modelo Optiflux 4300C/6;
- Unidade eletrônica integral ao sensor;
- Número de série do medidor de vazão: C13501077;
- Saída de pulso e indicação local de totalização;

- Trechos retos para a montante de 1,5m e a jusante de 0,75m, com tomadas de $\frac{1}{2}$ " NPT para a instalação dos transmissor de temperatura e pressão.



4.2 ***Tipo e características do artefato nº 2***

O Padrão itinerante nº 2 disponibilizado pela Emerson tem as seguintes características:

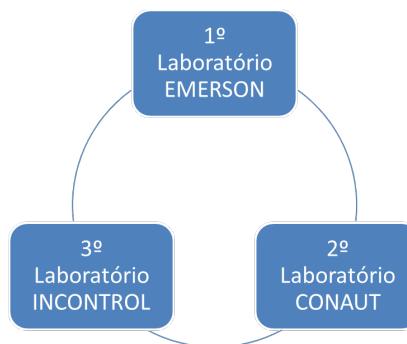
- Fabricante: Emerson;
- Sensor: conexão flangeada DN 12" NBR, modelo 570TM300C6HCFXA6;
- Unidade eletrônica integral ao sensor, modelo 8712D;
- Número de série do medidor de vazão: 03-FM-B261;
- Saída de pulso e indicação local de totalização;



5 Logística

Os padrões itinerantes foram calibrados no início e no fim do processo no laboratório da Conaut. Para o caso de suspeita de instabilidade ou defeito de algum padrão.

Os laboratórios fornecedores dos padrões deverão emitir uma nota fiscal de saída e enviar ao Laboratório da Incontrol, essa nota fiscal ficará aberta até a finalização de todo ciclo, conforme figura 3. Cada laboratório irá receber os padrões juntamente com uma nota fiscal emitida pelo laboratório anterior, ao final da circulação, os padrões deverão ser enviados aos laboratórios fornecedores fechando o ciclo.



As calibrações dos padrões itinerantes do programa interlaboratorial foram realizadas no período de fevereiro de 2015 a janeiro de 2016.

6 Métodos de medição

Os laboratórios participantes utilizaram a metodologia de calibração que foi avaliada e aprovada no seu processo de acreditação. Cada laboratório realizou a calibração monitorando o máximo de variáveis possíveis, executando medições por totalização de pulsos, em 5 pontos conforme abaixo.

Vazão crescente: (600, 800, 1000, 1200 e 1400) m³/h

Nota 1: Recomendou-se que a vazão ajustada não sofra variação superior a $\pm 2\%$.

Nota 2: Deverão ser registrados os valores médios de pressão manométrica a montante do medidor e a temperatura média da água, para cada ponto.

Nota 3: Deverão ser apresentados os valores médios das condições ambientais durante as calibrações.

7 Apresentação dos resultados da calibração

Cada laboratório participante emitiu um certificado de calibração com os resultados obtidos para cada padrão itinerante.

Junto com o certificado de calibração deverá ser preenchido uma planilha contendo a seguinte informação:

- Vazão calibrada (m³/h)
- Vazão indicada (m³/h)
- Erro de leitura (%);
- Desvio Padrão (m³/h);
- Incerteza expandida (%);
- Fator de abrangência;
- Graus de liberdade;
- Pressão da tubulação (bar);
- Temperatura da água (°C).

Resumo da calibração dos medidores interlaboratorial								
<p>Código do laboratório:</p> <p>Equipamento:</p> <p>Modelo do medidor:</p> <p>Nº de série do medidor:</p> <p>Temperatura do ar: °C</p> <p>Temperatura da água: °C</p> <p>Pressão atm do ar: mbar</p> <p>U.R.A. do processo: %</p> <p>Este é o resultado da: 1^a rodada de calibração</p>								
Vazão Calibrada (m ³ /h)	Vazão indicada (m ³ /h)	Erro (%)	Desvio padrão (%)	Incerteza expandida (%)	Fator de abrangência k	Grau de liberdade	Pressão (bar)	Temperatura da água (°C)
<p>Dificuldades ou anormalidades observadas durante a calibração:</p> <hr/> <p>Desvios do procedimento estabelecido para a comparação e justificativas do laboratório:</p> <hr/>								

8 Critério de aceitação

O critério adotado para análise do desempenho dos laboratórios neste programa é o Erro Normalizado (En), dado pela expressão abaixo, usado tradicionalmente na avaliação de comparações interlaboratoriais em calibração.

$$E_{nor} = \frac{V_{lab} - V_{ref}}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2 + (U_{estabilidade})^2}}$$

Onde:

E_{nor} – Erro normalizado;

V_{lab} – Valor obtido pelo laboratório participante;

V_{ref} – Valor de referência;

U_{lab} – Incerteza padronizada expandida do laboratório participante;

U_{ref} – Incerteza padronizada expandida do valor de referência.

$U_{estabilidade}$ – Incerteza devido a estabilidade do padrão itinerante;

8.1 Avaliação da estabilidade dos padrões itinerantes

Conforme descrito os padrões itinerantes foram calibrados e para determinar a sua estabilidade metrológica deveria ser utilizada a seguinte equação:

$$U_{estabilidade} = \frac{\sigma}{\sqrt{6}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[(V_{L1_inicial} - \bar{V})^2 + (V_{L1_final} - \bar{V})^2 + (V_{L2_inicial} - \bar{V})^2 + (V_{L2_final} - \bar{V})^2 + (V_{L3_inicial} - \bar{V})^2 + (V_{L3_final} - \bar{V})^2 \right]}$$

Onde:

$U_{estabilidade}$ – Incerteza devido a estabilidade do padrão itinerante;

$V_{L1_inicial}$ – Erro do padrão itinerante obtido na 1ª calibração no Lab1;

V_{L1_final} – Erro do padrão itinerante obtido na 2ª calibração no Lab1;

$V_{L2_inicial}$ – Erro do padrão itinerante obtido na 1ª calibração no Lab2;

V_{L2_final} – Erro do padrão itinerante obtido na 2ª calibração no Lab2;

$V_{L3_inicial}$ – Erro do padrão itinerante obtido na 1ª calibração no Lab3;

V_{L3_final} – Erro do padrão itinerante obtido na 2ª calibração no Lab3;

V_{L3_final} – Erro do padrão itinerante obtido na 2ª calibração no Lab3;

\bar{V} – Erro médio do padrão itinerante obtido no Lab1, La2 e Lab3;

Como não foi possível realizar as duas rodadas de calibração os Erros do padrão itinerantes obtidos no final (2 rodada) não foram utilizando alterando a equação para:

$$U_{estabilidade} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \left[(V_{L1_inicial} - \bar{V})^2 + (V_{L2_inicial} - \bar{V})^2 + (V_{L3_inicial} - \bar{V})^2 \right]}}{\sqrt{3}}$$

Também não foi possível calcular a razão de estabilidade para cada laboratório prevista no protocolo.

$$Razão_{estabilidade} = \frac{V_{inicial} - V_{final}}{\sqrt{U_{lab}}}$$

Onde:

$V_{inicial}$ – Erro do padrão itinerante obtido na 1ª calibração;

V_{final} – Erro do padrão itinerante obtido na 2ª calibração;

U_{lab} – Incerteza padronizada expandida do laboratório;

Para não termos problemas com o resultado deste programa o laboratório da Conaut realizou as duas calibrações no início e ao final do processo de circulação entre os laboratórios participantes, de modo a permitir a avaliação de sua estabilidade. Esta avaliação consistiu em comparar os resultados das duas calibrações realizadas pelo laboratório. Para isto foi utilizado um indicador chamado razão de estabilidade, similar àquele utilizado no 1º Programa Interlaboratorial, representada pela equação abaixo.

$$\text{razão de estabilidade} = \frac{|E_{inicial} - E_{final}|}{U_{máx}} < 0,3$$

Onde:

$E_{inicial}$ – Erro do padrão itinerante obtido na calibração realizada segundo a ordem de circulação, chamado erro inicial.

E_{final} – Erro do padrão itinerante obtido na calibração realizada no final do processo de circulação, chamado erro final.

$U_{máx}$ – Máxima incerteza expandida declarada pelo laboratório que realizou as medições.

Para o Padrão Itinerante N° 1 a razão de estabilidade teve valores menores que 0,3 em todos os valores medidos:

Vazão(m ³ /h)	Razão de estabilidade
1400	-0,03
1200	-0,05
1000	0,03
800	0,05
600	0,05

Estas informações foram encaminhadas pelo laboratório da Conaut no dia 29/03/2016 por email.

O Padrão Itinerante N° 2 no momento da sua calibração inicial realizada no laboratório da Conaut detectou-se uma grande instabilidade. Foi notificado ao laboratório que o disponibilizou a respeito deste problema que nos solicitou o envio para uma análise mais detalhada.

A subcomissão acordou na 23º reunião da comissão dia 18/11/15 que deveria continuar o programa com apenas um padrão itinerante para não alterar o prazo do programa.

8.2 *Interpretação dos Resultados*

Os resultados serão analisados através do erro normalizado da seguinte maneira:

- Resultado satisfatório – É considerado como satisfatório, quando o valor obtido na calibração de um padrão itinerante obtiver um erro normalizado $-1 < E_n < +1$, ou seja, $|E_n| < 1$.

8.3 *Valores de Referência*

O valor de referência (V_{ref}) é considerado como sendo a média aritmética dos valores apresentados pelos laboratórios.

$$V_{ref} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

Onde:

V_{ref} – média aritmética dos resultados apresentados pelos laboratórios;

X_i – resultado do laboratório acreditado i ;

n – número de laboratórios participantes deste programa.

A incerteza expandida do valor de referência (U_{ref}) é obtida por meio de uma combinação das incertezas expandidas dos laboratórios.

$$u_c(l_i) = \frac{U(l_i)}{k} \quad u_{c(V_{Ref})} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n u_c^2(l_i)}{n}} \quad U_{Ref} = 2 \cdot u_{c(V_{Ref})}$$

Onde:

$U(l_i)$ – Incerteza expandida dos laboratórios acreditados;

$u_c(l_i)$ – Incerteza padrão combinada dos laboratórios acreditados i ($i = 1, \dots, n$);

k – Fator de abrangência com nível de confiança de 95,45%;

i – Laboratórios participantes;

n – Número de laboratórios participantes.

Incerteza expandida do valor de referência para fator de abrangência ($k=2$) corresponde a um nível de confiança de 95,45%;

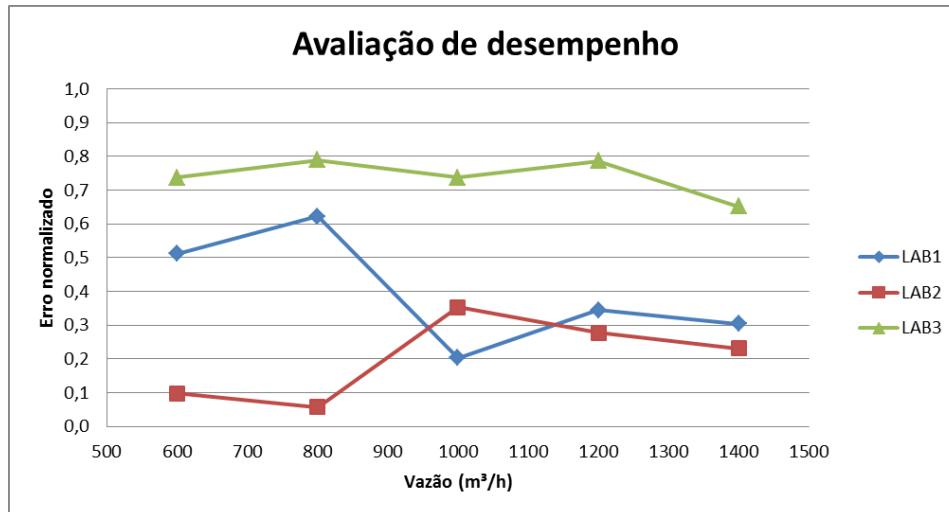
8.4 Ações corretivas

Conforme requerido pela política de participação em atividades de ensaios de proficiência da estabelecida na norma NIT-DICLA-026, os laboratórios que obtiveram desempenho insatisfatório para as calibrações para as quais são acreditados devem evidenciar ao seu Gestor de Acreditação a implementação de ações corretivas em até 90 dias após o recebimento deste relatório, conforme estabelecido no Regulamento da Acreditação (NIT-DICLA-031).

8.5 Resultados da comparação Interlaboratorial – padrão itinerante N° 1

Valores obtidos nas calibrações									
Vazão (m ³ /h)	LAB1			LAB2			LAB3		
	Erro de indicação (%)	Incerteza Expandida (%)	Fator de Abrangência ()	Erro de indicação (%)	Incerteza Expandida (%)	Fator de Abrangência ()	Erro de indicação (%)	Incerteza Expandida (%)	Fator de Abrangência ()
1400	-0,03	0,100	2,00	-0,021	0,25	2,00	-0,225	0,1	2,05
1200	0,02	0,150	2,00	0,023	0,25	2,00	-0,240	0,1	2,01
1000	-0,05	0,150	2,00	0,012	0,25	2,00	-0,263	0,1	2,01
800	0,06	0,160	2,00	-0,084	0,25	2,00	-0,284	0,1	2,00
600	0,04	0,170	2,01	-0,064	0,25	2,00	-0,263	0,1	2,00

Avaliação de Desempenho LAB1, LAB2 e LAB3					
Media (LABs1, 2,3)	U (LABs 1,2,3)	U estabilidade (LABs 1,2,3)	En (LAB1)	En (LAB2)	En (LAB3)
(%)	(%)	(%)	()	()	()
-0,09	0,17	0,07	0,30	0,23	0,65
-0,07	0,18	0,09	0,35	0,28	0,79
-0,10	0,18	0,08	0,20	0,35	0,74
-0,10	0,18	0,10	0,62	0,06	0,79
-0,10	0,18	0,09	0,51	0,10	0,74



9 Aprovação

Este relatório foi enviado por email no dia 28/07/2016 para comentários e aprovação para os laboratórios participantes e também para o Sr. Mauricio A. Soares.

No dia 31/08/2016 na 25ºreunião da CT13 este relatório foi apresentado e aprovado pelos laboratórios participantes.

10 Agradecimentos

A subcomissão do 4º programa de comparação interlaboratorial agradece às empresas Emerson e Conaut por terem disponibilizado os padrões itinerantes deste.
Data: 31/08/2016

Emitido por: Wesley Custodio Barbosa
Coordenador da subcomissão do 4ºPI
Membro da CT 13