



COORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO – CGCRE

Divisão de Acreditação de Laboratórios – Dicla

Comissão Técnica de Vazão – CT13

Subcomissão Técnica do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria

RELATÓRIO FINAL DA 7^a EDIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL

GRUPO 06

Janeiro /2019

SUMÁRIO

2. OBJETIVO	4
3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL	4
3.1 Laboratórios Participantes	4
3.2 Formação dos Grupos, Tipo de Circulação e Coordenação.	6
3.3 Artefatos.....	9
3.4 Acondicionamento e Transporte dos Artefatos.....	9
3.5 Laboratório de Referência.....	9
3.6 Métodos de Medição	10
4. DECLARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO.....	11
5. RESULTADOS DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL	12
5.1 Análise do Erro Normalizado (En) Grupo 06	14
6. CONCLUSÃO	17
7. CONFIDENCIALIDADE	18
8. AGRADECIMENTOS.....	19
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
ANEXO 1	21

1. INTRODUÇÃO

A 7^a Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria (PIPH) estabelecida em 2016 é o resultado do interesse manifestado pelas empresas de saneamento, fabricantes de medidores de água, laboratórios acreditados ou postulantes a acreditação, visando aprimorar a garantia da confiabilidade metrológica nas atividades de calibração e de verificação de hidrômetros em nosso país.

Nesta 7^a Edição, foram estabelecidos 12 grupos em cinco diferentes faixas de operações e utilizando artefatos de três diferentes tecnologias: volumétrico, velocimétrico e ultrassônico.

Três destes grupos foram realizados em caráter piloto, com objetivo de analisar aspectos identificados na 5^a Edição deste Programa. O grupo 4 é uma reprodução fidedigna do mesmo grupo daquela edição, inclusive quanto aos artefatos utilizados e busca verificar a eficácia das ações implementadas a partir da investigação das causas dos resultados obtidos anteriormente. Os grupos 11 e 12 têm circulação combinada de artefatos velocimétricos e volumétricos e têm por objetivo identificar possíveis diferenças de comportamento destas tecnologias quando submetidas aos ensaios.

Uma das motivações para realizar a avaliação utilizando diferentes tecnologias foi avaliar se as bancadas de calibração utilizadas atualmente estão aptas para realizar a calibração e apresentar resultados homogêneos em diferentes laboratórios.

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente ao grupo 06.

A primeira atividade desta subcomissão foi elaborar o protocolo do programa de comparação interlaboratorial com objetivo de harmonizar as informações e estabelecer os requisitos e procedimentos a serem cumpridos pelos laboratórios participantes.

O protocolo e este relatório referem-se a 7^a Edição do Programa Interlaboratorial e foram elaborados com base nos seguintes documentos:

- NIE-CGCRC-045, Operação dos Comitês Técnicos de Assessoramento à Cgcre na Acreditação de Organismos de Avaliação da Conformidade.
- NIT-DICLA 026, Requisitos Gerais para Participação de Laboratórios de Ensaios e de Calibração em Atividades de Ensaios de Proficiência.
- NIT-DICLA-031, Regulamento da Acreditação de Laboratório, de Produtores de Materiais de Referência e de Provedores de Ensaios de Proficiência.
- ABNT NBR ISO IEC 17043 – Avaliação de Conformidade – Requisitos Gerais para Ensaios de Proficiência.

Um software desenvolvido por Sr. Nilson Taira – IPT foi utilizado para realizar o cálculo aplicando o método Cox para cálculo do erro normalizado e a inserção dos resultados de cada um dos laboratórios foi realizada pelos secretários dos grupos.

A fim de promover a transparência do processo e evitar eventuais erros de digitação, a partir da desidentificação dos resultados, o observador encaminhou os resultados para todos os participantes do grupo.

Após o cálculo do Erro Normalizado, os resultados e gráficos foram encaminhados ao coordenador do grupo para elaboração do relatório final e apresentação ao grupo. Após análise crítica o mesmo foi entregue a Comissão Técnica de Vazão – CT13.

O grupo 06, integrante da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, foi realizado no período de Janeiro/2017 a Novembro/2018.

2. OBJETIVO

O objetivo deste documento é a apresentação dos resultados da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria do grupo nº 06, integrado inicialmente pelos laboratórios Odebrecht Ambiental¹, Cesan, Saga e Fae e posteriormente apenas pelos laboratórios Cesan, Saga e Fae².

Nota: ¹ o Laboratório Odebrecht Ambiental teve sua razão social alterada para BRK Ambiental Participações S.A. e, por isso, a partir da 32ª Reunião da Subcomissão do PIPH, as menções ao referido laboratório passaram a ser BRK Ambiental.

² o Laboratório BRK Ambiental (antes Odebrecht Ambiental) não realizou a entrega dos resultados das calibrações para este grupo.

Informações detalhadas dos laboratórios encontram-se no Anexo 1.

3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL

A seguir estão descritos aspectos do protocolo desenvolvido pelos laboratórios participantes do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria (PIPH).

3.1 Laboratórios Participantes

Participaram da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria um total de 25 laboratórios, sendo 12 (doze) laboratórios acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre), integrantes da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE, 01 (um) laboratório em processo de acreditação e 12 (doze) laboratórios em preparação para o processo de acreditação segundo requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17025.

Na tabela 1 estão relacionados os laboratórios participantes desta edição, respectivos números de acreditação, quando aplicável, e instituições ou empresas às quais pertencem.

Tabela 1 – Relação de Laboratórios Participantes

Nº de Acreditação	Nome do Laboratório	Instituição / Empresa
CAL 0162	Laboratório de Vazão - CTMetro	IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.
CAL 0168	Laboratório de Vazão e Nível - Conaut	Conaut Controles Automáticos Ltda
CRL 0560	Laboratório de Medidores	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp
CRL 0563	Laboratório de Hidrometria da Divisão de Hidrometria	Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa
CRL 0618	Laboratório Itron de Calibrações e Ensaios	ITRON Soluções para Energia e Água Ltda.
CRL 0825	Laboratório de Hidrometria	Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece
CRL 0907	Laboratório de Verificação de Medidores de Água	Saga Medição Ltda.
CRL 1004	Laboratório de Inspeção Final	Elster Medição de Água Ltda. (Honeywell)
CRL 1041	Laboratório de Verificação de Medidores de Água	Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo – LAO
CRL 1051	Laboratório de Qualidade Assegurada - FAE	Fae Sistemas de Medição S/A
CRL 1059	Laboratório de Verificação e Calibração Zenner do Brasil	Zenner do Brasil Instrumentos de Medição Ltda.
CRL 1083	Laboratório de Medidores	Cedae – Companhia Estadual de Águas e Esgotos
Em Processo de Acreditação	Laboratorio de Verificação Metrológica Vector	Vector Sistemas de Medição Ltda
Em preparação	Laboratório de Hidrometria	Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa
	Laboratório de Hidrometria	Igor Fernando Simidamore Viciana (Hidrometer)
	Laboratório de Hidrometria	BRK Ambiental
	Laboratório de Hidrometria	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A – Sanasa Campinas
	Laboratório de Hidrometria – Saneago	Saneamento de Goiás SA – Saneago
	Laboratório de Hidrometria da Casan	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – Casan
	Laboratório de Hidrometria Saae Guarulhos	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos – SAAE
	Laboratório de Hidrômetros	Cesan – Companhia Espírito Santense de Saneamento
	Laboratório de Hidrômetros do DMAE ³	Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE)

Nº de Acreditação	Nome do Laboratório	Instituição / Empresa
	Laboratório de Medição de Volumes	Superintendência do Inmetro no Rio Grande do Sul
	Laboratório de Vazão do CIMVE – DMCI ¹	Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo - IPEM/SP
	Laboratorio de Verificação de Medidores de Água	Energurus Saneamento Ltda.

Nota: ³ os laboratórios Dmae Porto Alegre e I pem/SP por questões técnicas, devidamente justificadas ao coordenador da 7^a Edição, não deram prosseguimento à sua participação na 7^a Edição, não tendo realizado a calibração dos respectivos artefatos dos grupos em que faziam parte e, desta forma, não tiveram seus resultados declarados.

O protocolo desenvolvido pelos laboratórios participantes define as principais etapas do PIPH, o observador, coordenadores e secretários dos grupos, bem como o coordenador geral do programa.

A Coordenação Geral de Acreditação - Cgcre, através da Divisão de Acreditação de Laboratórios – DICLA, na pessoa do Sr. Mauricio Araujo Soares, atuou como observador deste programa, na dissociação entre resultados de medição e laboratórios participantes, através da substituição do nome do laboratório por um código alfanumérico (desidentificação) estabelecido antes do início das medições, de conhecimento apenas do próprio laboratório e do observador.

3.2 Formação dos Grupos, Tipo de Circulação e Coordenação.

A manifestação de interesse dos laboratórios nas faixas e tecnologias disponibilizadas pela coordenação do Programa resultou na composição de doze grupos participantes, com no mínimo 4 (quatro) e no máximo 6 (seis) laboratórios, com tempo estipulado de 30 dias por laboratório para realização da calibração.

O limite inferior de 4 laboratórios⁴ por grupo, foi estabelecido para garantir uma massa crítica de dados mínima para avaliação dos laboratórios.

O limite superior de 6 laboratórios por grupo, equivalente a 6 meses de circulação, foi estabelecido com objetivo de reduzir riscos sobre a integridade dos artefatos quando submetidos a um longo período de circulação e adicionalmente manter este processo sob controle, sendo estimado um tempo para conclusão de 12 meses.

Nota: ⁴ excepcionalmente o grupo 6 em questão ficou com 3 (três laboratórios participantes), uma vez que conforme já informado na seção 2 o Laboratório BRK Ambiental (antes Odebrecht Ambiental) não realizou a entrega dos resultados das calibrações.

A ordem de circulação sequencial (“em roda”) foi adotada para este programa e definida por logística motivada pela localização geográfica dos laboratórios participantes.

Decidiu-se por não definir um laboratório de referência, sendo adotado o valor médio dos erros divulgados pelos laboratórios participantes como referência para o cálculo do erro normalizado.

A tabela 2 relaciona os laboratórios participantes, ordem de circulação, faixa de operação, tipo de tecnologia de cada artefato utilizado, coordenador, secretário, observador para cada grupo e coordenador geral do programa.

As equipes técnicas dos laboratórios participantes estão relacionadas no Anexo 1.

Tabela 2: Relação de laboratórios, faixas de operação, coordenadores, secretários, observador de cada grupo e coordenador da 7ª Edição.

Ordem de Circulação	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4 (piloto)	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11 (piloto)	Grupo 12 (piloto)
1º	Elster	Sabesp	Copasa	LAO	Saae Guarulhos	BRK Ambiental	Hidrometer	Cagece	Conaut	Conaut	BRK Ambiental	Zenner
2º	Cedae	Saae Guarulhos	Saga	Sanasa	Conaut	Cesan	LAO	Compesa	LAO	Sabesp	Vector	Inmetro RS
3º	Casan	BRK Ambiental	Caesb	Sabesp	Energryus	Saga	Saae Guarulhos	Casan	Zenner	LAO	Saae Guarulhos	Casan
4º	Zenner	Sanasa	Saneago	IPT	Sabesp	Fae	Cedae	Inmetro RS	Cedae	Cesan	Hidrometer	IPT
5º	Inmetro RS	Cagece	Vector	ltron			Caesb	IPT	Compesa	IPT	Cedae	Copasa
6º	Dmae Porto Alegre			Vector							Compesa	
Faixa de Operação	15 L/h A 3.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h	6,5 L/h A 5.000 L/h	6,5 L/h A 5.000 L/h	6,5 L/h A 5.000 L/h	70 L/h A 7.800 L/h	70 L/h A 7.800 L/h	100 L/h A 20.000 L/h	150 L/h A 30.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h
Tipo de Artefato	Volumétrico	Volumétrico	Volumétrico	Ultrassônico	Ultrassônico	Ultrassônico	Volumétrico	Volumétrico	Ultrassônico	Ultrassônico	Velocimétrico + Volumétrico	Velocimétrico + Volumétrico
Coordenador do Grupo	Maturino – Dmae	Luiz – Saae Guarulhos	Fernando - Copasa	Adriano - ltron	Jorge - Sabesp	Gustavo - Saga	Lucivaldo – LAO	Paulo Fonseca - Compesa	Luiz Claudio - Cedae	Paulo - Conaut	Bruno - BRK	Levi - Casan
Secretário do Grupo	Leonardo - Inmetro RS	Jorge - Sabesp	Francisco - Caesb	David - Sanasa	Luiz – Saae Guarulhos	Bruno - BRK	Felipe - Hidrometer	Cesar Augusto - Cagece	Paulo - Conaut	Lucivaldo - LAO	Luiz Claudio - Cedae	Fernando - Copasa
Coordenador 7ª Edição	Jorge Leandro Lunkes - Zenner											
Observador	Maurício Soares - Inmetro											

3.3 Artefatos

A subcomissão decidiu pela utilização de diferentes tipos de artefatos, em diferentes faixas de operação. As razões para isso foram:

- Avaliar se as bancadas de calibração utilizadas atualmente, estão aptas para realizar a calibração e apresentar resultados homogêneos em diferentes laboratórios.
- Conhecer ou identificar novas componentes de incerteza de medição associadas ao padrão utilizado, bem como avaliar a necessidade de algum tipo de adaptação ou melhoria da bancada de calibração para a tecnologia avaliada.

Para cada faixa de vazão, definiu-se pela utilização de um tipo de artefato, quantidade a ser fornecida para cada grupo e fabricante ou companhia de saneamento interessada em fornecer.

A Tabela 3 relaciona a faixa de operação do grupo nº 03, características do artefato, quantidade e responsável pelo fornecimento dos mesmos.

Tabela 3 – Faixa de operação do padrão itinerante, quantidade e fornecedor

Faixa de Operação (L/h)	Grupos	Artefato	Quantidade	Fabricante
6,5 a 5.000	3	Medidor Ultrassônico (Grupo 4 - DN 20x190mm) (Grupos 5 e 6 – DN20x130mm)	3 unidades – G4 2 unidades G5/6	Ittron – G4 Conaut – G5/6

Definiu-se quantidade de artefatos superior a uma unidade para reduzir o risco de que ao final do processo de intercomparação uma falha no padrão pudesse comprometer o resultado de todo o grupo.

3.4 Acondicionamento e Transporte dos Artefatos

Os artefatos foram entregues em caixas devidamente acondicionados com espumas protegendo os mesmos contra impactos ou danos não intencionais.

Em consenso pela subcomissão, foi permitido o despacho dos artefatos por transportadoras, considerando a proteção oferecida pelas respectivas embalagens.

3.5 Laboratório de Referência

Por decisão da subcomissão, não foi definido o laboratório de referência, sendo assim, foi adotado como referência o valor médio dos erros apontados pelos laboratórios participantes ponderados pela incerteza de medição proveniente da calibração, para o cálculo do erro normalizado ou grau de equivalência (DoE – Degree of Equivalence). O valor de referência foi calculado segundo procedimento B proposto por Cox (2002)⁵.

Nota: ⁵ como o Laboratório BRK Ambiental não realizou a entrega dos resultados das calibrações, o grupo passou a ter apenas 3 laboratórios participantes impossibilitando a utilização da metodologia de Cox. Sendo assim, conforme sugerido pelo coordenador da 7^a edição do Programa Interlaboratorial em Hidrometria, o Sr. Jorge Lunkes e aceito pelos três laboratórios participantes do grupo 6 (Cesan, Saga e Fae), os valores de referência foram calculados a partir da média simples dos resultados dos Erros de Indicação de e de Incerteza declarada por cada laboratório participante. O erro normalizado foi então calculado utilizando-se a equação (1) descrita na seção 5, RESULTADOS DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL.

3.6 Métodos de Medição

A calibração do artefato ocorreu somente em uma bancada de calibração, a qual compõe o laboratório que será submetido à avaliação e reavaliação da acreditação segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, buscando assim preservar o desempenho metrológico dos artefatos.

Os artefatos foram calibrados em 10 vazões decrescentes da faixa de operação, com três medições em cada vazão (n=3), conforme tabela 4.

Tabela 4: Volume mínimo de escoamento para cada vazão especificada Grupo 06.

Faixas de Operação e Definição das Vazões para Calibração		
Ponto	6,5 a 5.000 (L/h)	Volume Mínimo (L)
1º	4500	100
2º	4000	100
3º	2500	50
4º	1700	50
5º	1250	50
6º	600	50
7º	200	10
8º	30	5
9º	15	5
10º	6,5	5

As seguintes orientações foram descritas no protocolo do PIPH:

- Durante as calibrações a vazão média deve estar compreendida entre +/- 4,0% do 1º ao 8º ponto de calibração (ver tabela 4) e +/- 2,0% para o 9º e 10º pontos de calibração.

- Após o último artefato instalado na bancada de calibração, a pressão manométrica deve ser no mínimo de 0,3 bar a jusante.
- Durante a calibração a variação da temperatura da água não dever ser superior a 5°C.
- Devem ser registrados os valores médios da temperatura da água, para cada ponto.
- Devem ser apresentados os valores médios das condições ambientais, temperatura e umidade relativa do ar, durante as calibrações.
- Utilizar filtro a montante dos artefatos com capacidade de retenção de partículas sólidas iguais ou superiores a 50 µm (Mesh 270).
- Trecho reto para medidores Ultrassônicos, Volumétricos e Velocimétricos: mínimo de 5 x DN para entrada e 5 x DN para saída.
- Utilizar diâmetro interno* dos mancais da seguinte forma:

Para medidores com DN 15, utilizar mancais com diâmetro interno de 14 a 15 mm.

Para medidores com DN 20, utilizar mancais com diâmetro interno de 19 a 20 mm.

Para medidores com DN 25, utilizar mancais com diâmetro interno de 24 a 25 mm.

Para medidores com DN 40, utilizar mancais com diâmetro interno de 38 a 40 mm.

Para medidores com DN 50, utilizar mancais com diâmetro interno de 50 a 52 mm.

*como medida de controle deste requisito, definiu-se que deveria ser realizada a medição efetiva da cota na entrada e na saída do mancal, a fim de identificar eventuais concidências ou variações de diâmetro. Ficou estabelecido, ainda, que o valor resultante desta medição deveria ser declarado no formulário próprio para a declaração de resultados.
- Definiu-se que a vedação utilizada pelo laboratório, deve ser selecionada com objetivo de evitar a obstrução do diâmetro interno, após posicionamento dos medidores em banca de calibração.
- O laboratório participante deve executar a realização de purga visando a eliminação do ar no sistema hidráulico antes das medições.
- O volume a ser escoado em um ensaio de verificação ou processo de calibração possui impacto na incerteza de medição expandida e visando a harmonização da contribuição desta componente, definiu-se na tabela 4 a utilização de volume mínimo para cada faixa de operação e vazão.

4. DECLARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO

Os laboratórios participantes preencheram o FOR-PIPH-002 - Divulgação dos Resultados Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria 7ª Edição - com os resultados de medição dos respectivos artefatos, conforme exemplo da tabela 5. Após o preenchimento da planilha eletrônica, a mesma fora enviada ao observador da edição do PIPH.

Tabela 5 – **Exemplo** da forma de apresentação dos resultados de calibração

DIVULGAÇÃO DE RESULTADOS PROGRAMA INTERLABORATORIAL PERMANENTE EM HIDROMETRIA 7 ^a EDIÇÃO						FOR-PIPH-002 REV. 00			
DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO									
Grupo									
Código Laboratório									
Coordenador									
Secretário									
Artefato nº1	Tipo	Velocimétrico	Nº Série			Diâmetro Int. Mancal (mm)			
Ponto	Faixa de Operação	Vazão (L/h)	Temperatura da Água (°C)	Erro (%)	Volume (L)	Desvio Padrão Experimental da Média (%)	Incerteza Expandida (%)		
1º									
2º									
3º									
4º									
5º									
6º									
7º									
8º									
9º									
10º									

O código do laboratório fora enviado pelo observador, para cada um dos laboratórios participantes, no início do programa. Este código dissocia os resultados de medição e laboratórios participantes, mantendo a confidencialidade do mesmo.

Posteriormente os resultados de medição foram enviados aos laboratórios participantes do Grupo 06 e o coordenador do grupo executou o cálculo do erro normalizado conforme acordado pelos laboratórios e descrito na subseção 3.5, Laboratório de Referência, utilizando uma planilha de cálculos elaborada pelo mesmo e compartilhada a todos os laboratórios do grupo.

Após a realização do cálculo do erro normalizado, o coordenador do grupo elaborou o relatório final, utilizando os dados provenientes da planilha de cálculo. Os demais laboratórios igualmente tiveram acesso a estes resultados, como forma de garantir a transparência do processo.

Os laboratórios participantes poderiam relatar a qualquer momento, dificuldade ou anormalidade observada durante as calibrações. Qualquer alteração do procedimento estabelecido deveria ser justificada pelo laboratório.

5. RESULTADOS DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL

A subcomissão decidiu utilizar o valor médio de referência calculado a partir dos erros declarados pelos laboratórios participantes nesta 6^a Edição do programa interlaboratorial.

A metodologia de cálculo para determinação do valor médio de referência, para cada vazão de operação descrita na tabela 3, foi executada segundo os procedimentos A ou B propostos por Cox, M.G. “The Evaluation of Key Comparison Data”, *Metrologia*, 2002, 39, pp589-595.

Sendo o valor do En calculado pela equação (1):

$$En = \left| \frac{E_{lab} - E_{ref}}{2u_{ref}} \right| \leq 1$$

Onde:

E_{lab} = Erro médio do laboratório

E_{ref} = Erro médio de referência

u_{ref} = Incerteza padrão do valor médio de referência.

Cox (2002) desenvolveu procedimentos para cálculo do valor de referência em comparações chave (KCRV – Key Comparison Reference Value) envolvendo laboratórios de Institutos Nacionais de Metrologia (NMI) onde não é possível definir um laboratório de referência. É importante ressaltar que o procedimento proposto por Cox foi aplicado em diversos programas laboratoriais, conforme Mikan (2009), Manosso (2011) bem como 2^a (2013) e 5^a (2014) Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

Em consenso pelos laboratórios participantes aplicou-se o procedimento B, que consiste no uso da mediana como estimador do valor de referência obtido a partir de uma grande quantidade de amostra de dados gerados por simulação de Monte Carlo dos possíveis valores de erro relativo de volume emitido pelo laboratório.

As amostras de dados gerados devem ser de 10^6 elementos para cada laboratório e para cada vazão de calibração do artefato. Detalhes do procedimento podem ser obtidos no documento original.

Desta forma, pode-se definir uma nova equação para o Erro Normalizado, conforme equação (2):

$$En = \left| \frac{d_i}{2u_{di}} \right| \leq 1$$

Onde:

$d_i = \bar{x}_i - \bar{x}_{ref}$ Valor médio da diferença observada entre o valor declarado por laboratório participante e valor de referência estimado pelo procedimento B de Cox.

x_i Valor do Erro estimado calculado segundo procedimentos B de Cox, para cada vazão e padrão itinerante.

x_{ref} Valor do Erro calculado, segundo procedimento B de Cox.

u_{di} Incerteza padrão da diferença d_i , calculado segundo procedimento B de Cox.

A simulação foi realizada para 1.000.000 de dados para cada vazão e laboratório, utilizando software fornecido pelo IPT no ambiente de programação Excel.

No entanto, conforme já destacado em nota na subseção 3.5, devido a impossibilidade de utilização da metodologia de Cox para o grupo 06 em questão, os valores de referência foram calculados a partir da média simples dos resultados dos Erros de Indicação de e de Incerteza declarada por cada laboratório participante. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 7.

O erro normalizado foi calculado por meio da equação (3):

$$En = \left| \frac{E_{lab} - E_{ref}}{2U_{ref}} \right| \leq 1$$

Onde:

E_{lab} = Erro médio do laboratório

E_{ref} = Erro médio de referência

U_{ref} = Incerteza expandida do valor médio de referência.

5.1 Análise do Erro Normalizado (En) Grupo 06

Como definido pelo Protocolo da 7^a edição do PIPH, os resultados obtidos por cada um dos laboratórios participantes do Grupo 06, incluindo erro de indicação declarado (E_{lab}) e a incerteza de medição expandida (IM), são apresentados na Tabela 6. Na tabela consta, ainda, o valor obtido a partir da medição do diâmetro interno ($\bar{\phi}_i$)⁶ do mancal utilizado na calibração.

Nota: ⁶ o LAB 6-91 não informou o diâmetro interno em sua planilha de divulgação dos resultados.

Tabela 6 – Resultados Declarados para o artefato 63801016 (a) e para o artefato 63801016 (b).

Vazão (L/h)	Resultados Declarados Artefato 01 – Nº Série 63801016					
	LAB 6-72		LAB 6-88		LAB 6-91	
	$\bar{\phi}_i = 19,82 \text{ mm}$	$\bar{\phi}_i = 20,00 \text{ mm}$	-			
E _{lab}	IM	E _{lab}	IM	E _{lab}	IM	
4500	0.77	0.23	0.34	0.66	-0.41	0.32
4000	0.55	0.20	0.32	0.60	-0.52	0.25
2500	0.22	0.19	-0.24	0.48	0.86	0.39
1700	0.12	0.15	-0.19	0.18	0.62	0.26
1250	0.12	0.23	-0.03	0.22	0.66	0.28
600	0.34	0.17	0.18	0.12	0.67	0.23
200	0.55	0.34	0.20	0.66	0.67	0.30
30	0.24	0.50	1.48	0.62	0.54	0.38
15	-0.19	0.44	2.36	0.50	0.19	0.69
6,5	-0.38	0.81	5.91	0.62	-0.38	0.71

(a)

Resultados Declarados Artefato 01 – Nº Série 63801017					
Vazão (L/h)	LAB 6-72		LAB 6-88		LAB 6-91
	$\varnothing_i = 19,80 \text{ mm}$	$\varnothing_i = 20,00 \text{ mm}$	$\varnothing_i = 20,00 \text{ mm}$	-	
4500	0.43	0.18	0.43	0.64	-0.57
4000	0.36	0.26	0.48	0.60	-0.61
2500	-0.08	0.27	-0.06	0.44	0.49
1700	-0.06	0.17	0.00	0.11	0.37
1250	-0.06	0.15	-0.02	0.13	0.35
600	0.06	0.14	0.13	0.12	0.60
200	0.28	0.22	0.54	0.57	0.45
30	0.50	0.41	1.72	0.49	0.38
15	-0.49	0.71	2.70	0.56	-0.15
6,5	-0.35	0.53	6.47	0.78	-1.10
					0.76

(b)

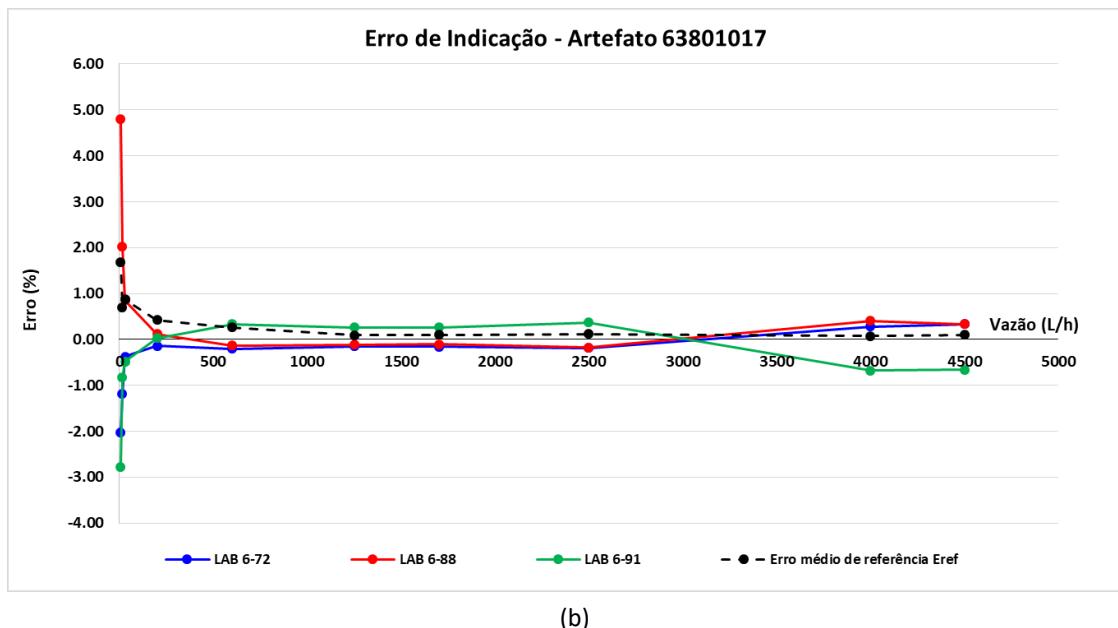
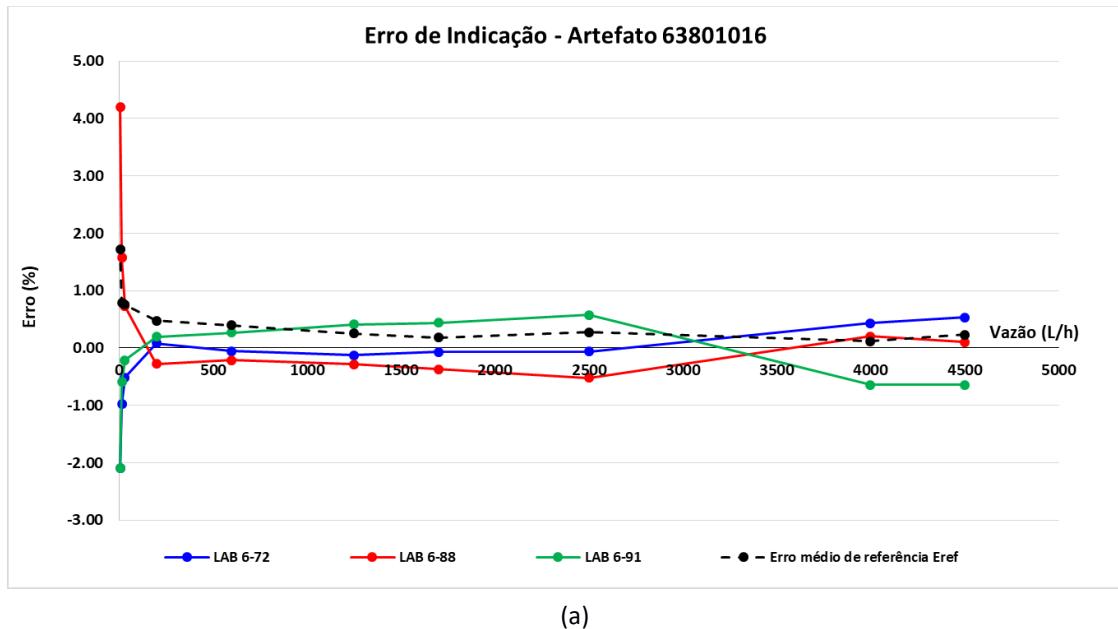
Os valores de referência para o erro relativo de volume e a incerteza de medição expandida para cada artefato podem ser observados na Tabela 7. O Gráfico 1 mostra as curvas de erro relativo obtidas por cada laboratório bem como o erro médio de referência, para cada artefato.

Nos itens subsequentes são apresentados os valores dos erros normalizados, calculados segundo a equação (1).

Tabela 7 – Valores de referência para o erro relativo de volume e incerteza de medição expandida.

Vazão (L/h)	Nº Série dos Artefatos			
	Valor de Referência Artefato 63801016		Valor de Referência Artefato 63801017	
	$E_{ref} (\%)$	$U_{ref} (\%)$	$E_{ref} (\%)$	$U_{ref} (\%)$
4500	0.23	0.40	0.10	0.40
4000	0.12	0.35	0.07	0.46
2500	0.28	0.35	0.12	0.33
1700	0.19	0.20	0.10	0.22
1250	0.25	0.24	0.09	0.18
600	0.40	0.17	0.26	0.16
200	0.48	0.43	0.42	0.38
30	0.76	0.50	0.87	0.47
15	0.79	0.54	0.69	0.67
6,5	1.72	0.71	1.67	0.69

Gráfico 1 – Curvas de erro relativo obtidas por cada laboratório e erro médio de referência para o artefato 63801016 (a) e o artefato 638001017 (b).



Na Tabela 8, estão destacados em amarelo e vermelho os resultados que estão fora dos limites recomendados por Cox (2002), por sua vez, a cor verde indica resultados satisfatórios.

Segundo Mikan (2009), pode-se aplicar o seguinte critério para avaliar o desempenho do laboratório em um programa interlaboratorial:

$En \leq 1$ o resultado do laboratório é aceitável (satisfatório);

$En > 1,2$ o resultado do laboratório não é aceitável (insatisfatório, falha);

$1 < En \leq 1,2$ o resultado do laboratório está em “nível de alerta”, sendo recomendado ao laboratório alguma ação.

Tabela 8 – Erro normalizado (En) referente ao o Grupo 06 para os artefatos 63801016 (a) e 63801017 (b).

Vazão (L/h)	Erros Normalizados Artefato 01 – Nº Série 63801016					
	LAB 6-72		LAB 6-88		LAB 6-91	
	En	di	En	di	En	di
4500	0.67	0.54	0.13	0.11	0.80	-0.64
4000	0.62	0.43	0.29	0.20	0.91	-0.64
2500	0.08	-0.06	0.74	-0.52	0.82	0.58
1700	0.17	-0.07	0.94	-0.37	1.12	0.44
1250	0.26	-0.13	0.59	-0.28	0.85	0.41
600	0.16	-0.06	0.61	-0.21	0.77	0.27
200	0.09	0.08	0.31	-0.27	0.22	0.19
30	0.52	-0.52	0.73	0.73	0.21	-0.21
15	0.90	-0.98	1.45	1.57	0.55	-0.59
6,5 ⁷	1.47	-2.10	2.94	4.19	1.47	-2.10

(a)

Vazão (L/h)	Erros Normalizados Artefato 01 – Nº Série 63801017					
	LAB 6-72		LAB 6-88		LAB 6-91	
	En	di	En	di	En	di
4500	0.42	0.34	0.41	0.33	0.83	-0.67
4000	0.31	0.28	0.44	0.40	0.75	-0.68
2500	0.29	-0.19	0.27	-0.18	0.55	0.37
1700	0.37	-0.16	0.24	-0.11	0.62	0.27
1250	0.42	-0.15	0.32	-0.11	0.74	0.26
600	0.63	-0.20	0.42	-0.13	1.05	0.34
200	0.18	-0.14	0.15	0.11	0.03	0.03
30	0.39	-0.37	0.90	0.86	0.51	-0.49
15	0.88	-1.18	1.49	2.01	0.62	-0.83
6,5 ⁷	1.46	-2.02	3.47	4.80	2.01	-2.78

(b)

* E_n (erro Normalizado); di (desvio com relação a E_{ref}).

Nota: ⁷ conforme observado na tabela 8, todos os laboratórios obtiveram desempenho insatisfatório na vazão de 6,5 L/h, apontando para um problema nos artefatos nessa vazão. Após a discussão e análise dessa questão, os laboratórios participantes do grupo 6, em comum acordo, optaram por desconsiderar os resultados obtidos, na vazão em questão, da análise de desempenho.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo grupo nº 06 desta 7^a Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, indicam que o objetivo do programa interlaboratorial foi atingido uma vez que este programa permitiu a obtenção de dados que possibilitará uma análise visando melhoria do processo, fomentou discussões sobre temas relacionados à metrologia, estabeleceu ambiente adequado para intercâmbio de informações, permitindo a elaboração de futuras ações entre os laboratórios participantes quando eventualmente obtiveram resultados de erro normalizado “não

satisfatórios” ou confirmando atendimento quanto à homogeneidade de resultados, quando obtiveram resultados de erro normalizado “satisfatório”.

Levando em consideração a análise dos resultados realizada pelo grupo, os laboratórios obtiveram o seguinte índice de resultados satisfatórios:

Porcentagem de erro normalizado.

O Laboratório 6-72 obteve 100,00 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .

O Laboratório 6-88 obteve 88,89 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .

O Laboratório 6-91 obteve 88,89 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .

O Laboratório 6-88 apresentou resultados de erro normalizado não satisfatório, na vazão de 15 L/h.

O Laboratório 6-91 apresentou resultados de erro normalizado em nível de alerta nas vazões 600 e 1700 L/h.

Recomenda-se que os laboratórios analisem em conjunto os resultados obtidos para estabelecimento de plano de ação visando melhoria para a próxima edição do Programa Interlaboratorial.

Conforme requerido pela política de participação em atividades de ensaios de proficiência da Dicla, os laboratórios que obtiveram resultados insatisfatórios para os ensaios para os quais (ou as calibrações para as quais) são acreditados devem evidenciar ao seu Gestor de Acreditação a implementação de ações corretivas de acordo com o estabelecido no Regulamento de Acreditação da Dicla.

7. CONFIDENCIALIDADE

Ao realizar a inscrição na 7^a edição do PIPH, o laboratório participante comprometeu-se a manter sigilo em relação às informações consideradas confidenciais. Por “informação confidencial” entende-se toda informação que possa levar à identificação de um ou mais laboratórios, incluindo o envio acidental ou não dos resultados do laboratório para outro que não o observador do programa.

Pelo termo de confidencialidade estipulado, os laboratórios participantes comprometeram-se a:

a) Durante o processo de intercomparação laboratorial, não compartilhar informação confidencial entre os laboratórios participantes do mesmo grupo;

b) Caso fosse selecionado como representante designado para realizar o cálculo de erro normalizado, os resultados destes cálculos deveriam ser compartilhados apenas com os laboratórios participantes do grupo, visando à conferência dos dados para posterior elaboração do relatório final.

c) Caso fosse selecionado como coordenador ou secretário do grupo, o relatório final deveria ser elaborado e sua conclusão compartilhada somente após a análise crítica dos laboratórios participantes.

d) Não enviar informação confidencial de maneira equivocada para pessoas que não podem ter acesso ao seu conteúdo.

8. AGRADECIMENTOS

A subcomissão da CT-13 agradece as empresas CONAUT, ELSTER, ITRON, LAO e ZENNER por terem disponibilizado os artefatos para esta 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, por oferecer toda infraestrutura para sediar as reuniões do PIPH e fornecer software para realização dos cálculos do erro normalizado.

Aos laboratórios participantes das atividades da 7ª edição do PIPH, por viabilizar a continuidade do Programa e, consequentemente, da Subcomissão.

São Paulo, 22 de janeiro de 2019.

Gustavo Duarte Santos
Coordenador do Grupo nº 06
Laboratório de Ensaio em Hidrômetros da Saga Medição Ltda.

Jorge Leandro Lunkes
Coordenador do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COX, M.G. "The evaluation of key comparison data", Metrologia, 2002, 39, pp.589-595.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR ISO IEC 17043: Avaliação de conformidade – Requisitos gerais para ensaios de proficiência.

INMETRO, Documento NIT DICLA 026 – rev. 10, Requisitos para a Participação de Laboratórios em Ensaios de Proficiência.

INMETRO, Documento NIE CGCRE 045 – rev. 5, Operação dos Comitês Técnicos de Assessoramento à CGCRE na Acreditação de Organismos de Avaliação de Conformidade.

MANOSSO, H.C.; ALMEIDA, R.T.G. BLANCO, H.A.; KAWAKITA, K; GARCIA, L.E; TRUJILLO, A. South American Interlaboratory Program on Gas Flow Rate, In: International Congress on Mechanical Metrology, 2011, Natal. Anais, Rio de Janeiro INMETRO, 2011.

MIKAN, B; VALENTA T. [PTB, CMI], Final Report – Draft B, Interlaboratory calibration comparison of the turbine gas meter G6500 EURAMET Project n° 1006, March 2009.

TAIRA, N.M; 2º Programa de Comparação Interlaboratorial em Hidrometria, 2013, Comissão Técnica de Vazão CT-13, CGCRE.

OLIVEIRA, A.F; 6ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, 2016, Comissão Técnica de Vazão CT-13, CGCRE.

LUNKES, J.L; Protocolo da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial, 2017, Subcomissão Técnica do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, Comissão Técnica de Vazão CT-13, Dicla.

ANEXO 1

EQUIPE TÉCNICA DO GRUPO 06

A1.1 – Nome da Empresa: Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN

Nome do Laboratório: Laboratório de Hidrômetros

Endereço: Av. Norte-Sul, Nº 444, Jardim Limoeiro, Serra – ES, CEP: 29164-120

Telefone: (27) 2127-6429

E-mail: leonardo.zamborlini@cesan.com.br / marcelo.souza@cesan.com.br

Equipe técnica envolvida:

- Leonardo C. Zamborlini – Engenheiro
- Marcelo Cruz de Souza – Técnico

Método utilizado: Artefatos ensaiados em série em bancada com princípio volumétrico.



Figura 1 – Bancada de Calibração de Hidrômetros da Empresa - CESAN

A1.2 – Nome da Empresa: Fae Sistemas de Medição S/A

Nome do Laboratório: Laboratório de Qualidade Assegurada – Fae

Endereço: BR 116 – KM 13, Nº 2363, Messejana, Fortaleza – CE, CEP: 60871-200

Telefone: (85) 4005-1756

E-mail: wendersson@fae.com.br / melo@fae.com.br

Equipe técnica envolvida:

- Wendersson Abreu Candido – Responsável Técnico do Laboratório
- Francisco Ednardo de Lima Melo – Supervisor da Qualidade
- Antônio Pereira da Silva – Técnico de Laboratório
- Luiz Cassimiro da Silva – Técnico de Laboratório

Método utilizado: Artefatos ensaiados em série em bancada com princípio volumétrico.



Figura 2 – Bancada de Calibração de Hidrômetros da Empresa - FAE

A1.3 – Nome da Empresa: Saga Medição Ltda.

Nome do Laboratório: Laboratório de Ensaio em Hidrômetros

Endereço: Rodovia BR 135, Nº 364, Maria Rosa, Bocaiúva-MG, CEP: 39390-000

Telefone: (38) 3251-5115

E-mail: gustavo@sagamedicao.com.br / qualidade@sagamedicao.com.br

Equipe técnica envolvida:

- Guilherme Henrique Barroso – Gerente Técnico do Laboratório
- Gustavo Duarte Santos - Gerente Técnico Substituto
- Cristian Francisco Silva – Técnico de Laboratório
- Daniele de Jesus Pereira - Analista Qualidade

Método utilizado: Artefatos ensaiados em série em bancada com princípio volumétrico.



Figura 3 – Bancada de Calibração de Hidrômetros da Empresa - SAGA