



COORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO – CGCRE

Divisão de Acreditação de Laboratórios – Dicla

Comissão Técnica de Vazão e Velocidade de Fluidos – CT13

Subcomissão Técnica do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria

RELATÓRIO FINAL DA 8^a EDIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL – REV. 03

GRUPO 07

30/11/2020

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..... | 7 |
| 3.4 Acondicionamento e Transporte dos Artefatos..... | 9 |
| 3.5 Laboratório de Referência..... | 9 |
| 3.6 Métodos de Medição | 9 |
| 4. DECLARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO..... | 11 |
| 5. RESULTADOS DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL | 12 |
| 5.1 Estudo da Estabilidade dos Artefatos Grupo 07 | 13 |
| 5.2 Análise de Valores Discrepantes | 13 |
| 5.3 Resultados Declarados e Valores de Referência | 13 |
| 5.4 Análise do Erro Normalizado Grupo 07..... | 16 |
| 6. CONCLUSÃO | 17 |
| 7. CONSIDERAÇÕES DOS LABORATÓRIOS PARTICIPANTES | 18 |
| 8. CONFIDENCIALIDADE | 18 |
| 9. AGRADECIMENTOS..... | 19 |
| 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 20 |
| ANEXO 1 | 21 |

1. INTRODUÇÃO

A 8^a Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria (PIPH) estabelecida em 2018 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 8^a Edição, foram estabelecidos 7 grupos em seis diferentes faixas de operações e utilizando artefatos de quatro diferentes tecnologias: volumétrico, velocimétrico, ultrassônico e eletromagnético.

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 07.

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 8^a Edição do Programa Interlaboratorial e foram elaborados com base nos seguintes documentos:

- NIE-CGCRE-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.
- DOQ-CGCRE-090 - Orientações para a Estimativa da Incerteza de Medição e Expressão da Capacidade de Medição e Calibração na Área de Vazão e Velocidade de Fluidos e em Ensaios em Hidrômetros.

Um software desenvolvido pelo 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 07, integrante da 8^a Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, foi realizado no período de Março/2019 a Novembro/2020.

2. OBJETIVO

O objetivo deste documento é a apresentação dos resultados da 8ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria do grupo nº 07, integrado pelos laboratórios Conaut Controles Automáticos Ltda, Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo, Gero Comércio e Serviços Ltda e Itron Soluções para Energia e Água Ltda (alterou razão social ao longo do programa interlaboratorial para Accell Soluções para Energia e Água Ltda).

Nota: 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 8ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria um total de 25 laboratórios, sendo 14 (quatorze) laboratórios acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre), onde 10 (dez) são laboratórios de ensaios (RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio) e 4 (quatro) são laboratórios de calibração (RBC – Rede Brasileira de Calibração), 01 (um) laboratório em processo de acreditação e 10 (dez) 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 | Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos | IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. |
| CAL 0168 | Laboratório de Ensaio de Hidrometria - Conaut Embú | Conaut Controles Automáticos Ltda. |
| CAL 0171 | Gero | Gero Comércio e Serviços Ltda |
| CAL 0186 | Teclabor PE | Teclabor Serviços de Metrologia e Calibração Ltda |
| CRL 0563 | Laboratório de Hidrometria da Divisão de Hidrometria | Companhia de Saneamento de Minas Gerais - Copasa |
| CRL 0618 | Laboratório Itron de Calibrações e Ensaios, alterado para Laboratório Accell Soluções para Energia e Água Ltda. | Ittron Soluções para Energia e Água Ltda, alterou razão social ao longo do programa interlaboratorial para, Accell Soluções para Energia e Água Ltda. |
| CRL 0825 | Laboratório de Hidrometria da | Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece |

| Nº de Acreditação | Nome do Laboratório | Instituição / Empresa |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| | Cagece | |
| CRL 0907 | Laboratório de Ensaios em Hidrômetros | Saga Medição Ltda |
| CRL 1004 | Laboratório de Inspeção Final | Elster Medição de Água Ltda. |
| CRL 1041 | Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo | Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo |
| CRL 1051 | Laboratório de Qualidade Assegurada - Fae | Fae Sistema 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 | Cedae - Companhia Estadual de Águas e Esgotos de Rio de Janeiro |
| CRL 1441 | Laboratório Vector Sistemas de Medição | Vector Sistemas de Medição |
| Em Processo de Acreditação | Laboratório de Hidrometria | Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A - SANASA Campinas |
| Em preparação | Laboratório de Hidrometria da Saneago | Saneamento de Goiás AS |
| | Labhidro - Laboratório de Hidrometria | Companhia Águas de Joinville |
| | Laboratório de Hidrômetros do Dmae | Departamento Municipal de Água e Esgotos do Município de Porto Alegre |
| | Laboratório de Vazão - CIMVE | Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo - IPEM/SP |
| | Hidrometer | Igor Fernando Simidamore Viciana - EPP |
| | Laboratório de Equipamentos e Medidores de Água - Dehidro | Companhia Rio-Grandense de Saneamento - Corsan |
| | Laboratório de Hidrometria | Companhia Pernambucana de Saneamento - Compesa |
| | Laboratório de Hidrometria de Palmas | BRK Ambiental Palmas S/A |
| | Laboratório de Hidrometria de Cachoeiro do Itapemirim | BRK Ambiental Cachoeiro do Itapemirim S/A |
| | Laboratório de Micromedição - Caesb | Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB |

Nota: ¹ o laboratório BRK Ambiental Cachoeiro do Itapemirim, por questões técnicas, devidamente justificadas ao coordenador da 8^a Edição, não deu prosseguimento à sua participação nesta edição, não tendo realizado a calibração dos respectivos artefatos do grupo 2, em que faziam parte e, desta forma, não teve 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. Luis Francisco Marcon Ribeiro, atuou como observador deste programa, na dissociação entre resultados de medição e laboratórios participantes, por meio 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. O observador atuou, ainda, na validação do cálculo do estudo de estabilidade dos artefatos.

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 sete grupos participantes, com no mínimo 4 (quatro) e no máximo 10 (dez) laboratórios, com tempo estipulado de 30 dias por laboratório para realização da calibração.

A inscrição dos laboratórios se deu através do preenchimento e envio ao coordenador da 8ª Edição, Sr. Jorge Leandro Lunkes, de formulários específico para este fim – FOR-PIPH-001 – Formulário de Inscrição Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

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

O limite superior de 10 laboratórios por grupo foi estabelecido com objetivo de reduzir riscos sobre a integridade dos resultados, sobretudo quanto à contribuição de valores discrepantes (outliers) na composição dos valores de referência.

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

O controle da circulação dos artefatos foi registrado em formulário específico – FOR-PIPH-003 – Controle Circulação Artefatos 8a Edição PIPH, armazenado no seguinte endereço: <https://bit.ly/35n5ZHX>.

Um laboratório foi designado para realização do estudo de estabilidade do artefato. Optou-se por realizar tal estudo nos laboratórios das empresas provedoras dos artefatos. Quando este laboratório era integrante do referido grupo, foi alocado na primeira posição da circulação. Após a conclusão da circulação, o laboratório designado realizou nova calibração dos artefatos para verificar eventuais desvios.

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 8ª Edição.

| Ordem de Circulação | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3* | Grupo 4 | Grupo 5 | Grupo 6 | Grupo 7 |
|---------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1º | Itron | Copasa | Zenner | Fae | Itron | Conaut | Conaut |
| 2º | Sanasa | Honeywell | Dmae Poa | Copasa | Ipem SP | Lao | Lao |
| 3º | Hidrometer | Saga | Águas de Joinville | Saga | Hidrometer | Gero | Gero |
| 4º | Ipem SP | BRK Palmas | Vector | Itron | Zenner | Itron | Itron |
| 5º | IPT | Caesb | Ipem SP | Sanasa | Cedae | Copasa | - |
| 6º | Vector | Cagece | IPT | Lao | Saga | Teclabor | - |
| 7º | Cedae | Fae | BRK Cachoeiro | Hidrometer | Caesb | Cedae | - |
| 8º | Águas de Joinville | BRK Cachoeiro | Saneago | Águas de Joinville | Compesa | - | - |
| 9º | Zenner | - | BRK Palmas | Dmae POA | Cagece | - | - |
| 10º | Corsan | - | Compesa | Ipem SP | Fae | - | - |
| 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 | 70 L/h A 7.800 L/h | 150 L/h A 27.000 L/h | 800 L/h A 72.000 L/h |
| Tipo de Artefato | Volumétrico | Volumétrico | Velocimétrico + Volumétrico | Ultrassônico | Volumétrico | Ultrassônico | Eletromagnético |
| DN | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 50 | 80 |
| Fabricante | Itron | Lao | Zenner | Fae | Itron | Conaut | Conaut |
| Coordenador do Grupo | Adriano - Itron | Fernando - Copasa | Jorge - Zenner | Lucivaldo - Lao | Luiz Claudio - Cedae | Vinicius - Gero | Vinicius - Gero |
| Secretário | David - Sanasa | Eloi - Cagece | Paulo - Compesa | Adriano - Itron | Edmar - Saga | Fernando - Copasa | Caio - Conaut |
| Estabilidade | Itron | Lao | Zenner | Fae | Itron | Conaut | Conaut |
| Responsável pelo Cálculo | David - Sanasa | Eloi - Cagece | Paulo - Compesa | Adriano - Itron | Edmar - Saga | Fernando - Copasa | Caio - Conaut |
| Coordenador 8ª Edição | Jorge Leandro Lunkes - Zenner | | | | | | |
| Observador | Luis Francisco Marcon Ribeiro - Inmetro | | | | | | |

***Nota:** o Grupo 3 teve o seu cancelamento consensado na 46ª Reunião da Subcomissão do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, realizada em 29/10/20. O cancelamento foi ocasionado atraso no início da circulação dos artefatos; não havendo tempo hábil para a sua conclusão. O provedor dos artefatos (Zenner) justificou o atraso pela dificuldade na obtenção da estabilidade dos artefatos, além dos efeitos causados pela pandemia.

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 dos artefatos de cada grupo, características do artefato, quantidade e responsável pelo fornecimento dos mesmos. O grupo 07, ao qual se refere este relatório, está destacado em verde.

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

| Faixa de Operação (L/h) | Grupos | Artefato | Quantidade | Fabricante |
|-------------------------|--------|----------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 15 a 3.000 | 3 | Medidor Volumétrico DN 20 x 190 mm | 2 unidades por grupo | Itron – G1 Lao – G2 Zenner G3 |
| 15 a 3.000 | 1 | Medidor Velocimétrico DN20 x 190 mm | 2 unidades por grupo | Zenner – G3 |
| 6,5 a 5.000 | 1 | Medidor Ultrassônico DN20 x 190 mm | 2 unidades por grupo | Fae – G4 |
| 70 a 7.800 | 1 | Medidor Volumétrico DN 25 x 260 mm | 2 unidades por grupo | Itron – G5 |
| 150 a 27.000 | 1 | Medidor Ultrassônico DN 50 x 270 mm | 2 unidades por grupo | Conaut – G6 |
| 800 a 72.000 | 1 | Medidor Eletromagnético DN 80 x 200 mm | 2 unidades por grupo | Conaut – G7 |

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.

Durante os ensaios iniciais, um dos artefatos de DN80 (Grupo 7) não apresentou a repetibilidade requerida em protocolo mediante a classe do mesmo, portanto seu uso para circulação no programa foi cancelada, portanto o Grupo 07 prosseguiu com apenas um artefato. Cabe ressaltar que todos os laboratórios participantes desse

Grupo foram consultados a respeito dessa decisão. O coordenador do 8º PIPH e o observador do programa também foram favoráveis a essa decisão.

3.4 Acondicionamento e Transporte dos Artefatos

Os artefatos foram entregues em caixas de madeira devidamente acondicionados 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 Full proposto por Cox (2002).

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 5 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 07.

| Ponto | Vazão (L/h) | Volume Mínimo (L) |
|-------|-------------|-------------------|
| 1º | 72000 | 1500 |
| 2º | 40000 | 700 |
| 3º | 20000 | 300 |
| 4º | 6400 | 150 |
| 5º | 800 | 50 |

As seguintes orientações foram descritas no protocolo do PIPH:

- Durante os ensaios a vazão média deve estar compreendida entre 0% e -2,0% para o 1º ponto de calibração (ver Tabela 4), entre +2,0% e -2,0% do 2º ao 4º ponto de calibração e entre 0 e +2,0% para o 5º ponto de calibração.
- Após o último artefato instalado na bancada de calibração/ensaio, a pressão manométrica deve ser no mínimo de 0,3 bar a jusante.
- Durante o ensaio, temperatura da água deve estar controlada a 20°C +/-5°C.
- Devem ser registrados e reportados na entrega dos resultados os valores médios da temperatura da água, para cada ponto.
- Devem ser registrados e reportados na entrega dos resultados 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, Velocimétricos e Eletromagnéticos: mínimo de 5 x DN para entrada e 5 x DN para saída.
- Utilizar diâmetro interno* dos mancais da seguinte forma:
 Para artefatos com DN15, utilizar mancais com diâmetro interno de 14,50mm ± 0,50mm.
 Para artefatos com DN20, utilizar mancais com diâmetro interno de 19,50mm ± 0,50mm.
 Para artefatos com DN 25, utilizar mancais com diâmetro interno de 25,00mm ± 0,50mm.
 Para artefatos com DN 40, utilizar mancais com diâmetro interno de 38,50mm ± 0,50mm.
 Para artefatos com DN 50, utilizar mancais com diâmetro interno de 50,00mm ± 1,00mm.
 Para artefatos com DN 80, utilizar mancais com diâmetro interno de 80,00mm ± 1,00mm.

*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 conicidades 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 à 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 8ª 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 8ª EDIÇÃO | | | | | | FOR-PIPH-002 REV. 01 | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|----------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO | | | | | | | |
| Grupo | | | | | | | |
| Código Laboratório | | | | | | | |
| Coordenador | | | | | | | |
| Secretário | | | | | | | |
| Artefato nº1 | Tipo | | Nº Série | | | Diâmetro Int. Mancal (mm) | |
| Condições Ambientais | | Temperatura Ambiente [°C] | | | Umidade Relativa do ar [%] | | |
| Ponto | Faixa de Operação | Vazão Efetiva (L/h) | Temperatura da Água (°C) | Erro (%) | Volume (L) | Desvio Padrão Experimental da Média (%) | Incerteza Expandida (%) |
| 1º | | | | | | | |
| 2º | | | | | | | |
| 3º | | | | | | | |
| 4º | | | | | | | |
| 5º | | | | | | | |

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 07 e o representante designado, Sr. Caio Leonny Braga de S. Andrade do Laboratório Conaut, executou o cálculo do erro normalizado utilizando software fornecido pelo IPT.

Este representante reportou as tabelas e gráficos relacionados ao erro normalizado ao coordenador do grupo, Sr. Vinícius Grando de Campos do Laboratório Gero para elaboração do relatório final. 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 8ª 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 B Full 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:**

$$En = \frac{E_{lab} - E_{ref}}{2u_{ref}} \leq 1 \quad (1)$$

Onde:

E_{lab} = Erro médio do laboratório

E_{ref} = Erro médio de referência

u_{ref} = Incerteza padrão de referência.

Por sua vez, a incerteza padrão de referência (u_{ref}) é definida a partir da **Equação 2**, conforme segue:

$$u_{ref} = \sqrt{(u_{estabilidade}^2 + u_{CRV}^2)} \quad (2)$$

Onde:

$u_{estabilidade}$ = incerteza padrão da estabilidade do artefato;

u_{CRV} = 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 2ª (2013), 5ª (2014) 6ª (2017) e 7ª (2018) Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

Em consenso pelos laboratórios participantes aplicou-se o procedimento B Full, 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.

Somente compuseram os valores de referência para cada faixa os laboratórios que atenderam os requisitos para ensaio, descritos no Protocolo da 8^a Edição. Previamente a obtenção dos valores de referência, foi avaliado o atendimento dos requisitos, através do lançamento dos valores declarados em formulário específico - FOR-PIPH-005 – Cálculo Erro Normalizado Rev. 01.

5.1 Estudo da Estabilidade dos Artefatos Grupo 07

Com objetivo de identificar e quantificar eventuais variações de erros de indicação ao longo da circulação entre os laboratórios e considerá-las na avaliação de desempenho dos participantes, foi realizado o estudo da estabilidade dos artefatos.

O Laboratório responsável pelo estudo de estabilidade dos artefatos do Grupo 07 foi Laboratório Conaut. Este realizou o ensaio antes da circulação nos demais laboratórios e após a conclusão da circulação. Os valores obtidos podem ser encontrados na Tabela 6.

A avaliação da estabilidade do artefato foi realizada através do preenchimento pelo laboratório responsável de formulário específico para este fim – FOR-PIPH-004 – Cálculo Estabilidade Artefatos. Após o preenchimento, os dados foram enviados ao observador que validou e distribuiu os resultados aos demais laboratórios. A estabilidade do artefato foi avaliada a partir das seguintes equações:

$$u_{estabilidade} = \frac{\sigma}{\sqrt{12}} \quad (3)$$

Onde:

$$\sigma = |E_f - E_i| \quad (4)$$

Obs.: foi assumida para a Incerteza de Estabilidade uma distribuição retangular.

Tabela 6 – Estudo de Estabilidade dos Artefatos Grupo 07.

| Estabilidade dos Artefatos | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Vazão [L/h] → | 72000 | | 40000 | | 20000 | | 6400 | | 800 | |
| Artefato | σ (%) | $u_{estabilidade}$ |
| 01 - Nº A19085552 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,08 | 0,02 | 0,06 | 0,02 |

5.2 Análise de Valores Discrepantes

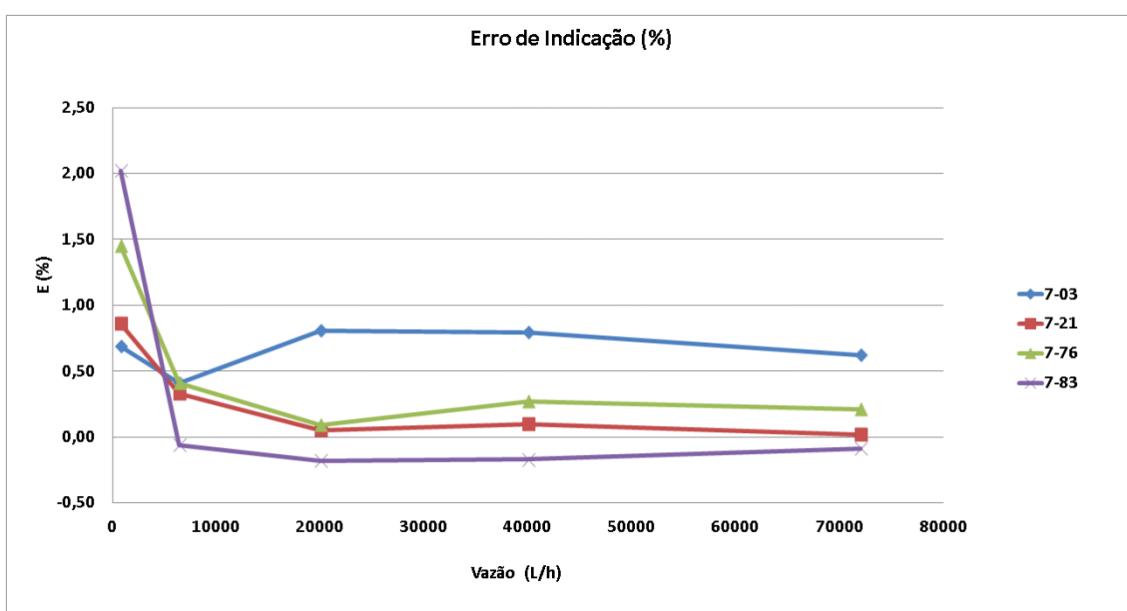
O Grupo 07 optou pela não utilização de ferramentas para avaliação de valores discrepantes (outliers).

5.3 Resultados Declarados e Valores de Referência

Como definido pelo Protocolo da 8^a edição do PIPH, os resultados obtidos por cada um dos laboratórios participantes do Grupo 07, incluindo erro de indicação declarado (E) e a incerteza de medição expandida (U), são apresentados na Tabela 7. Na tabela consta, ainda, o valor obtido a partir da medição do diâmetro interno ($\bar{\phi}_i$) do mancal utilizado na calibração.

Tabela 7 – Resultados Declarados.

| Resultados Declarados Artefato 01 – Nº Série A19085552 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------|---------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Vazão [L/h] → | | 72000 | | 40000 | | 20000 | | 6400 | | 800 | |
| Código | Øi [mm] | E % | U % | E % | U % | E % | U % | E % | U % | E % | U % |
| LAB 7-03 | 80,70 | 0,62 | 0,56 | 0,79 | 0,56 | 0,81 | 0,56 | 0,41 | 0,58 | 0,69 | 0,60 |
| LAB 7-21 | 79,20 | 0,02 | 0,50 | 0,10 | 0,50 | 0,05 | 0,50 | 0,33 | 0,50 | 0,86 | 0,86 |
| LAB 7-76 | 79,28 | 0,21 | 0,50 | 0,27 | 0,38 | 0,09 | 0,38 | 0,41 | 0,39 | 1,45 | 0,71 |
| LAB 7-83 | 80,40 | -0,09 | 0,48 | -0,17 | 0,46 | -0,18 | 0,47 | -0,06 | 0,17 | 2,02 | 0,65 |



O Protocolo da 8ª Edição estabeleceu que os valores para a incerteza de medição expandida declarados pelos laboratórios deveriam estar compreendidos entre 0,20% e 0,67% do 1º ao 4º ponto de ensaio e entre 0,50% e 1,67% para o 5º ponto de ensaio.

Apesar do laboratório 7-83 ter declarado a incerteza de medição do ponto de vazão 6400 L/h abaixo dos limites estabelecidos no protocolo do 8º PIPH, foi consenso entre os participantes do Grupo 07 não excluir o resultado do ponto de calibração em questão do cálculo do valor de referência pelos motivos apontados abaixo:

Em relação à exclusão do resultado do laboratório 7-83 do valor de referência devido ao não atendimento do critério relacionado ao valor mínimo de incerteza estabelecido no protocolo (0,20%), os participantes do Grupo 07 teriam um problema se retirassem o resultado da calibração do ponto 6400 L/h.

As planilhas da ferramenta COX disponibilizadas não possibilitam calcular o valor de referência e incerteza do valor de referência para apenas 3 laboratórios, nesse caso seria necessário utilizar outro método para comparação, que também não estaria previsto em protocolo.

Além disso, foi realizado pelo secretário e pelo coordenador do Grupo 07, a simulação dos resultados do valor de referência e da incerteza do valor de referência alterando a incerteza apresentada pelo laboratório 7-83 de 0,17% para 0,20%, para o ponto 6400 L/h, para analisar o impacto desse descumprimento do protocolo nos resultados dos participantes.

Foi constatado que os valores de erro normalizado de todos os laboratórios se mantiveram exatamente iguais.

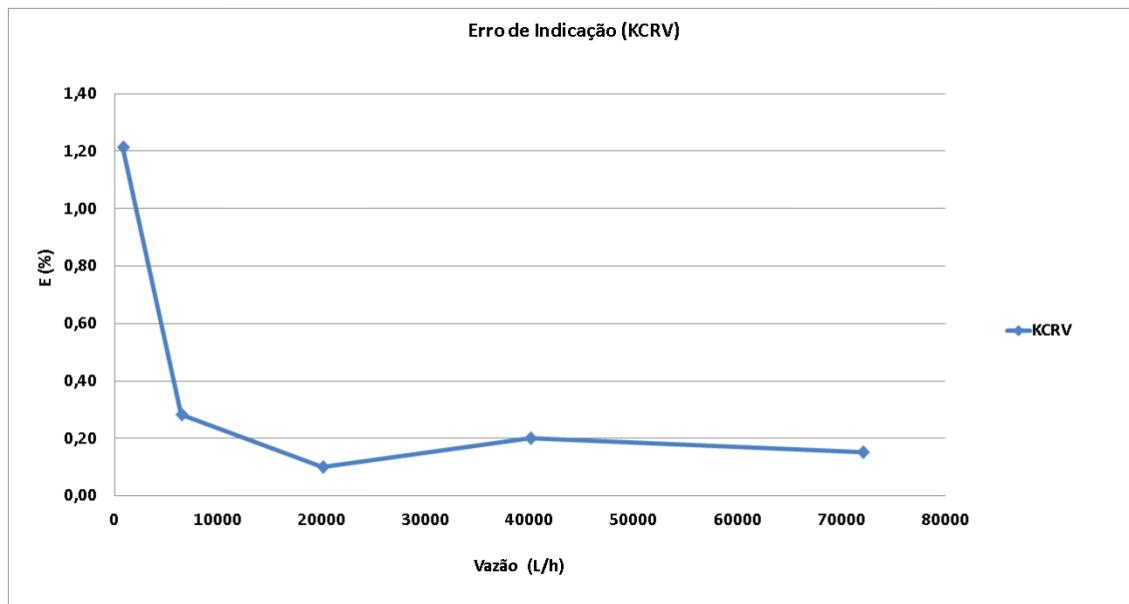
Considerando as observações mencionadas acima, na falta de uma planilha adequada para calcular o valor de referência e a incerteza do valor de referência para apenas 3 laboratórios, a alternativa que melhor se adéqua a solução do caso, embora não seja a alternativa ideal, é manter os resultados do laboratório 7-83 para o ponto 6400 L/h no cálculo do valor e referência.

Os valores de referência do erro relativo de volume ($CRV\%$) e incerteza de medição expandida ($U_{ref}\%$) para cada artefato podem ser observados na Tabela 8.

Para obtenção do Valor da Incerteza Expandida de Referência (U_{ref}), multiplicar u_{ref} pelo fator de abrangência ($k=2$) ou utilizar outros fatores de abrangência utilizando a Equação de Welch-Satterthwaite).

Tabela 8 – Valores de referência do erro relativo de volume ($CRV\%$) e incerteza de medição expandida ($U_{ref}\%$).

| Valores de Referência | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|
| Vazão [L/h] → | 72000 | | 40000 | | 20000 | | 6400 | | 800 | |
| Artefato | CRV % | $U_{ref}\%$ |
| 01 - Nº A19085552 | 0,15 | 0,28 | 0,20 | 0,28 | 0,10 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 1,21 | 0,45 |



5.4 Análise do Erro Normalizado Grupo 07

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

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 recomendada ao laboratório alguma ação.

O cálculo do Erro Normalizado foi realizado através da Equação 1, mediante lançamento dos dados declarados pelos laboratórios, dos valores de referência obtidos através de Cox (descrito no item 5 deste documento) e dos valores da estabilidade do artefato no FOR-PIPH-005 – Cálculo Erro Normalizado Rev. 01.

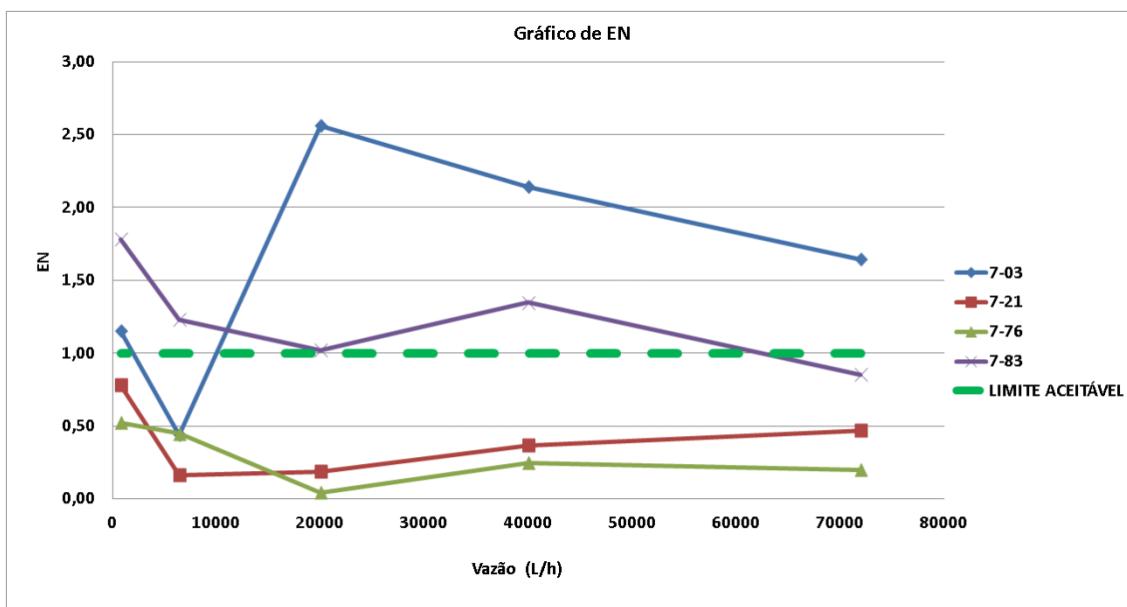
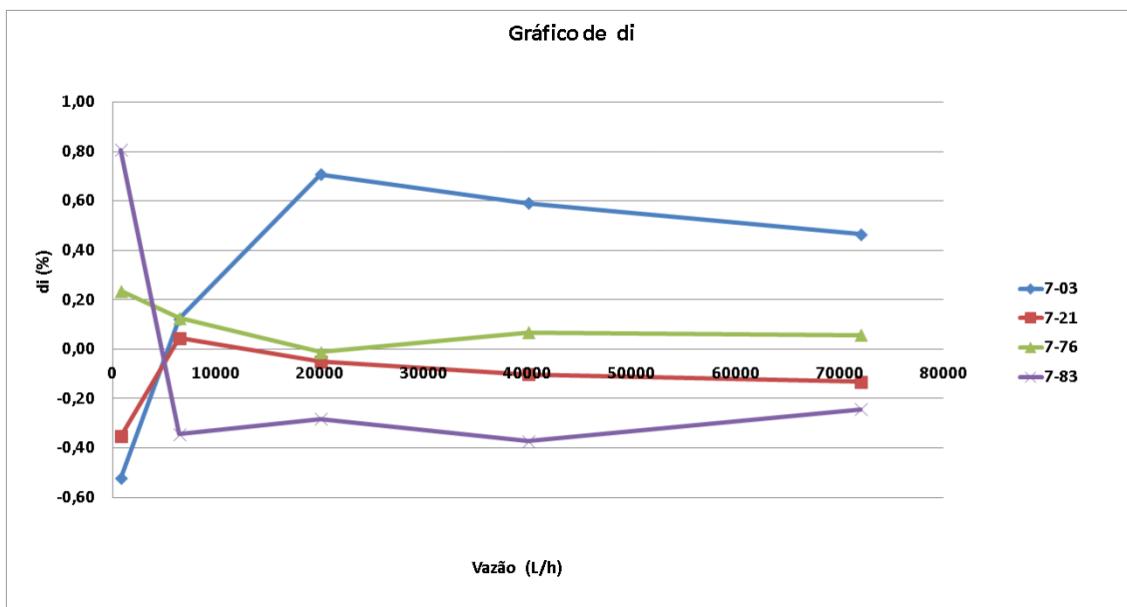
Todos os laboratórios, mesmo aqueles que não compuseram os valores de referência (por não atenderem integralmente o disposto no Protocolo da 8ª Edição), tiveram seus erros normalizados avaliados.

Na Tabela 9, estão destacados em verde os resultados satisfatórios, em amarelo os resultados em “nível de alerta” e em vermelho os resultados não satisfatórios.

Tabela 9 – Erro normalizado para o Grupo 07.

| Erros Normalizados Artefato 01 – Nº Série A19085552 | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| Vazão [L/h] → | 72000 | | 40000 | | 20000 | | 6400 | | 800 | |
| Código | E_n | $d_i\%$ |
| LAB 7-03 | 1,64 | 0,47 | 2,14 | 0,59 | 2,56 | 0,71 | 0,44 | 0,12 | 1,15 | -0,52 |
| LAB 7-21 | 0,47 | -0,13 | 0,37 | -0,10 | 0,19 | -0,05 | 0,16 | 0,05 | 0,78 | -0,35 |
| LAB 7-76 | 0,20 | 0,06 | 0,25 | 0,07 | 0,04 | -0,01 | 0,45 | 0,13 | 0,52 | 0,24 |
| LAB 7-83 | 0,85 | -0,24 | 1,35 | -0,37 | 1,02 | -0,28 | 1,23 | -0,34 | 1,78 | 0,81 |

* E_n (erro Normalizado); d_i (desvio com relação ao CRV).



6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo grupo n° 07 desta 8^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”.

Cabe ressaltar que, embora todos os laboratórios participantes do Grupo 07 sejam acreditados, seja para calibração ou para ensaio dos medidores, dois deles são acreditados para a faixa completa do artefato e dois deles não são acreditados para vazões acima de 31,25 m³/h.

O Laboratório 7-21 obteve 100,0 % de resultados com erro normalizado ≤ 1.

O Laboratório 7-76 obteve 100,0 % de resultados com erro normalizado ≤ 1.

O Laboratório 7-03 obteve 20,0 % de resultados com erro normalizado ≤ 1, 20,0 % de resultados com erro normalizado > 1 e ≤ 1,2 e 60,0% dos resultados > 1,2.

O Laboratório 7-83 obteve 20,0 % de resultados com erro normalizado ≤ 1, 20,0 % de resultados com erro normalizado > 1 e ≤ 1,2 e 60,0% dos resultados > 1,2.

O Laboratório 7-21 obteve resultados de erro normalizado satisfatório em 100% das medições, não sendo necessário elaboração de um plano de ação.

O Laboratório 7-76 obteve resultados de erro normalizado satisfatório em 100% das medições, não sendo necessário elaboração de um plano de ação.

O Laboratório 7-03 apresentou resultados de erro normalizado não satisfatório, na faixa de vazão de 40000 L/h até 72000 L/h. Também apresentou resultado de erro normalizado em nível de alerta para o ponto de vazão de 6400 L/h.

O Laboratório 7-83 apresentou resultados de erro normalizado não satisfatório, na faixa de vazão de 800 L/h até 6400 L/h e no ponto 40000 L/h. Também apresentou resultado de erro normalizado em nível de alerta para o ponto de vazão de 20000 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, tanto os laboratórios acreditados para o serviço de calibração de Totalizador de Volume de Água ou de Outros Líquidos, Exceto Hidrocarbonetos, quanto laboratórios acreditados para ensaio de Medidor de Volume de Água Potável Fria na determinação dos erros de indicação que obtiveram resultados insatisfatórios para os pontos de vazão para os 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. CONSIDERAÇÕES DOS LABORATÓRIOS PARTICIPANTES

Não houve comentários realizados pelos laboratórios participantes do Grupo 07.

8. CONFIDENCIALIDADE

Ao realizar a inscrição na 8^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 seja selecionado como representante designado para realizar o cálculo de erro normalizado, os resultados destes cálculos devem ser compartilhados apenas com os laboratórios participantes do grupo, visando à conferência dos dados para posterior elaboração do relatório final.
- c) Caso seja selecionado como coordenador ou secretário do grupo, o relatório final deve 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.

9. AGRADECIMENTOS

A Subcomissão do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, subordinada a CT-13, agradece as empresas CONAUT, FAE, ITRON e LAO por terem disponibilizado os artefatos para esta 8^a 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 8^a edição do PIPH, que mesmo em meio a uma pandemia, não mediram esforços para viabilizar a continuidade do Programa e o cumprimento dos prazos impostos para a finalização da 8^a Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

São Paulo, 30 de novembro de 2020.

Nome: Vinícius Grando de Campos

Coordenador do Grupo nº 07

Gero Comércio e Serviços Ltda

Jorge Leandro Lunkes

Coordenador do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria

10. 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. 13, Requisitos para a Participação de Laboratórios em Ensaios de Proficiência.

INMETRO, Documento NIT DICLA 031 – rev. 24, Regulamento da Acreditação de Laboratório, de Produtores de Materiais de Referência e de Provedores de Ensaios de Proficiência.

INMETRO, Documento NIE CGCRE 045 – rev. 6, Operação dos Comitês Técnicos de Assessoramento à CGCRE na Acreditação de Organismos de Avaliação de Conformidade.

INMETRO, Documento DOQ CGCRE 090 – rev. 0, Orientações para a Estimativa da Incerteza de Medição e Expressão da Capacidade de Medição e Calibração na Área de Vazão e Velocidade de Fluidos e em Ensaios em Hidrômetros.

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.

LUNKES, J.L; 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, 2018, Comissão Técnica de Vazão CT-13, CGCRE.

LUNKES, J.L; Protocolo da 8ª Edição do Programa Interlaboratorial, 2018, Subcomissão Técnica do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, Comissão Técnica de Vazão CT-13, Dicla.

ANEXO 1

EQUIPE TÉCNICA DO GRUPO 07

A1.1 – Nome da Empresa: Conaut Controles Automáticos Ltda

Nome do Laboratório: Laboratório de Ensaio em Hidrometria - Conaut Embú

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Caio Leonny Braga de S. Andrade - Gerente Técnico

Não foram recebidas fotos das bancadas de calibração, informações relativas ao princípio de funcionamento da bancada e se os medidores foram ensaiados em série ou individualmente.

A1.2 – Nome da Empresa: Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo

Nome do Laboratório: Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Rubens Gonçalves dos Santos - Responsável Técnico do Laboratório
- Alessandro Aparecido da Silva - Responsável Técnico do Laboratório
- Lucivaldo Spagnolo - Engenheiro de Produto

Bancada com princípio gravimétrico

Medidores ensaiados individualmente

Não foram recebidas fotos das bancadas de calibração.

A1.3 – Nome da Empresa: Gero Comérico e Serviços Ltda

Nome do Laboratório: Laboratório de Vazão de Líquidos

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Luis Gustavo Cinto - Técnico
- Vinícius Grando de Campos - Signatário

Bancada com princípio gravimétrico

Medidores ensaiados individualmente

Não foram recebidas fotos das bancadas de calibração.

A1.4 – Nome da Empresa: Itron Soluções para Energia e Água Ltda, alterou razão social ao longo do programa interlaboratorial, para Accell Soluções para Energia e Água Ltda.

Nome do Laboratório: Laboratório Itron de Calibrações e Ensaios, alterado para

Laboratório Accell Soluções para Energia e Água Ltda.

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Cristiano D. Silva – Técnico Laboratório
- Francisco Peressim – Coordenador Laboratório
- Wesley I. Nascimento – Gerente da Qualidade
- Adriano F. de Oliveira – Coordenador de Normas e Certificações

Bancada com princípio volumétrico
Medidor ensaiado individualmente
Não foram recebidas fotos das bancadas de calibração.