



**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<sup>a</sup> EDIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL**

**GRUPO 2**

**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.....	8
3.5 Laboratório de Referência.....	8
3.6 Métodos de Medição .....	8
4. DECLARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO.....	10
5. RESULTADOS DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL .....	11
5.1 Estudo da Estabilidade dos Artefatos Grupo 2 .....	12
5.2 Análise de Valores Discrepantes .....	12
5.3 Resultados Declarados e Valores de Referência .....	13
5.4 Análise do Erro Normalizado Grupo 2.....	15
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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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 2.

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<sup>a</sup> 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 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 2, integrante da 8<sup>a</sup> 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 2, integrado pelos laboratórios Copasa, Honeywell, Saga, BRK Palmas, Caesb, Cagece e Fae.

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), 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. Dos 14 laboratórios acreditados pela Cgcre, 10 são laboratórios de ensaios (da RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio) e 4 são laboratórios de calibração (da RBC – Rede Brasileira de Calibração).

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

<b>Nº de Acreditação</b>	<b>Nome do Laboratório</b>	<b>Instituição / Empresa</b>
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 Vazão e Nível - 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	ITRON SOLUÇÕES PARA ENERGIA E ÁGUA LTDA.
CRL 0825	Laboratório de Hidrometria da Cagece	Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece
CRL 0907	Laboratório de Ensaios em Hidrômetros	Saga Medição Ltda
CRL 1004	Laboratório de Inspeção Final	Elster Medição de Água Ltda.

Nº de Acreditação	Nome do Laboratório	Instituição / Empresa
CRL 1041	Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo	Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo
CRL 1051	Laboratorio 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:** <sup>1</sup> o laboratório BRK Cachoeiro por questões técnicas, devidamente justificadas ao coordenador da 8<sup>a</sup> 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, 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. 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 8<sup>a</sup> 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	-	-
<b>Faixa de Operação</b>	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 30.000 L/h	800 L/h A 80.000 L/h
<b>Tipo de Artefato</b>	Volumétrico	Volumétrico	Velocimétrico + Volumétrico	Ultrassônico	Volumétrico	Ultrassônico	Eletromagnético
<b>DN</b>	20	20	20	20	25	50	80
<b>Fabricante</b>	Itron	Lao	Zenner	Fae	Itron	Conaut	Conaut
<b>Coordenador do Grupo</b>	Adriano - Itron	Fernando - Copasa	Jorge - Zenner	Lucivaldo - Lao	Luiz Claudio - Cedae	Vinicius - Gero	Vinicius - Gero
<b>Secretário</b>	David - Sanasa	Eloi - Cagece	Paulo - Compesa	Adriano - Itron	Edmar - Saga	Fernando - Copasa	Caio - Conaut
<b>Estabilidade</b>	Itron	Lao	Zenner	Fae	Itron	Conaut	Conaut
<b>Responsável pelo Cálculo</b>	David - Sanasa	Eloi - Cagece	Paulo - Compesa	Adriano - Itron	Edmar - Saga	Fernando - Copasa	Caio - Conaut
<b>Coordenador 8ª Edição</b>	Jorge Leandro Lunkes - Zenner						
<b>Observador</b>	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 do grupo nº 2, 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)	Grupo	Artefato	Quantidade	Fabricante
15 a 3.000	2	Medidor Volumétrico DN 20 x 190 mm	2 unidades	Lao – G2

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 maletas 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.



Foto da maleta utilizada no transporte dos artefatos

### 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 2.

Ponto	Faixa de Operação 15 a 3.000 (L/h)	Volume Mínimo (L)
1º	2700	50
2º	1500	50
3º	750	50
4º	120	10
5º	15	5

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 e Velocimétricos: 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 8<sup>a</sup> 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 8 <sup>a</sup> 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 2 e o representante designado, Sr. Eloi Bento de Paula do Laboratório de

Hidrometria da Cagece, 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. Fernando Mendes de Almeida 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:

$$u_{ref} = \sqrt{(u^2_{estabilidade} + uCRV^2)} \quad (2)$$

Onde:

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

$uCRV$  = 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 8ª 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 2**

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 2 foi Laboratório da Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo - LAO. 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 2

Estabilidade dos Artefatos										
Vazão [L/h] →	2700		1500		750		120		15	
Artefato	$\sigma$ (%)	$u_{estabilidade}$								
<b>01 - Nº A17L133079</b>	0,08	0,02	0,31	0,09	0,32	0,09	0,42	0,12	2,01	0,58
<b>02 - Nº A17L133081</b>	0,00	0,00	0,14	0,04	0,24	0,07	0,39	0,11	2,25	0,65

### **5.2 Análise de Valores Discrepantes**

O Grupo 2 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<sup>a</sup> edição do PIPH, os resultados obtidos por cada um dos laboratórios participantes do Grupo 2, incluindo erro de indicação declarado (E) e a incerteza de medição expandida (IM), são apresentados na Tabela 7. Na tabela consta, ainda, o valor obtido a partir da medição do diâmetro interno ( $\phi_i$ ) do mancal utilizado na calibração.

Tabela 7 – Resultados Declarados

Resultados Declarados Artefato 01 – Nº Série A17L133079												
Vazão [L/h] →		2700		1500		750		120		15		
Código	$\phi_i$ [mm]	E	IM	E	IM	E	IM	E	IM	E	IM	
<b>LAB 2-08</b>	20,00	-1,70	0,61	-1,27	0,54	-0,74	0,60	0,39	0,84	-3,24	1,12	
<b>LAB 2-34</b>	20,00	-1,48	0,20	-1,31	0,14	-0,72	0,13	0,33	0,18	-4,57	0,22	
<b>LAB 2-48</b>	20,00	-1,60	0,66	-1,03	0,66	-0,37	0,67	0,94	0,67	-2,50	0,67	
<b>LAB 2-59</b>	20,13	-1,71	0,21	-1,23	0,22	-0,63	0,22	0,49	0,35	-1,23	0,73	
<b>LAB 2-60</b>	20,00	-1,80	0,66	-1,34	0,60	-0,67	0,60	0,56	0,61	-1,40	1,51	
<b>LAB 2-65</b>	19,85	-1,59	0,21	-1,14	0,22	-0,56	0,24	0,37	0,47	-2,58	0,70	
<b>LAB 2-81</b>	19,50	-1,92	0,20	-1,32	0,20	-0,71	0,20	0,30	0,67	-2,16	0,50	
Resultados Declarados Artefato 02 – Nº Série A17L133081												
Vazão [L/h] →		2700		1500		750		120		15		
Código	$\phi_i$ [mm]	E	IM	E	IM	E	IM	E	IM	E	IM	
<b>LAB 2-08</b>	20,00	-1,82	0,61	-1,29	0,56	-0,75	0,61	0,34	0,64	-3,93	1,10	
<b>LAB 2-34</b>	20,00	-1,61	0,19	-1,53	0,14	-0,83	0,13	0,17	0,18	-3,36	0,42	
<b>LAB 2-48</b>	20,00	-1,84	0,64	-1,23	0,64	-0,51	0,67	0,62	0,67	-2,79	0,67	
<b>LAB 2-59</b>	20,13	-1,86	0,22	-1,36	0,22	-0,68	0,22	0,71	0,60	-2,95	0,94	
<b>LAB 2-60</b>	20,00	-2,08	0,69	-1,57	0,60	-0,77	0,60	0,41	0,64	-2,73	1,51	
<b>LAB 2-65</b>	19,85	-1,79	0,21	-1,35	0,22	-0,67	0,21	0,48	0,48	-3,70	0,58	
<b>LAB 2-81</b>	19,50	-2,21	0,20	-1,52	0,20	-0,81	0,20	0,28	0,67	-3,84	0,50	

Por declarar valores de diâmetro interno dos mancais fora do especificado no item 3.6 deste documento, o Laboratório 2-59 teve desconsiderados os seus resultados do cálculo do erro Normalizado dos dois artefatos utilizados no Grupo 2.

O Protocolo da 8<sup>a</sup> 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.

Desta forma, os resultados da faixa 120 L/h do Laboratório 2-08 e os resultados das faixas 1.500, 750, 120 e 15 L/h do laboratório 2-34 foram desconsiderados do cálculo dos valores de referência para o artefato nº A17L133079. Já para o artefato de nº A17L133081, o laboratório 2-34 teve todos os seus resultados desconsiderados para o cálculo dos valores de referência e o laboratório 2-60 teve os valores desconsiderados para o cálculo dos valores de referência na faixa de vazão de 2.700 L/h.

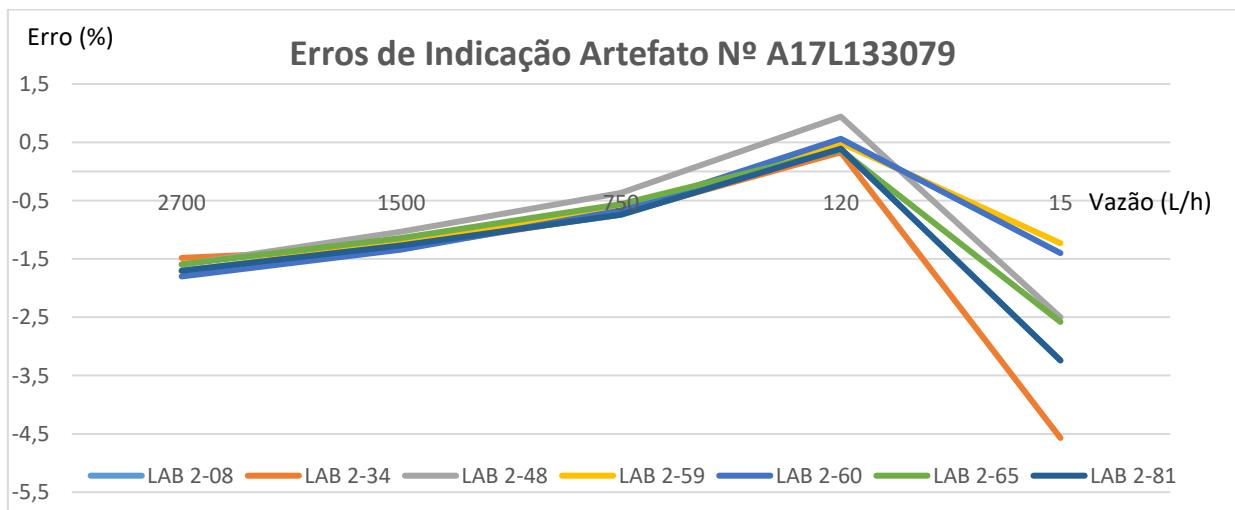
Os valores de referência do erro relativo de volume ( $CRV\%$ ) e incerteza de medição expandida ( $U_{ref}\%$ ) para cada artefato podem ser observados na Tabela 8.

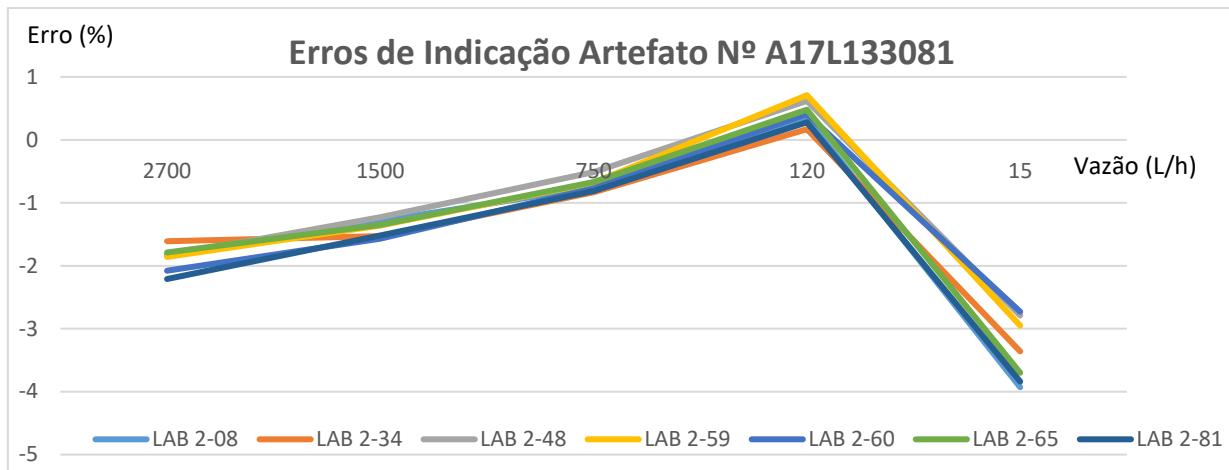
Para obtenção do Valor da Incerteza Expandida de Referência ( $U_{ref}$ ), multiplicar  $u_{ref}$  pelo fator de abrangência ( $k=2$ ) ou utilizar outros fatores de abrangência utilizando a Equação de Welch-Satterthwaite).

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

Valores de Referência										
Vazão [L/h] →	2700		1500		750		120		15	
Artefato	CRV %	$U_{ref}\%$								
02 -- Nº A17L133079	-1,66	0,22	-1,23	0,28	-0,63	0,28	0,50	0,39	-2,42	1,24
01 - Nº A17L133081	-1,91	0,27	-1,40	0,23	-0,72	0,26	0,42	0,38	-3,55	1,39

A representação gráfica dos erros de indicação apresentados pelos laboratórios está apresentada abaixo:





#### 5.4 Análise do Erro Normalizado Grupo 2

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.

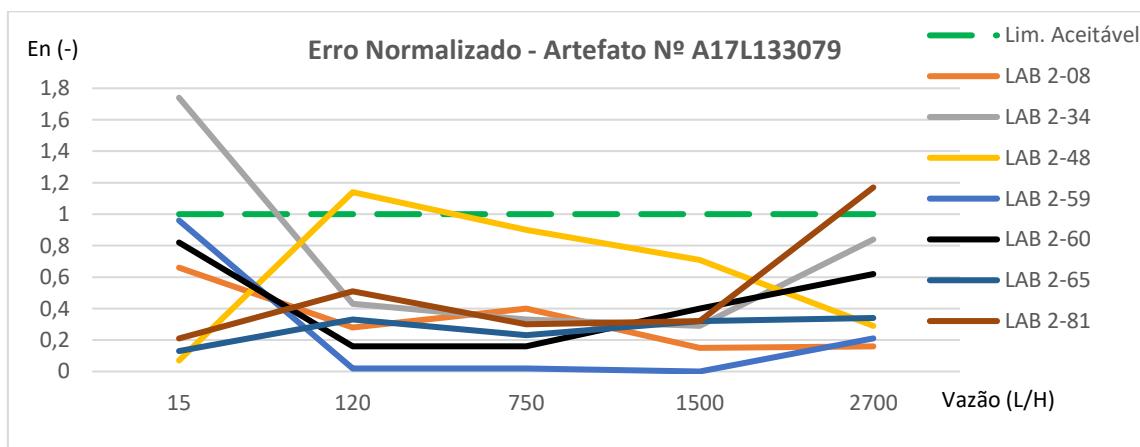
Na Tabela 9, estão destacados em verde os resultados satisfatórios, em amarelo os resultados em “nível de alerta” e em vermelho os resultados não satisfatórios.

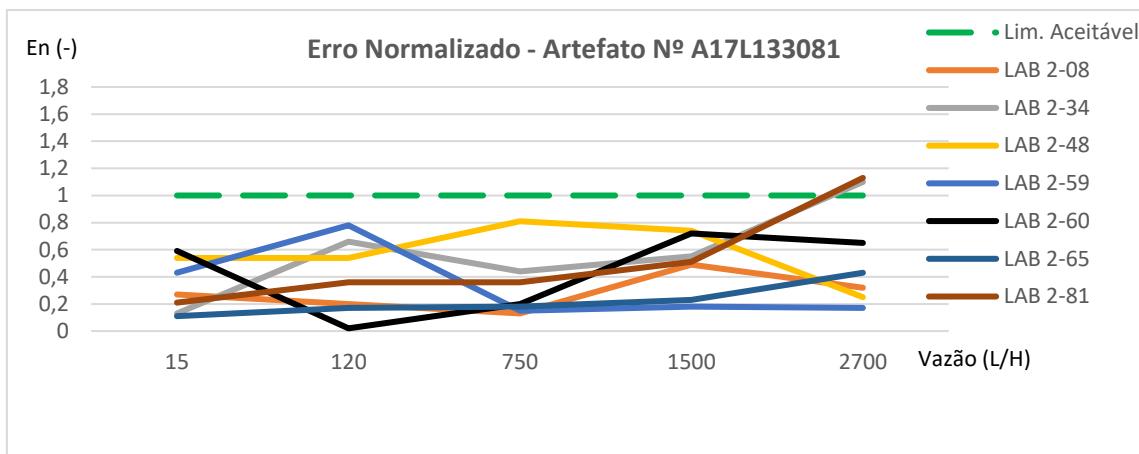
Tabela 9 – Erro normalizado para o Grupo 2

Erros Normalizados Artefato 01 – Nº Série A17L133079										
Vazão [L/h] →	2700		1500		750		120		15	
Código	$E_n$	$d_i$								
<b>LAB 2-08</b>	0,16	-0,04	0,15	-0,04	0,40	-0,11	0,28	-0,11	0,66	-0,82
<b>LAB 2-34</b>	0,84	0,18	0,29	-0,08	0,33	-0,09	0,43	-0,17	1,74	-2,15
<b>LAB 2-48</b>	0,29	0,06	0,71	0,20	0,90	0,26	1,14	0,44	0,07	-0,08
<b>LAB 2-59</b>	0,21	-0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	-0,01	0,96	1,19
<b>LAB 2-60</b>	0,62	-0,14	0,40	-0,11	0,16	-0,04	0,16	0,06	0,82	1,02
<b>LAB 2-65</b>	0,34	0,07	0,32	0,09	0,23	0,07	0,33	-0,13	0,13	-0,16
<b>LAB 2-81</b>	1,17	-0,26	0,32	-0,09	0,30	-0,08	0,51	-0,20	0,21	0,26
Erros Normalizados Artefato 02 – Nº Série A17L133081										
Vazão [L/h] →	2700		1500		750		120		15	
Código	$E_n$	$d_i$								
<b>LAB 2-08</b>	0,32	0,09	0,49	0,11	0,13	-0,03	0,20	-0,08	0,27	-0,38
<b>LAB 2-34</b>	1,10	0,30	0,55	-0,13	0,44	-0,11	0,66	-0,25	0,13	0,19
<b>LAB 2-48</b>	0,25	0,07	0,74	0,17	0,81	0,21	0,54	0,20	0,54	0,76
<b>LAB 2-59</b>	0,17	0,05	0,18	0,04	0,15	0,04	0,78	0,29	0,43	0,60
<b>LAB 2-60</b>	0,65	-0,17	0,72	-0,17	0,20	-0,05	0,02	-0,01	0,59	0,82
<b>LAB 2-65</b>	0,43	0,12	0,23	0,05	0,18	0,05	0,17	0,06	0,11	-0,15
<b>LAB 2-81</b>	1,13	-0,30	0,51	-0,12	0,36	-0,09	0,36	-0,14	0,21	-0,29

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

A representação gráfica do erro Normalizado para cada artefato apresentada abaixo:





## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo grupo nº 2 desta 8ª 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”.

Os laboratórios obtiveram o seguinte índice de resultados satisfatórios:

Porcentagem de erro normalizado.

O Laboratório 2-08 obteve 100 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório 2-34 obteve 80 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório 2-48 obteve 90 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório 2-59 obteve 100 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório 2-60 obteve 100 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório 2-65 obteve 100 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório 2-81 obteve 80 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório 2-08 obteve resultados de erro normalizado satisfatório em 100% das medições, não sendo necessário elaboração de um plano de ação.

O Laboratório 2-59 obteve resultados de erro normalizado satisfatório em 100% das medições, não sendo necessário elaboração de um plano de ação.

O Laboratório 2-60 obteve resultados de erro normalizado satisfatório em 100% das medições, não sendo necessário elaboração de um plano de ação.

O Laboratório 2-65 obteve resultados de erro normalizado satisfatório em 100% das medições, não sendo necessário elaboração de um plano de ação.

O Laboratório 2-34 apresentou resultados de erro normalizado não satisfatório, na vazão de 15 L/h e erro normalizado em nível de alerta na vazão de 2.700 L/h.

O Laboratório 2-48 apresentou resultados de erro normalizado em nível de alerta na vazão de 120 L/h

O Laboratório 2-81 apresentou resultados de erro normalizado em nível de alerta na vazão de 2.700 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 de ensaios e os laboratórios de calibrações que obtiveram resultados insatisfatórios para os ensaios ou para as calibrações 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 manifestação de considerações por parte dos laboratórios participantes do grupo 2 da 8<sup>a</sup> Edição do Programa Interlaboratorial em hidrometria.

## **8. CONFIDENCIALIDADE**

Ao realizar a inscrição na 8<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

Belo Horizonte, 30 de novembro de 2020.

---

Nome: Fernando Mendes de Almeida

Coordenador do Grupo n° 2

Laboratório de Hidrometria da Divisão de Hidrometria da Copasa

---

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 nº 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 2**

**A1.1 – Nome da Empresa:** BRK Ambiental

**Nome do Laboratório:** Laboratório de Hidrometria

**Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:**

- Luana Xavier da Silva Paulino – Analista de Apoio Operacional



Bancada com princípio Volumétrico  
Medidores Ensaíados individualmente.

**A1.2** – Nome da Empresa: Companhia de Saneamento Ambiental do DF – CAESB

Nome do Laboratório: Laboratório de Micromedição – CAESB

Nome e função de todas as pessoas envolvidas na atividade:

-Clovis Ribeiro dos Santos e Silva – Coordenador de processo

-Hugo Alves dos Santos – Supervisor de processo



Bancada com princípio Volumétrico

Medidores Ensaíados em série

**A1.3– Nome da Empresa: Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece**

**Nome do Laboratório: Laboratório de Hidrometria da Cagece**

**Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:**

-Francisco Edson da Silva - Responsável Técnico do Laboratório

-Eloi Bento de Paulo - Responsável Técnico substituto



**Bancada com princípio Volumétrico.**

**Medidores Ensaíados individualmente.**

**A1.4** – Nome da Empresa: Companhia de Saneamento de Minas Gerais - Copasa

Nome do Laboratório: Laboratório de Hidrometria da Divisão de Hidrometria

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Luiz Fernando Almeida Resende – Responsável Técnico do Laboratório

- Fernando Mendes de Almeida – Supervisor de Hidrometria

- Fábio da Costa Moreira – Técnico de Hidrometria



Bancada com princípio Medidor Padrão Eletromagnético

Medidores Ensaíados individualmente.

**A1.5 – Nome da Empresa:** FAE Sistemas de Medição S/A  
**Nome do Laboratório:** Laboratório de Qualidade Assegurada – FAE  
**Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:**  
- Wendersson Abreu Candido – Coordenador da Qualidade;  
- Francisco Ednardo de Lima Melo – Supervisor da Qualidade



Bancada com princípio Volumétrico.  
Medidores Ensaiados individualmente.