

PROTOCOLO DA COMPARAÇÃO BILATERAL EM VAZÃO DE HIDROCARBONETOS LÍQUIDOS



Revisão 00 em 27/09/2015

1. INTRODUÇÃO.

Foi acordado entre os laboratórios de calibração do Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos – CTMetro do IPT e Metroval participar em uma comparação bilateral em vazão de hidrocarbonetos líquidos. Ambos laboratórios são acreditados pela Cgcre área de vazão de líquidos.

Assim, o objetivo deste documento é harmonizar as informações e estabelecer os requisitos e procedimentos que deverão ser estabelecidos para o sucesso do programa, e que deverão ser cumpridos pelos laboratórios participantes. Este protocolo inclui as orientações do documento NIE-CGCRE-045 OPERAÇÃO DOS COMITÊS TÉCNICOS DE ACESSORAMENTO À CGCRE NA ACREDITAÇÃO DE ORGANISMOS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE.

2. PADRÃO ITINERANTE (artefato).

Foi decidido que será utilizado um medidor de vazão do tipo deslocamento positivo de engrenagens ovais como padrão itinerante, o qual será disponibilizado sem custo pela Metroval, devendo ser devolvido no final do programa de comparação interlaboratorial.

O padrão itinerante tem um sinal de saída pulsos do tipo onda quadrada. A tabela abaixo mostra as características principais dos padrões itinerantes.

Tabela 1. Relação dos padrões itinerantes.

Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	K-factor
Metroval	OI-600	(18 a 180) m ³ /h	4" (100 mm) 150#	2,68 pulsos/L

Nota 1: O padrão itinerante será caracterizados pelo laboratório Metroval antes de ser liberado para utilização no programa de comparação interlaboratorial.

Um filtro será disponibilizado juntamente com o medidor de vazão e, em hipótese nenhuma o medidor deverá ser utilizando sem o filtro com o elemento filtrante instalado a montante do medidor.

Por medida de segurança o medidor será lacrado. Caso o laboratório em turno verifique um lacre rompido deverá informar a todos os participantes deste PI onde será decidida a ação correspondente.

2.1. Instalação mecânica.

Pelo seu princípio de medição, o artefato escolhido não requer condicionadores de escoamento a montante deleis. Sendo assim, as recomendações de instalação que devem ser seguidas são listadas abaixo:

- O medidor deve ser instalado na posição horizontal ou vertical ascendente, ou seja, mesmo que a conexão do flange fique em ambas as posições, o corpo do medidor deverá se manter na horizontal de forma que as suas engrenagens ovais internas fiquem apoiadas em seus eixos, conforme figuras abaixo.
- O medidor deve ser instalado numa posição tal que permaneça 100% cheio com líquido durante toda sua operação.



Figura 1. Instalação correta do medidor.

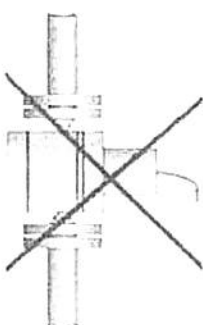


Figura2. Instalação incorreta do medidor.

- Utilização o filtro a montante do medido de vazão. Ver figura abaixo.

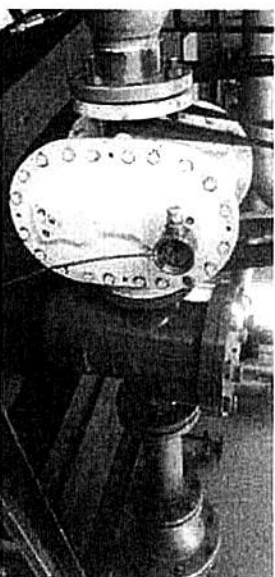


Figura 3. Conjunto medidor-filtro instalado na bancada de calibração.

- O comprimento face a face é:
 - o Medidor: 400 mm;
 - o Filtro: 410 mm.

2.2. Instalação elétrica.

Junto ao medidor será disponibilizada uma eletrônica com os parâmetros do medidor, onde ficarão disponíveis os conectores a serem utilizados para a alimentação da eletrônica, cabo de conexão do sensor (pick up), e o cabo da saída de pulsos, todos devidamente identificados.

A figura abaixo mostra o diagrama de conexão.

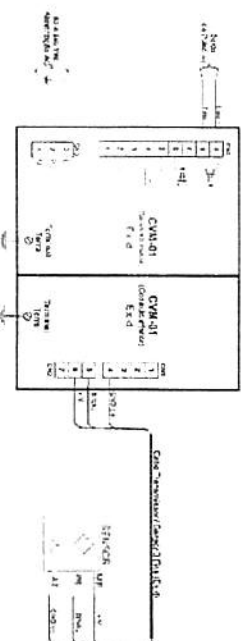


Figura 4. Diagrama de conexão elétrica.

2.3. Fator do medidor (k-factor).

Os resultados de calibração devem ser relatados utilizando como fator do medidor o k-factor proporcionado pelo laboratório coordenador deste PI.

3. LABORATÓRIOS PARTICIPANTES.

- Metroval;
- IPT Centro de Metrologia Mecânica e Elétrica (CTMetro).

Foi decidido que o laboratório Metroval será o coordenador deste programa.

3.1. Laboratório de referência.

Ficou decidido que nenhum dos laboratórios participantes será designado como laboratório de referência, desta forma os valores de referência serão conformados em base a outros critérios. Ver item 5.2.1.

3.2. Tipo de circulação.

A ordem de circulação adotada para este programa foi a passagem pela Metroval e depois IPT. Devido a um problema com o medidor, não foi possível retornar o medidor para a Metroval para verificar sua estabilidade.

Cada um dos laboratórios itinerantes terá no máximo 21 dias corridos para a execução das calibrações dos padrões itinerantes, e mais 21 dias para encaminhar os resultados a Metroval.

3.3. Transporte.

Cada um dos laboratórios participantes será responsável pela coleta dos padrões itinerantes, sendo este responsável único pela sua logística.

3.3.1. Acondicionamento.

O material deverá ser transportado nas embalagens disponibilizadas.

Caso as embalagens disponibilizadas sejam danificadas durante o transporte ou qualquer outra operação, o laboratório que está de posse dos padrões é responsável por fornecer embalagens substitutas com as mesmas características.

Convém que o artefato seja "descontaminado" antes da sua embalagem para evitar o excesso de óleo durante o manuseio e transporte. A descontaminação consiste em deixar o medidor com um dos flanges apontando para abaixo e deixar escorrer o óleo que fica dentro dele. Não devem ser utilizados solventes nem água para descontaminação. O medidor não deve ser aberto para descontaminação.

Não devem ser colocados objetos como panos, estopa, plástico bolha, etc. nas "bocas" do medidor.

A responsabilidade pela operação de embalagem é responsabilidade do laboratório que está entregando o artefato, porém o laboratório que o está coletando deve, sempre que possível, verificar esta operação.

Recomenda-se que sejam tiradas fotografias das operações de embalagem e desembalagem como evidência ante qualquer eventualidade.

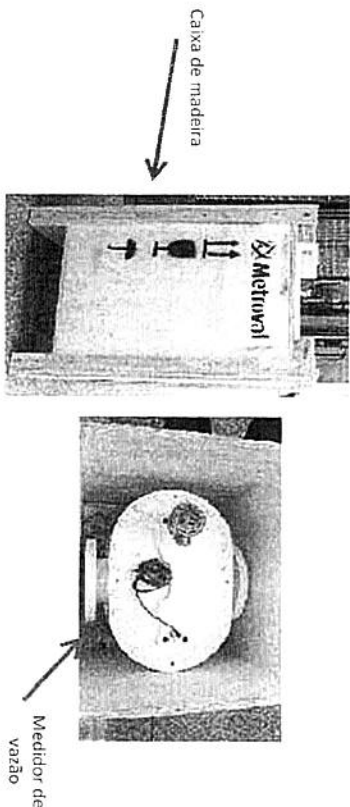


Figura 6. Embalagem do medidor de vazão.

4. EXECUÇÃO.

Devido a seu princípio de medição, os padrões itinerantes que serão utilizados neste programa apresentam baixa sensibilidade às mudanças de viscosidade do líquido medido, porém certas condições de operação devem ser observadas durante o processo de calibração, para evitar que mudanças bruscas de temperatura modifiquem significativamente a viscosidade do fluido utilizado provocando erros nos resultados emitidos pelos laboratórios.

4.1. Condições de calibração.

Para evitar que as condições de temperatura e pressão durante as calibrações possam influir no processo de avaliação dos resultados, se recomenda que as calibrações sejam executadas na faixa de temperatura de 22 °C a 40 °C, e na faixa de pressão manométrica de 1 bar a 2 bar.

Recomenda-se que a temperatura do líquido durante a calibração não mude além de 2°C durante uma vazão de calibração e além de 5 °C durante toda a calibração.

4.2. Fluidos utilizados.

A tabela abaixo mostra os fluidos disponíveis nos laboratórios participantes.

Tabela 2. Características dos fluidos de calibração disponíveis.

PARÂMETRO	METROVAL	IPT
Nome comercial	Texaco Spindura 10	Marbax TR-46 Petrolbas
Massa específica @ 20 °C (kg/m ³)	852	860
Viscosidade @ 20 °C (cP)	15	130
Faixa de temperatura mais comum durante a calibração (°C)	19 a 27	18 a 40

4.3. Procedimento de calibração.

Cada laboratório deverá seguir seu procedimento de calibração, cabendo a ele definir o número de corridas a serem executadas. Recomenda-se que sejam feitas no mínimo 3 corridas para cada vazão de calibração.

Serão executadas medições por totalização de volume em 7 pontos distribuídos da faixa de operação dos padrões itinerantes, com três medições em cada vazão.

Nota 3: Recomenda-se que a vazão ajustada não sofra variações superiores a 5% (para mais ou para menos) durante as calibrações.

Nota 4: Deverão ser registrados os valores médios de pressão manométrica a montante do medidor e a temperatura média do líquido utilizado para cada ponto.

Nota 5: Deverão ser apresentados os valores médios das condições ambientais durante as calibrações.

Nota 6: Deverá ser apresentado o valor médio das viscosidades do líquido utilizado para cada ponto de calibração.

5. RESULTADOS.

5.1. Declaração de resultados.

Foi decidido que não será necessário emitir certificado de calibração.

Cada laboratório participante emitirá a declaração dos resultados obtidos para cada padrão itinerante. O laboratório deverá emitir a declaração de resultados de calibração em até 21 dias após a conclusão dos ensaios, e encaminhá-los a Metroval. Os dados devem ser encaminhados eletronicamente.

Nota 6: O erro (mensurando) deve ser declarado considerando o k-factor definido para cada medidor deste PI.

Devem também ser informados dados complementares de valores médios de pressão manométrica a montante do medidor e temperatura média do líquido, para cada vazão ensaiada.

Devem ser relatadas também quaisquer dificuldades ou anormalidades verificadas por ocasião das medições. Quaisquer desvios dos procedimentos estabelecidos devem ser justificados pelo laboratório.

5.2. Relatório final.

O relatório final será elaborado pelo Laboratório coordenador deste PI baseado nas diretrizes do documento NIE-CGCRE-045 OPERAÇÃO DOS COMITÊS TÉCNICOS DE ACESSORAMENTO À CGCRE NA ACREDITAÇÃO DE ORGANISMOS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE.

Os resultados serão tratados em conjunto por todos os participantes.

5.2.1. Parâmetro de análise.

O principal parâmetro de análise foi o grau de equivalência. Em para cada laboratório e em cada vazão que neste caso será calculado pela equação abaixo:

$$En = \frac{L_1 - L_2}{\sqrt{U_{L1}^2 + U_{L2}^2 + U_H^2}}$$

L1: Resultado do laboratório 1;

L2: Resultado do laboratório 2;

U_{L1}: Incerteza expandida do laboratório 1;

U_{L2}: Incerteza expandida do laboratório 2;

U_H: Incerteza expandida devida à influência da viscosidade do fluido medido.

Resultados de grau de equivalência |En| ≤ 1 são considerados satisfatórios.

6. CUSTOS.

Cada participante é responsável pela sua própria despesa, referente ao envio do padrão itinerante e do acompanhamento, quando necessário, ao laboratório seguinte.

Centro de Metrologia Mecânica e Elétrica (CTMetro)
Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT

Laboratório de Calibração Metroval
Metroval Controle de Fluidos Ltda.

7. Relatório da comparação bilateral.

7.1. Caracterização do medidor.

O laboratório Metroval ficou encarregado de caracterizar o medidor utilizado nesta comparação.

O medidor foi calibrado em diferentes condições de operação e com diferentes fluidos para identificar a influência da viscosidade no comportamento do medidor.

A tabela abaixo mostra os resultados dos ensaios no medidor durante o processo de caracterização.

Tabela 3. Resultados de calibração do medidor durante sua caracterização.

Vazão m ³ /h	Fator de calibração (adimensional)				
	06/05/2014	22/05/2014	10/07/2014	29/10/2014	05/02/2015
18	9,2 cSt	33,3 cSt	20,3 cSt	13,4 cSt	15,6 cSt
36	0,97253	0,97271	0,9725	0,9719	0,97276
54	0,97222	0,97251	0,97174	0,97136	0,97164
72	0,97212	0,97268	0,97156	0,97122	0,97222
108	0,97225	0,97221	0,97097	0,97204	0,97205
144	0,97225	0,97268	0,97112	0,97232	0,97229
180	0,97204	0,97222	0,97089	0,97213	0,97203
	0,9713	0,97119	0,96997	0,97142	0,97139

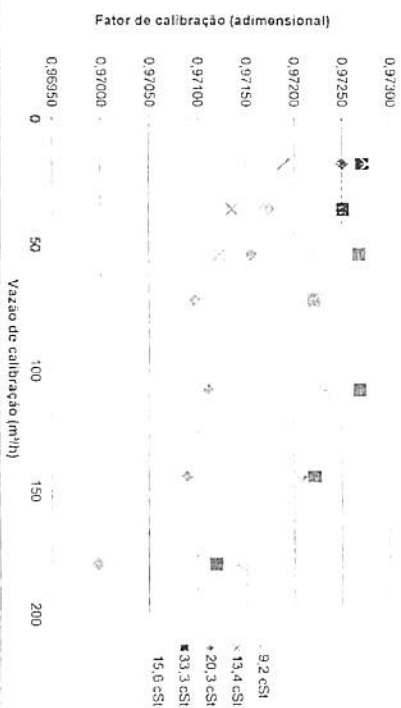


Figura 7. Resultados de calibração do medidor durante sua caracterização.

Com base nos resultados da tabela acima, a influência da viscosidade (U_H) foi considerada como a máxima diferença entre os fatores para cada uma das vazões de ensaio. O resultado é mostrado na tabela abaixo.

Tabela 4. Determinação da influência da viscosidade no resultado da calibração.

Vazão m ³ /h	Fator de calibração			
	Média	Máximo	Mínimo	Diferença
18	0,97248	0,97276	0,9719	0,00086
36	0,97189	0,97251	0,97136	0,00115
54	0,97195	0,97268	0,97122	0,00145
72	0,9719	0,97225	0,97097	0,00128
108	0,97213	0,97268	0,97112	0,00157
144	0,97186	0,97222	0,97089	0,00132
180	0,97106	0,97142	0,96997	0,00145

7.2. Resultados do laboratório IPT.

Tabela 5. Resultados do laboratório IPT.

Vazão de operação (m ³ /h)	Fator do medidor (-)	Erro (%)	Desvio padrão do erro (%)	Graus de liberdade n efetivo	Fator de abrangeância k (-)	Incerteza expandida (%)
19	0,97343	2,73	0,10	2	4,50	0,45
37	0,97096	2,99	0,09	2	4,50	0,41
56	0,97321	2,75	0,01	178	2,00	0,09
75	0,97271	2,81	0,01	292	2,00	0,08
111	0,97245	2,83	0,01	377	2,00	0,08
149	0,97228	2,85	0,02	83	2,00	0,09
182	0,97243	2,84	0,04	10	2,30	0,12

7.3. Resultados do laboratório Metroval.

Tabela 6. Resultados do laboratório Metroval.

Vazão de operação (m ³ /h)	Fator do medidor (-)	Erro (%)	Desvio padrão do erro (%)	Graus de liberdade n efetivo	Fator de abrangeância k (-)	Incerteza expandida (%)
18	0,97253	2,82	0,02	838	2,00	0,10
36	0,97222	2,86	0,01	1563	2,00	0,09
54	0,97212	2,87	0,02	1051	2,00	0,09
72	0,97225	2,85	0,02	843	2,00	0,09
108	0,97225	2,85	0,02	930	2,00	0,09
144	0,97204	2,88	0,03	692	2,00	0,09
180	0,97130	2,95	0,03	699	2,00	0,09

O Laboratório da Metroval considerou o resultado obtido com a viscosidade de 9,2 cSt.



Figura 8. Resultados de calibração do medidor.

7.4. Erro normalizado.

Tabela 7. Erro normalizado.

Vazão m ³ /h	Erro de calibração		Incerteza expandida		Erro normalizado	
	Metroval	IPT	Metroval	IPT	Valor	Avaliação
18	2,82	2,73	0,10	0,45	-0,20	Satisfatório
36	2,86	2,99	0,09	0,41	0,31	Satisfatório
54	2,87	2,75	0,09	0,09	-0,61	Satisfatório
72	2,85	2,81	0,09	0,08	-0,25	Satisfatório
108	2,85	2,83	0,09	0,08	-0,12	Satisfatório
144	2,88	2,85	0,09	0,09	0,14	Satisfatório
180	2,95	2,84	0,09	0,12	-0,55	Satisfatório

*Incerteza determinada pela influência da viscosidade.

No intuito de complementar os resultados para análise, calculou-se também o erro normalizado sem o parâmetro de incerteza relativo a viscosidade que é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Erro normalizado sem considerar a viscosidade

Vazão m ³ /h	Erro de calibração		Erro de calibração		Valor	Erro normalizado
	Metroval	IPPT	Metroval	IPPT		
18	2,82	2,73	0,10	0,45	-0,21	Satisfatório
36	2,86	2,99	0,09	0,41	0,32	Satisfatório
54	2,87	2,75	0,09	0,09	-0,93	Satisfatório
72	2,85	2,81	0,09	0,08	-0,36	Satisfatório
108	2,85	2,83	0,09	0,08	-0,20	Satisfatório
144	2,88	2,85	0,09	0,09	-0,20	Satisfatório
180	2,95	2,84	0,09	0,12	-0,77	Satisfatório

Com base nos resultados obtidos se conclui que os resultados são satisfatórios.

Cabe ao laboratório fazer a análise do relatório e a tomada de ações caso seja necessário.



Francisco Aguilera
Laboratório de Calibração Metroval
Nova Odessa, SP em 04 de maio de 2016.