

## 5

### Caracterização das demandas técnicas na UN-BC

Para fins de transferência de custódia ou medição fiscal relacionada à vazão de gás natural e de óleo os volumes medidos devem ser corrigidos para uma mesma temperatura e pressão de referência. Denominamos essa correção como “compensação” e está relacionada com o fato que tanto o gás como o líquido, este em menor razão, sofrem variação do seu volume pelo efeito da correção da pressão e temperatura. No Brasil, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis definiu essas condições (denominadas condições de base) pela fixação da seguinte condição termodinâmica de referência:  $p = 1$  atmosfera (101,325 kPa) e  $T = 20$  °C. Nos EUA, bem como em muitos outros países, embora essa pressão de referência seja igualmente mantida à pressão atmosférica, a temperatura é fixada em 60° F (15,6 °C).

Para se efetuar o cálculo da vazão compensada torna-se necessário conhecer o valor da pressão estática (medida na parede do duto) e a temperatura do escoamento na estação de medição. Estas duas medições devem estar sempre presentes nos sistemas de medição de transferência de custódia. Para aquelas situações em que o operador consegue demonstrar a estabilidade do escoamento (i.e.: manutenção dos valores monitorados de pressão e temperatura do fluido em escoamento; i.e. manutenção da vazão de escoamento) torna-se possível obter uma autorização do órgão fiscalizador para que essa medição (dita *on line*) seja utilizada como valor representativo da vazão num extenso intervalo de tempo. Evitando-se, assim, reincidentes repetições da vazão instantânea. Entretanto, essa prática nem sempre é factível tendo em vista que a monitoração da vazão (pressão estática e temperatura) requer investimentos usualmente expressivos de instalação de transmissores e sistemas automáticos de medição em tempo real. Esses custos elevados nem sempre justificam o trabalho de instrumentação em tempo real, limitando-se à medição dessas duas propriedades ( $p$  e  $T$ ) diretamente no fluido em escoamento.

A questão crítica aqui consiste em se determinar o valor do volume compensado uma vez que a compressibilidade do fluido depende diretamente da sua natureza. Torna-se, portanto, necessário definir o algoritmo de cálculo necessário à determinação da vazão.

## 5.1

### Medição de Gás Natural

No que concerne o gás natural, historicamente, sempre foi utilizado um algoritmo de compensação definido pela American Gas Association (AGA). Essa instituição publicou algumas instruções que até hoje se constituem nos padrões utilizados pelo mercado norte-americano:

- **Algoritmo AGA 3:** *Orifice Metering of Natural Gas and Other Related Hydrocarbons*: versões de 1985 e 1992;
- **Algoritmo AGA 7 1985:** *Measurement of Fuel Gas by Turbine Meters*: versões de 1985 e 1996;
- **Algoritmos de Compressibilidade do gás AGA 8 (1985):** *Compressibility Factor of Natural Gas and Related Hydrocarbon Gases*: versões 1985 e 1992.

O cálculo da compressibilidade torna-se relevante pelo fato de permitir a determinação da densidade do gás (que é afetada pela pressão), de sua temperatura e de sua composição química. A ANP define para o Brasil a utilização dos algoritmos definidos pela International Organization for Standardization (ISO) o que, obrigatoriamente, impõe a utilização dos seguintes algoritmos de cálculo:

- **Algoritmo ISO 5167,** *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 1: General principles and requirements*: versões de 1991 e 2003;
- **Algoritmo ISO 9951,** *Measurement of gas flow in closed conduits, Turbine meters Measure*: versão de 1993.

Como o comitê da ISO ainda não publicou uma norma específica para o cálculo da supercompressibilidade dos gases, a própria ANP estabeleceu a manutenção do algoritmo AGA 8.

Cabe observar que tanto as instruções da AGA quanto as normas da ISO são mais extensas que a simples especificação dos algoritmos. Esses são também os documentos normativos que definem as regras para a instalação dos sistemas nos aspectos referentes a dimensionamentos e requisitos técnicos dos equipamentos.

É importante mencionar que a seleção dos algoritmos depende da tecnologia de medição empregada, aspectos técnicos do trabalho que serão discutidos no próximo capítulo desta dissertação. A figura 5.1 apresenta o esquema de cálculo utilizado pelo algoritmo AGA 3 e AGA 8 para obtenção da vazão compensada fazendo uso de um sistema de medição por placas de orifício.

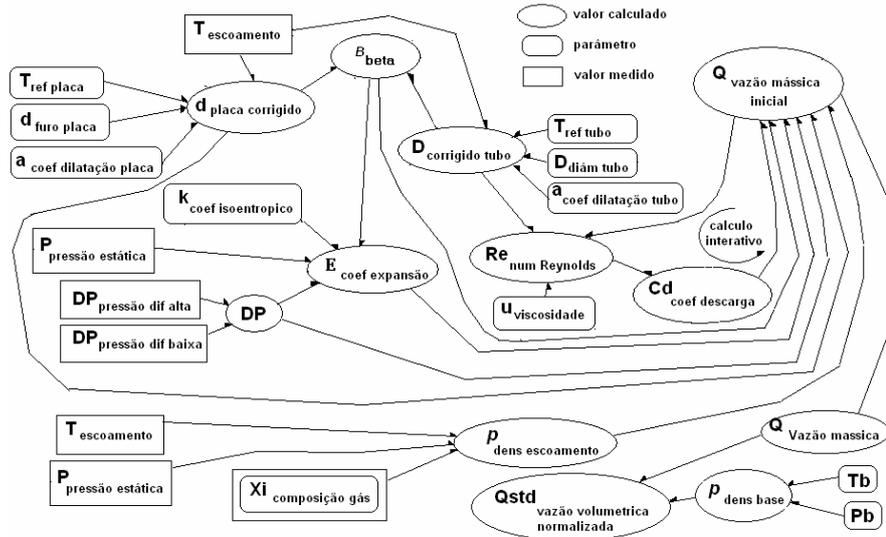


Figura 5.1: Computador de vazão: Esquemático da medição de gás (AGA)

Conforme esquematicamente ilustrado (Fig. 5.1) é possível constatar que, para a situação em pauta, são as seguintes as chamadas “variáveis de entrada” mensuradas:

- Pressão
- Temperatura
- Pressão diferencial
- Cromatografia do gás

Todas as demais entradas denotam valores parametrizados pelo usuário, na maioria das vezes obtidos diretamente do resultado das próprias análises cromatográficas realizadas em laboratório a partir de amostras de gás coletadas.

Independentemente da tecnologia de medição utilizada, tipicamente, nos sistemas de medição de gás, é possível considerar-se os seguintes valores de entrada:

- Vazão não corrigida (ou pressão diferencial quando orifícios calibrados são utilizados)
- Pressão estática
- Temperatura
- Densidade
- Fator de compressibilidade

Embora ainda não exista no Brasil um regulamento técnico para medição de vazão de gás natural aprovado, em 26 de março de 2003, o INMETRO disponibilizou uma proposta de regulamento que, entretanto, aguarda por uma decisão. Mesmo não tendo sido aprovada, o texto proposto tem servido de orientação para a comunidade. Para efeito deste trabalho, é possível, portanto, considerar os limites estabelecidos para as incertezas das variáveis de entrada das medições de gás natural, conforme apresentado pelos dados das tabelas 5.1, 5.2 e 5.3<sup>1</sup>.

Tabela 5.1: Erro máximo admissível para sistemas de medição

Erros Máximos admissíveis em...	Classe de Exatidão A	Classe de Exatidão B	Classe de Exatidão C
Medição de Energia	$\pm 1,0\%$	$\pm 2,0\%$	$\pm 3,0\%$
Volume convertido, massa convertida ou massa direta	$\pm 0,90\%$	$\pm 1,50\%$	$\pm 2,00\%$

Tabela 5.2: Erros máximos admissíveis para instrumentos de medição

Erros Máximos admissíveis em...	Classe de Exatidão A	Classe de Exatidão B	Classe de Exatidão C
Medição do volume nas condições de medição	$\pm 0,70\%$	$\pm 1,20\%$	$\pm 1,50\%$
Conversão em volume ou em massa nas condições base	$\pm 0,50\%$	$\pm 1,00\%$	$\pm 1,50\%$
Medição do poder calorífico	$\pm 0,50\%$	$\pm 1,00\%$	$\pm 1,00\%$
Determinação de poder calorífico	$\pm 0,60\%$	$\pm 1,20\%$	$\pm 2,00\%$
Conversão em energia	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,05\%$

Tabela 5.3: Regulamento Técnico de Medição: erros máximos e incertezas

Erros Máximos admissíveis em...	Classe de Exatidão A	Classe de Exatidão B	Classe de Exatidão C
Temperatura	$\pm 0,50\%$	$\pm 0,50\%$	$\pm 1,00\%$
Pressão	$\pm 0,20\%$	$\pm 0,50\%$	$\pm 1,00\%$
Densidade	$\pm 0,25\%$	$\pm 0,70\%$	$\pm 1,00\%$
Fator de Compressibilidade	$\pm 0,30\%$	$\pm 0,30\%$	$\pm 1,00\%$

As incertezas definidas nas tabelas anteriores são aquelas requeridas para os medidores principais (de vazão) e os secundários (pressão, temperatura, cromatografia e algoritmos). Essas são as demandas técnicas a serem atingidas nessas medições.

<sup>1</sup>Fonte: Os dados das tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 provêm do documento; Inmetro, Consulta Pública nº 061, Regulamento Técnico de Medição Gás Natural 2003)

## 5.2

### Medição de Óleo

A medição de vazão de óleo é mais complexa que a medição de gás, já que requer algoritmos de compensação que precisam ser implementados. Por sua vez, a definição desses algoritmos dependem de informações de normas técnicas e instruções normativas. Os sistemas de medição homologados pela ANP fazem menção aos seguintes algoritmos:

- **Dilatação térmica:** ISO 91.2/API 7.2, Temperature-Dynamic Temperature Determination;
- **Compressibilidade:** MPMS Chapter 11.2.1M, Compressibility Factors for Hydrocarbons: 638-1074 kilograms per Cubic Meter Range;
- **Conteúdo de sedimentos e água no petróleo,** conforme item 6.5 do Regulamento Técnico de Medição do INMETRO;
- **Volume total corrigido,** conforme ISO 4267-2 Petroleum and Liquid Petroleum Products - Calculation of Oil Quantities - Part 2: Dynamic Measurement.

A figura 5.2 ilustra de forma esquemática o processo de obtenção da vazão compensada de óleo.

Independentemente da tecnologia de medição utilizada, tipicamente, para os sistemas de medição de óleo são considerados como valores de entrada:

- Vazão não corrigida
- Pressão estática
- Temperatura
- Massa específica do fluido

O Regulamento Técnico de Medição de Óleo e Condensados adotado pelo Brasil foi aprovado pelo INMETRO em 11 de Abril 2003, por força da Portaria nº 064. Nesse documento normativo são definidos os limites estabelecidos para as incertezas das variáveis de entrada das medições de óleo.

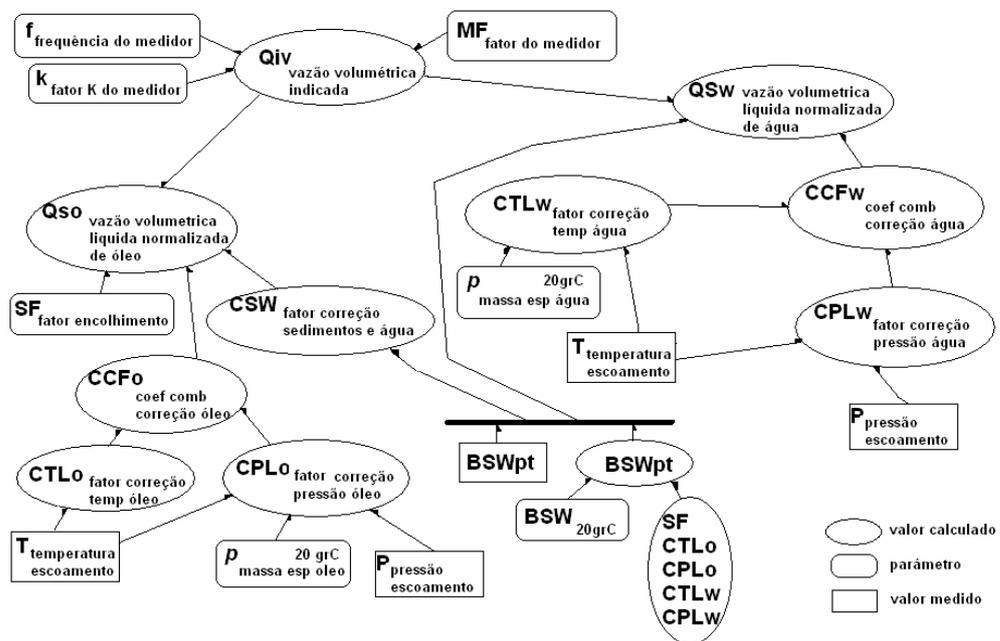


Figura 5.2: Computador de vazão: Esquemático da medição de óleo (ANP)