

# O USO DE MEDIDORES TIPO ULTRA-SOM PARA A MEDIÇÃO DE GÁS NATURAL NA INDÚSTRIA <sup>1</sup>

Jorge Venâncio<sup>2</sup>

## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo ilustrar o potencial de utilização dos medidores tipo ultra-som para a medição do gás natural nas indústrias servidas por este energético. Inicialmente será feita uma descrição geral deste medidor ilustrando o seu princípio de funcionamento, as suas vantagens particularmente no que tange à exatidão, e a evolução da sua utilização tanto no Brasil como no mundo, justificando-se as razões que levaram esta tecnologia a ser considerada a mais promissora e avançada atualmente existente. Posteriormente será apresentado o estado atual desta tecnologia e as potencialidades da sua utilização na indústria, abordando-se tópicos como, por exemplo, a disponibilidade de modelos existentes, o atual estágio de normalização e regulamentação metrológica deste medidor, a assistência técnica disponível no Brasil, os recursos para a sua operação e manutenção, etc. Na conclusão do trabalho será delineado o panorama atual da possibilidade de utilização desta tecnologia para a gestão de energia das indústrias no que tange a utilização do gás natural.

**Palavras-chave:** Gás; Medidor; Ultra-som; Indústria

## UTILIZATION OF ULTRASSONIC GAS METERS IN INDUSTRIES

### Abstract

This paper describes the potentiality of the utilization of the ultrasonic gas meters at industries. Initially it will be made a general description of the ultrasonic gas meter emphasizing its principle of operation, as well as its advantages, especially those related with its accuracy. The evolution of its utilization in Brazil and in the world will be mentioned as well as the reasons that justify why this technology is considered now the most advanced and promising existing one. Then it will be presented the state of the art and potential uses of this technology at the industries comprising aspects like the existence of standards and legal regulations, technical assistance in Brazil and support for its maintenance and operation. At the end it will be made a panorama of the utilization of the ultrasonic gas meter at the industries for energy management related to the natural gas utilization

**Key words:** Gas; Meter; Ultrasonic; Industry.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 23º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2008, Porto Seguro, BA*

<sup>2</sup> *Mestre em Energia/COMGAS/UNICAMP.*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Cenário e Objetivo deste Trabalho

A tecnologia de medição de vazão de fluídos oferece uma larga faixa de instrumentos para satisfazer a quase que todos os requisitos de medição de vazão. Os mesmos diferem basicamente quanto aos seus princípios de operação, métodos de medição de vazão e a informação fornecida. Diante da diversidade de medidores de vazão disponíveis no mercado, selecionar um instrumento mais adequado para uma dada aplicação não é uma tarefa fácil. A questão crucial que afeta o engenheiro instrumentista ou o supervisor de manutenção das indústrias e escolher qual sistema de medição se adapta às suas necessidades. Está é uma questão relevante a ser considerada.

Há cerca de 20 anos, a indústria do gás no mundo deu um passo avante no campo de medição de vazão com a utilização da técnica ultra-sônica. Baseados nestes progressos, esta técnica vem se difundindo com sucesso entre os usuários e engenheiros/consultores que especificam medidores de gás. Trata-se na verdade de um passo gigante tendo em vista a crescente importância da medição em toda a cadeia de suprimento de energia a qual possui enormes impactos financeiros, além do fato de introduzir uma tecnologia eminentemente eletrônica para a medição do gás natural, que se coaduna com as modernas sistemáticas de automação e transmissão de dados da atualidade, já que o medidor tipo ultra-som é eminentemente eletrônico e não possui partes móveis.

Esta tecnologia é recente e sua aplicação tem se dado em vazões e pressões altas de gás natural, tal como ocorre nas medições ligadas à produção deste energético e na sua transmissão, como por exemplo, nas estações de recebimento do gás natural nas grandes cidades (*citygates*). As Figuras 1 e 2 ilustram respectivamente o princípio de funcionamento de um medidor tipo ultra-som e uma visualização do mesmo.

Os objetivos deste trabalho são:

- Analisar a viabilidade da aplicação desta tecnologia em vazões de gás natural praticadas nas grades indústrias, o que a abrange tanto a transferência de custódia do gás entre a concessionária e o consumidor, como também o seu uso em aplicações internas;
- Apresentar esta tecnologia a comunidade de engenheiros e instrumentistas envolvidos com a gestão de energia das indústrias brasileiras, no sentido de prove-los com uma nova alternativa para a medição do gás natural, bem como de subsídios para identificar situações em que a utilização desta tecnologia seja favorável

## 1.2 Histórico da Utilização do Medidor Tipo Ultra-Som para o Gás Natural

Podemos enumerar os principais fatos históricos ligados ao uso do medidor tipo ultra-som de acordo com o abaixo disposto:

- 1845: Christian Doppler estabeleceu o conceito que existe uma aparente alteração na frequência do som, luz ou ondas de rádio com função de um movimento;
- 1983: Criação do medidor tipo ultra-som para água;
- 1985: Criação do medidor tipo ultra-som para gás com somente uma trajetória (British gas) para gás natural;

- 1989 Manufaturado o primeiro medidor tipo ultra-som multi-trajetórias para gás natural
- 1994: Primeiro teste com o medidor tipo ultra-som do Q.Sonic em um gasoduto
- 1998: Publicação de relatório “AGA Report No. 9, Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters”
- 2005: Início das atividades do 04:005.10-031 da CE CE-04: 005-10 – Comissão de Estudos de Medidores de Vazão de Fluidos da ABNT para a elaboração de Norma brasileira acerca da medição de vazão de gás por medidores do tipo ultra-sônico multi-trajetórias
- 2007: 1998: Publicação da revisão 1 do relatório “AGA Report No. 9, Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters”

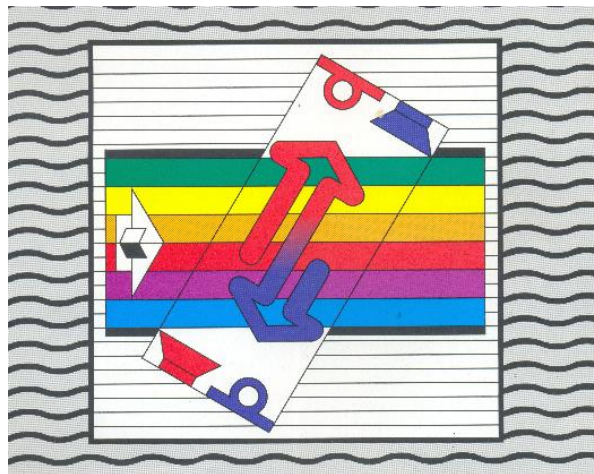


Figura 1. Ilustração do princípio de funcionamento de um medidor tipo ultra-som

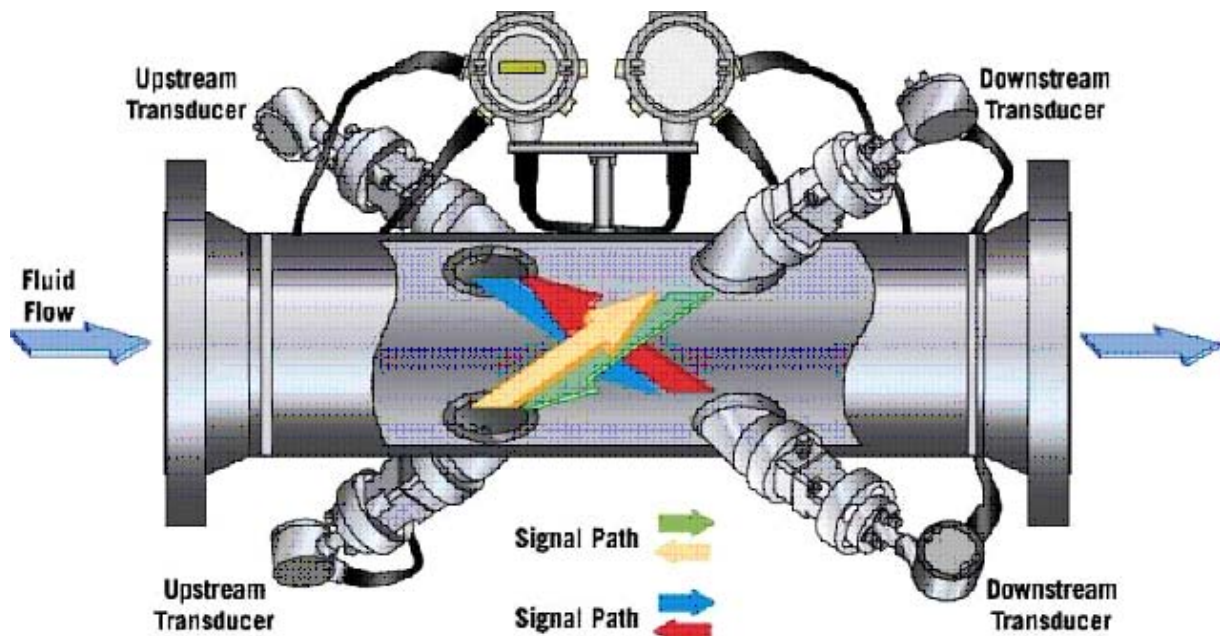


Figura 2. Medidor ultra-sônico para gás natural típico

## 2 MÉTODOS USADOS PARA AVALIAR A ESCOLHA DO MEDIDOR DE GÁS NA INDÚSTRIA

A medição de vazão do gás natural é uma necessidade básica para garantir tanto a qualidade como o custo de um processo, podendo em alguns casos fazer a diferença entre o lucro e o prejuízo. As informações geradas pelos medidores de vazão são essenciais em atividades como, por exemplo, balanços de massa, de energia, índices de produção, controle de compras, etc. Nenhum tipo de medidor é capaz de se adaptar a todas as condições de processo ou manter a sua exatidão sobre uma faixa extensa de vazão. A seleção incorreta de medidor de vazão é responsável por mais de 90% das insatisfações existentes. Basicamente para a escolha do medidor de vazão em aplicações típicas da indústria são levados em conta os seguintes aspectos:

### 2.1 Parâmetros Metrológicos

#### 2.2

Os parâmetros metrológicos estão relacionados diretamente com a atividade fim da medição do gás. A importância da exatidão da medição, grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando, aumenta a cada dia que passa, tendo em vista a crescente importância da gestão da energia e os impactos econômicos a ela relacionados, podendo em alguns casos fazer a diferença entre o lucro e o prejuízo em determinado processo. A exatidão da medição, por sua vez relaciona-se a vários outros conceitos tais como:

#### 2.1.2 Erro de medição

Trata-se do resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando.

Para medidores de volume de gás, a maneira mais usual de caracterização desta grandeza é através do traçado da curva Q (vazão) x E(%) (erros percentuais), obtendo-se assim uma representação dos erros percentuais ao longo de toda a faixa de vazões característica de um determinado medidor

O erro percentual de um medidor é definido da seguinte maneira:

$$E\% = \left[ \frac{V_I - V_P}{V_P} \right] \times 100$$

Onde:

$V_I$  = volume indicado pelo medidor

$V_P$  = volume totalizado por um padrão volumétrico utilizado como referência

#### 2.1.2 Incerteza

Trata-se do parâmetro associado a resultado de uma medição que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando.

#### 2.1.3 Faixa de medição

Trata-se do conjunto de valores de um mensurando para o qual admite-se que o erro de um instrumento de medição mantém-se dentro dos limites especificados

## **2.1 Parâmetros Ligados à Instalação do Medidor**

O delineamento correto de todos os parâmetros ligados à instalação, não somente do medidor propriamente dito, mas também de outros instrumentos a ele associados que constituem o sistema de medição (Exemplo: conversores de volume microprocessados que permitam a totalização do volume de gás referido a condição base tarifária – 20°C e 1 atmosfera), é fundamental para a obtenção de exatidão da medição. É comum nos depararmos com excelentes instrumentos de medição instalados em condições inadequadas o que compromete os resultados obtidos. Podemos resumir os principais parâmetros como segue abaixo:

- Pressão máxima de operação
- Pressão mínima de operação
- Limites de temperatura
- Resistência aos condensados do gás
- Trechos retos requeridos
- Perda de carga
- Efeito das pulsações
- Dimensões e conexões
- Grau de filtragem do gás requerido
- Utilização em áreas que contenham gases inflamáveis

## **2.3 Parâmetros Econômicos e Operacionais**

Os parâmetros econômicos e operacionais embasam a viabilidade de utilização e escolha final do medidor e podem ser resumidos como segue:

- Custo inicial do medidor
- Custo de instalação do medidor
- Custo de manutenção do medidor
- Vida útil do medidor

# **3 O MEDIDOR TIPO ULTRA-SOM PARA GÁS NATURAL**

## **3.1 Princípio de Operação**

Um medidor de vazão tipo ultra-sônico para gás é um instrumento de medição que consiste de um conjunto de transdutores ultra-sônicos, tipicamente posicionados ao longo da parede de uma tubulação por onde escoar um gás. Estes transdutores estão em contato direto com o escoamento do gás e, conseqüentemente, a pressão do gás no local onde estão posicionados os transdutores é contida por vedações estanques ao gás. Os transdutores emitem pulsos ultra-sônicos acústicos os quais são recebidos por outro e vice-versa.

A Figura 3 ilustra a geometria de dois transdutores, Tx1 e Tx2, dispostos com um ângulo  $\varphi$  em relação ao eixo de uma tubulação cilíndrica reta de diâmetro D. Em alguns instrumentos a reflexão da trajetória é empregada, considerando-se que os pulsos acústicos refletem-se uma ou mais vezes na parede interna da tubulação.

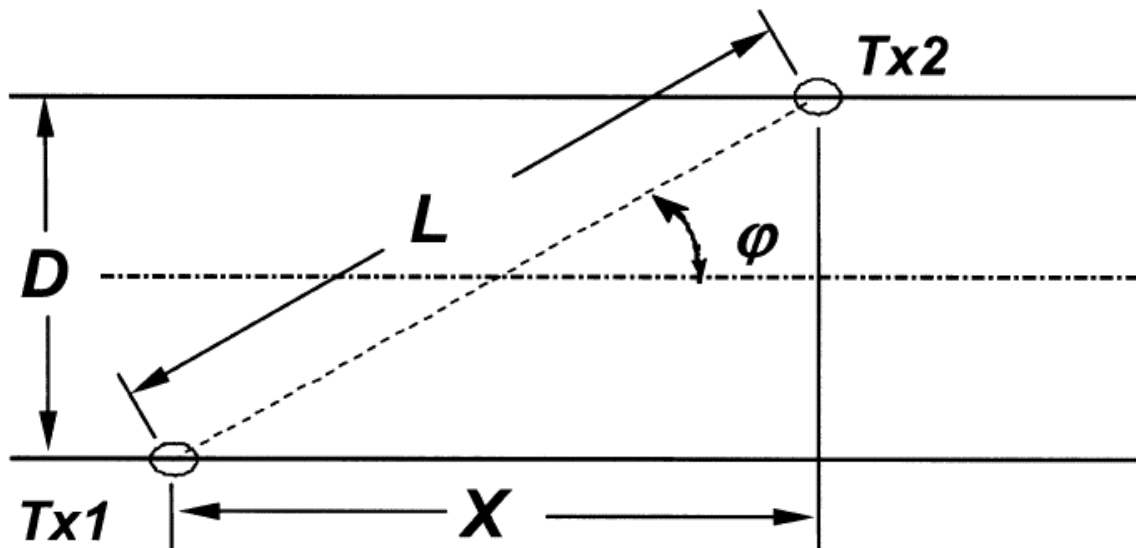


Figura 3. Geometria simplificada da medição de vazão por ultra-som

Os pulsos acústicos atravessam a tubulação da mesma forma que uma balsa atravessa um rio. Na ausência de escoamento, eles se propagam com a mesma velocidade em ambas as direções. Se o gás na tubulação apresentar uma velocidade diferente de zero, os pulsos que transitam a favor do escoamento movem-se mais rapidamente, enquanto que os que transitam contra o sentido de escoamento do gás, movem-se mais lentamente. Assim, uma vez existindo escoamento de gás, o tempo de trânsito  $t_d$  a favor do escoamento do gás é menor do que o respectivo tempo de trânsito no sentido oposto,  $t_U$ , tempos estes medidos eletronicamente. A partir dos tempos de transito medidos, a velocidade média do gás na trajetória pode ser calculada.

Na medição de vazão por ultra-som, pulsos acústicos são transmitidos e recebidos por pares de transdutores piezelétricos, os quais empregam elementos de cristal ou cerâmica que são colocados em vibração quando submetidos a uma tensão elétrica alternada, vibração essa que gera ondas sonoras que são emitidas no fluido a ser medido. Considerando que o efeito piezelétrico é reversível, quando for deformado pela incidência de ondas sonoras o elemento tornar-se-á eletricamente polarizado gerando diferenças de potencial elétricas proporcionais à tensão mecânica ao qual for submetido.

### 3.2 Ferramentas de Auto-diagnose

A principal vantagem da tecnologia com a medição ultra-sônica e a sua habilidade em executar rotinas de auto-diagnóstico em tempo real, monitoramento de diversas variáveis de medição, além de prover informações, que podem indicar ao usuário a condição de operação (desempenho) do medidor. A manutenção destes medidores está fortemente baseada no acompanhamento destas informações ao longo do ciclo de operação do instrumento. Estas informações podem ser, por exemplo, ser registradas na memória interna dos medidores, transmitidas até o sistema de aquisição de dados via porta de comunicação, exibidas em *display* ou alarme luminoso. A forma de apresentação da informação varia de medidor para medidor, de acordo com o projeto de cada fabricante.

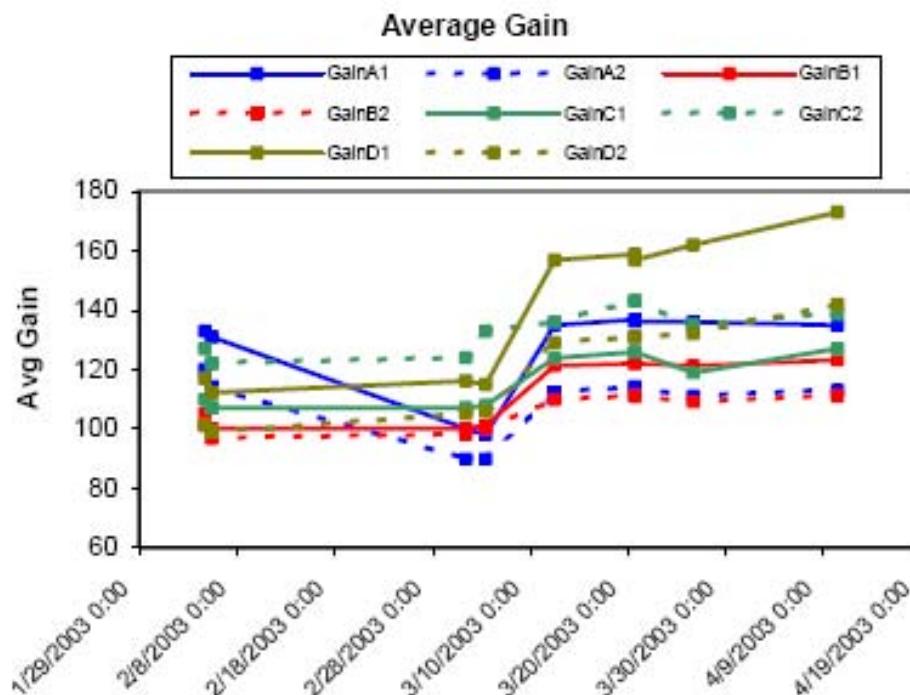
Para viabilizar estas rotinas são monitoradas várias variáveis, tais como a velocidade do som medida em cada um das trajetórias acústicas, a amplificação do sinal ultra-sônico (ganho – Figura 4)), a forma de onda do pulso ultra-sônico, a razão entre os pulsos ultra-sônicos enviados e os validados, a relação sinal-ruído e a comparação entre as velocidades de escoamento das diversas trajetórias acústicas de um medidor. O monitoramento destas variáveis se constitui em uma ferramenta excepcional que assegura o bom funcionamento do medidor, já que sinaliza a existência de condições adversas, inesperada ou falhas.

Com base nestas e outras informações, o usuário, com auxílio do fabricante, pode estabelecer rotinas de manutenção preventiva e corretiva em função das condições operacionais de cada medidor e da severidade de sua aplicação.

Estas rotinas podem prever:

- Verificação do funcionamento geral do equipamento;
- Limpeza interna do medidor e da face dos sensores;
- Substituição (em carga ou não) de sensores danificados ou com baixo rendimento;
- Reorganização e adequação da tubulação à montante e à jusante do medidor;
- Substituição dos componentes eletrônicos do medidor ultra-sônico, em caso de mal funcionamento;
- Verificação da integridade e desempenho do medidor face a um evento não previsto (sobre-pressão, despressurização rápida);

Portanto, aproveitando-se os recursos disponíveis inerentes a concepção dos medidores ultra-sônicos é possível otimizar as ações de manutenção, ora para prever falhas que podem ocorrer um futuro próximo, quanto agir de forma corretiva, visando solucionar a falha tão logo ela aconteça, diminuindo os riscos ao meio-ambiente, à integridade dos equipamentos e evitando que o medidor funcione de maneira incorreta, apresentando valores de vazão incoerentes e passíveis de contestação.



**Figura 4.** Monitoramento do medidor tipo ultra-som através do ganho

## 4 RESULTADOS OBTIDOS COM O MEDIDOR TIPO ULTRA-SOM

Passaremos agora a fazer uma abordagem comparativa do medidor tipo ultra-som para gás natural com outros medidores tipicamente utilizados no ambiente das indústrias, tanto para a transferência de custódia do gás natural oriundo da empresa concessionária, como também para as medições de processo internas. Tendo em vista as características do medidor tipo ultra-som e os medidores atualmente disponíveis no mercado brasileiro, o foco da nossa análise serão as vazões altas a partir de cerca de 400m<sup>3</sup>/h na condição de processo. Cabe colocar que existe no mercado mundial (Estados Unidos) medidores do tipo ultra-som para vazões menores, porém não existe ainda no Brasil empresas que os representem no Brasil, uma vez que entendemos que a aplicação desta tecnologia de ponta exige treinamento e suporte técnico local, para que se possa atingir os resultados almejados.

Os resultados aqui apresentados foram coletados através de revisões bibliográficas realizadas situações de utilização do medidor tipo ultra-som em empresas de rede, tomando-se, porém o cuidado de selecionar os aspectos aplicáveis a instalações típicas do ambiente industrial. Os medidores escolhidos para as análises comparativas são aqueles que apresentam os melhores resultados no tocante à exatidão e qualidade da medição e que possuem requisitos legais para serem utilizados para transferência de custódia. Na Tabela 1 apresentamos um quadro comparativo que incorpora também os medidores do tipo vortex e coriolis que embora não estejam habilitados no momento para transferência de custódia, possuem excelentes características ligadas à exatidão.

**Tabela 1.** Comparação entre medidores.

MEDIDOR	FAIXA DE VAZÕES	ERROS MÁXIMOS ADMISSÍVEIS	TRECHOS RETOS (θ)	OUTRAS LIMITAÇÕES
TURBINA	1:20	± 1,00%	4 a 10	Pulsações
ULTRA-SOM	1:100	± 0,30%	4 a 10	Dificuldade de calibração
PLACA DE ORIFÍCIO	1:3	± 1,50%	3 a 40	Baixas vazões
VORTEX	1:50	± 1,00%	20	Baixas vazões
CORIOIS	1:50	± 1,00%	Não tem	Baixas vazões

### 4.1 Comparação do medidor tipo ultra-som com o medidor tipo turbina

A concepção do medidor tipo turbina é basicamente mecânica e como tal susceptível de desgastes ao longo do tempo, aumentando assim os custos de manutenção. Lansing<sup>(1)</sup> tem observado que os medidores tipo ultra-som são substancialmente menos contaminados por impurezas do gás tais como óleos , condensados, pós diversos do que outras tecnologias como por exemplo o medidor tipo turbina ou placa de orifício. Palhares,<sup>(2)</sup> por sua vez, concluiu que pela característica de construção e princípio de operação o medidor ultra-sônico é menos susceptível de apresentar avarias do que o medidor tipo turbina.

Outro aspecto muito importante que é o fato do medidor tipo ultra-som ser menos afetado pelas pulsações do que o medidor tipo turbina. O medidor tipo ultra-som responde rapidamente às mudanças de vazões.

No que tange á exatidão também é comprovado o melhor desempenho do medidor tipo ultra-som tanto no que se referem a padrões de erros e incertezas como



também no que tange à faixa de vazões a qual no medidor tipo turbina é em torno de 1:20, enquanto no medidor tipo ultra-som é tipicamente 1:100

#### **4.2 Comparação do Medidor Tipo Ultra-som com a Placa de Orifício**

As placas de orifício, conforme já comentado também são bastante afetadas pela pelas impurezas do gás e também pelas pulsações. Outros inconvenientes das placas de orifício são os tamanhos dos trechos retos exigidos a sua montante e a jusante os quais tem aumentado significativamente com as últimas revisões das normas pertinentes, e também as suas consideráveis perdas de carga.

A faixa de medições da placa de orifício se constitui em uma das suas maiores limitações (cerca de 1:3 enquanto que no medidor tipo ultra-som é tipicamente 1:100). Com o uso de medidores do tipo ultra-som é possível se obterem incertezas na ordem de 0,3% enquanto que os valores usuais para sistemas de medição com placas de orifício são em torno de 1,5% a 2,0%.

### **5 DISCUSSÃO ACERCA DO MEDIDOR TIPO ULTRA-SOM NA INDUSTRIA**

A medição do gás natural com o uso do medidor do tipo ultra-som vem sendo aplicada desde os anos noventa nos gasodutos, na produção e nas estações de recebimento deste energético. Inicialmente havia limitações ao uso deste medidor no que tange ao seu uso em vazões relativamente baixas e diâmetros pequenos, como é o caso do ambiente das indústrias. Rudroff <sup>(3)</sup> enfatiza o fato de que recentemente estas limitações foram superadas sendo que os avanços obtidos permitem o uso deste medidor em pressões próximas da atmosférica.

Um ponto que ainda restringe a sua aplicação e a sua operação ao longo da sua vida útil principalmente no que tange a calibração e ao suporte técnico necessário para a capacitação das equipes envolvidas. Entendemos que, no que se refere ao último quesito, que falta atualmente é uma maior divulgação desta tecnologia, uma vez que, praticamente todos os grandes fabricantes dos medidores do tipo ultra-som no mundo possuem representantes no Brasil, para que se possa transpor um novo paradigma na medição do gás. O fato da comunidade técnica brasileira estar atualmente empenhada na elaboração de uma Norma da ABNT para estes medidores (CE CE-04: 005-10 – Comissão de Estudos de Medidores de Vazão de Fluidos da ABNT) vem a contribuir para a divulgação e uso adequado desta tecnologia. No que se refere a regulamentação metrológica legal houve consideráveis avanços nos últimos anos com a aprovação de modelo no Brasil da maioria dos medidores do tipo ultra-som comercializados.

A questão da calibração é ao nosso entender a principal limitação, pois a mesma tende a ser muito mais cara do que a dos medidores convencionais. Para calibrações a altas pressões está na eminência de ser inaugurado um sítio de testes no CTGAS localizado no Rio Grande do Norte. Calibrações a baixas pressões, embora ainda não praticadas no Brasil, são passíveis de realização, segundo Rudroff, <sup>(3)</sup> em provadores de transferência tipicamente usados em laboratórios de vazão. Para o uso de transferência de custódia há que se discutir no âmbito da comunidade envolvida coma metrologia legal a questão da periodicidade de calibração. O fato de o medidor tipo ultra-som possuir ferramentas de auto-diagnose possibilita o aumento do intervalo de tempo entre calibrações sob o ponto de vista da manutenção da exatidão da medição, sendo portanto o caso de se adaptar as regulamentações com o objetivo de viabilizar o seu uso sob o ponto de vista de

relação custo-benefício. Para as medições internas de gás natural de processos industriais não existe esta limitação, constituindo-se assim o medidor tipo ultra-som em uma excelente ferramenta para conferência e monitoramento da medição

No que se refere aos aspectos econômicos ligados a escolha do medidor, somos da opinião que esta questão deva ser analisada individualmente para cada caso específico. O medidor de volume de gás, para as vazões praticadas nas indústrias usuárias deste energético, não é um produto comumente encontrado nos estoques dos fornecedores e as suas condições de operação são bastante variáveis. Pela nossa experiência, apesar das vantagens apontadas no item 4 acerca do uso do medidor tipo ultra-som, nenhuma tecnologia deve ser descartada em função destas variações. Cabe colocar que existem muitas referências que sinalizam vantagens econômicas no uso dos medidores tipo ultra-som principalmente quando comparados com as placas de orifício

## **6 CONCLUSÃO**

Nos últimos anos os medidores do tipo ultra-som tem sido a tecnologia que mais cresceu para a medição do gás natural. O seu uso se coaduna com a época atual caracterizada pelo uso da tecnologia, o advento da automação e a crescente importância da qualidade e monitoramento dos processos. Entendemos que todos os envolvidos direta ou indiretamente com a medição de vazões de gás natural estão atentos a possibilidade do uso desta tecnologia.

## **Agradecimentos**

Agradecemos aos representantes brasileiros das empresas RMG, Emerson Process, Instromet, Sick Maihac e GE Sensing pelas informações fornecidas

## **REFERÊNCIAS**

- 1 LANSING, John. **Understanding and using ultrasonic gas flow meters.** Disponível em: <[www.emersonprocess.com/daniel](http://www.emersonprocess.com/daniel)>. Acesso em: 02 jan. 2007.
- 2 PALHARES, Julio César de M. et al. **Comparação de desempenho entre medidores de vazão para gás natural tipo turbina e tipo ultra-sônico.** In: RIO PIPELINE 2005. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP, 2005. p. 1 - 8.
- 3 DAN RUDROFF. **Ultrasonic Meters Ready for gas distribution market.** Pipeline & Gas Journal, Houston, n. , p.22-23, jul. 2005. Disponível em: [www.pipelineandgasjournal.com](http://www.pipelineandgasjournal.com)>. Acesso em: 11 maio 2007.