

ENCONTRO TÉCNICO MENSAL

APLICAÇÕES E TECNOLOGIAS ATUAIS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO

Uso de computadores de vazão, corretores de volume e transmissores multiváriaveis em medição de gás:

Conceitos e diferenças operacionais

***Jorge Gomez Sanchez
Outubro 2010***



**São Paulo
Section**



EMERSON™
Process Management

Porque calcular e registrar medições ?

- ✓ **Transações se fazem em quantidades de fluido**
 - ✓ Medidor mede vazão instantânea, ou pequenos volumes
 - ✓ Quantidade de fluido: *intergração da vazão*

- ✓ **Maioria dos medidores mede vazão em volume**
 - ✓ Volume não caracteriza quantidade de matéria
 - ✓ Necessária conversão para massa ou volume na condição de referência : **Cálculo da Densidade**

- ✓ **A transação se baseia em registro auditável**
 - ✓ Registro garante a integridade da medição
 - ✓ Dependendo dos regulamentos basta o registro total ou é necessário registro horário ou diário
 - ✓ Registro de auditoria (audit log): eventos e alarmes

Medição de vazão de gás

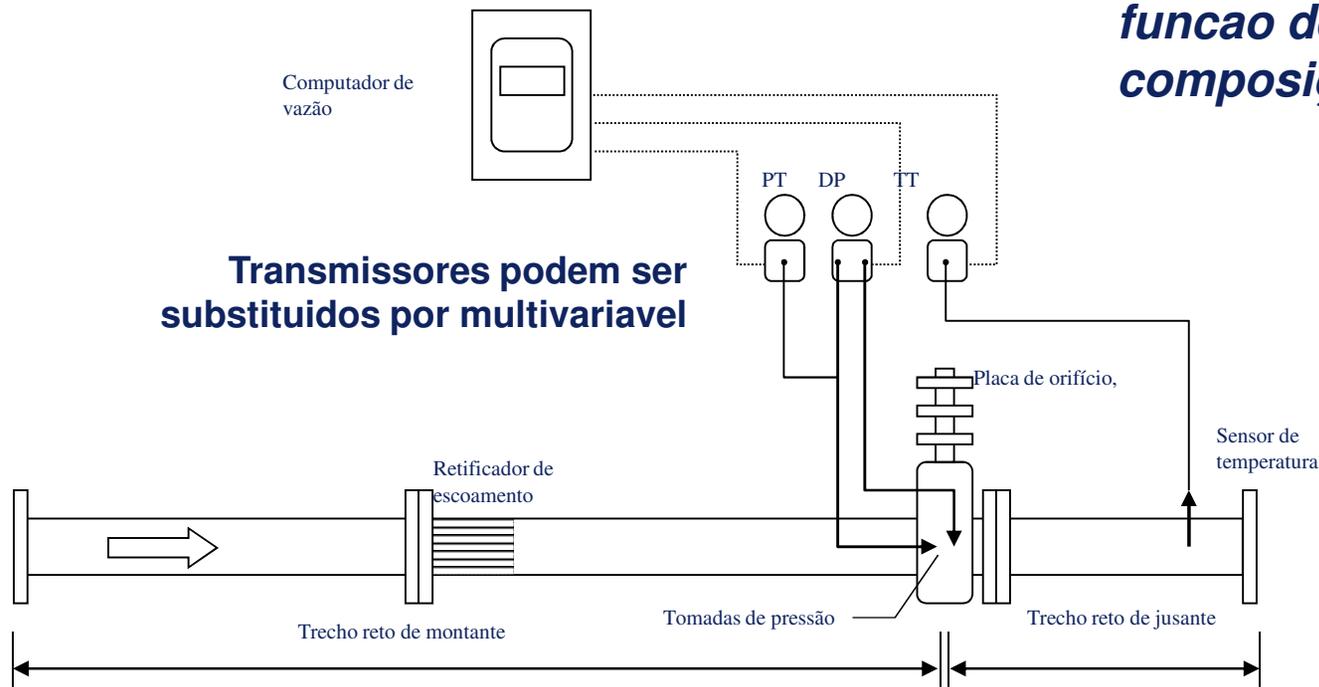
- ✓ **Existem dois meios básicos de se medir vazão de gás:**
 - ✓ **Medidores por diferença de pressão: Placas de orifício, bocais**
 - ✓ Vazão instantânea por cálculos a partir de P , T e ρ
 - ✓ Se ρ varia pouco permite indicação direta da vazão: $Q \propto (\Delta P)^{0,5}$
 - ✓ Para obter quantidade de fluido integra-se a vazão no tempo
 - ✓ **Medidores lineares ou que medem pequenas quantidades de volume: Turbinas, medidores rotativos.**
 - ✓ Sidas em pulsos: um pulso uma quantidade de gás escoado
 - ✓ Quantidade de fluido por totalização direta (contador de pulsos mecânico ou eletrônico)
 - ✓ Para ter vazão instantânea e necessário derivar a quantidade de materia pelo tempo escoado ($Q = dV/dt$)

Placa de orifício

Instalação típica

$$q_m = C_d E_v Y \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2g_c \rho_{t,p} \Delta p}$$

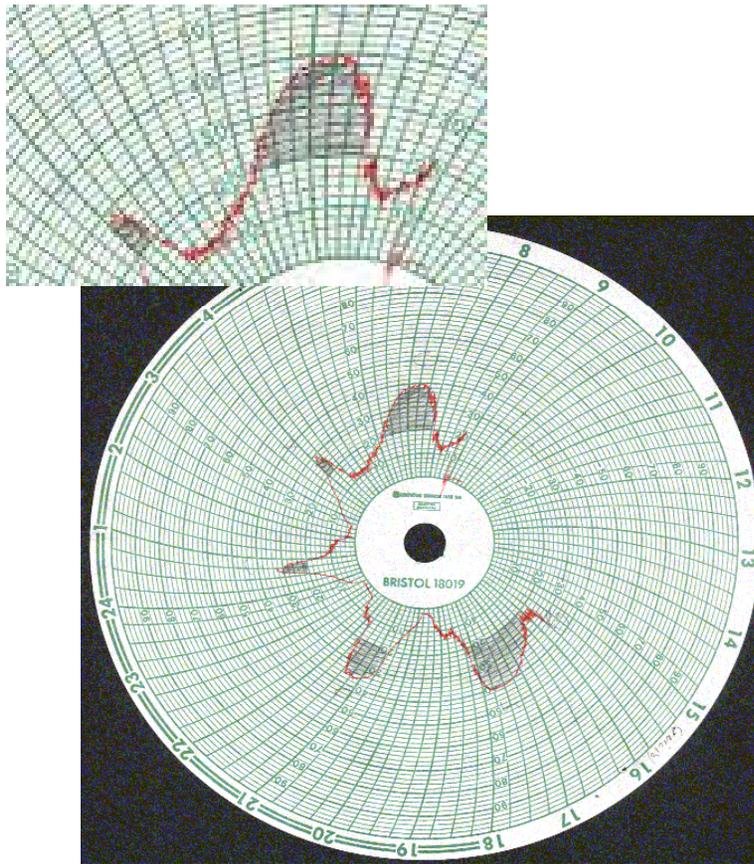
A placa de orifício apesar de poder ser considerado um medidor massico, precisa da densidade para o cálculo. A densidade é funcao de P, T e da composiçao (Z)



Medição de gás por diferença de pressão

Integração dos sinais analógicos e cálculos

- ✓ Antes do advento dos processadores eletrônicos a integração era feita manualmente sobre carta circular



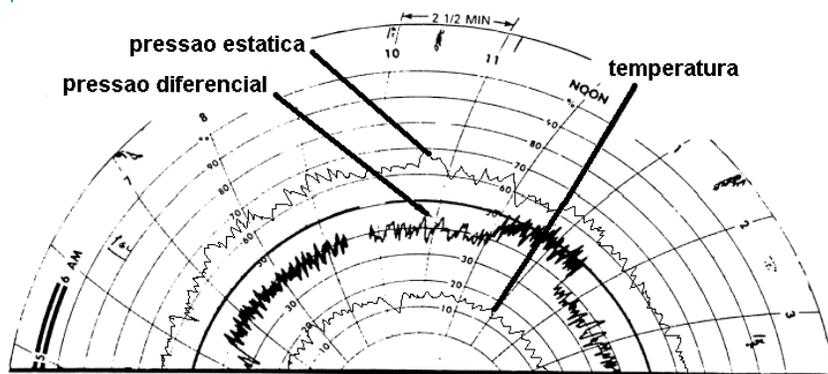
- ✓ Antes do advento dos processadores eletrônicos a integração era feita manualmente sobre carta circular
- ✓ O transmissor pode ter saída direta em $\sqrt{\Delta P}$, facilitando a integração
- ✓ Area do gráfico sobre a curva de $\sqrt{\Delta P}$ é equivalente ao volume escoado de gás

$$Q = K \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

- ✓ Onde K é uma constante geométrica e ρ deve ser calculado de P , T e Z

Medição de gás por diferença de pressão

Integração dos sinais analógicos e cálculos



- ✓ O cálculo da densidade é feito por patamares em função de P e T e da composição
- ✓ P e T eram tomados como media por intervalos (usualmente nao variam muito)

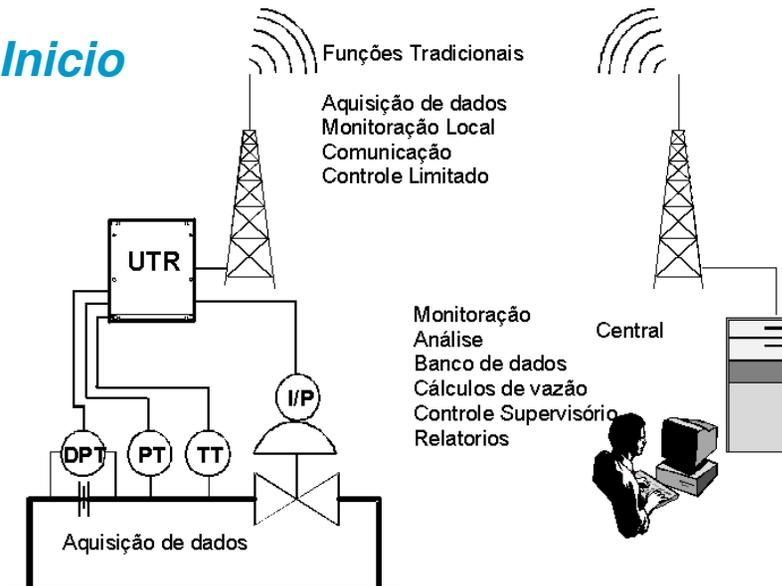
- ✓ Incerteza do método estava muito ligada a variação das condições de escoamento, a integração normalmente era feita apos reguladores de pressão
- ✓ A carta física é o registro de auditoria: deveria ficar guardado por anos para ser verificado posteriormente se necessário
- ✓ A conversão para temperatura e pressão de referencia pode ser feita considerando os proprios intervalos de cálculo

$$Q_R = Q_{nc} \cdot \left(\frac{P_{nc}}{P_R} \right) \cdot \left(\frac{T_R}{T_{nc}} \right) \cdot \left(\frac{Z_R}{Z_{nc}} \right)$$

Medição de gás por diferença de pressão

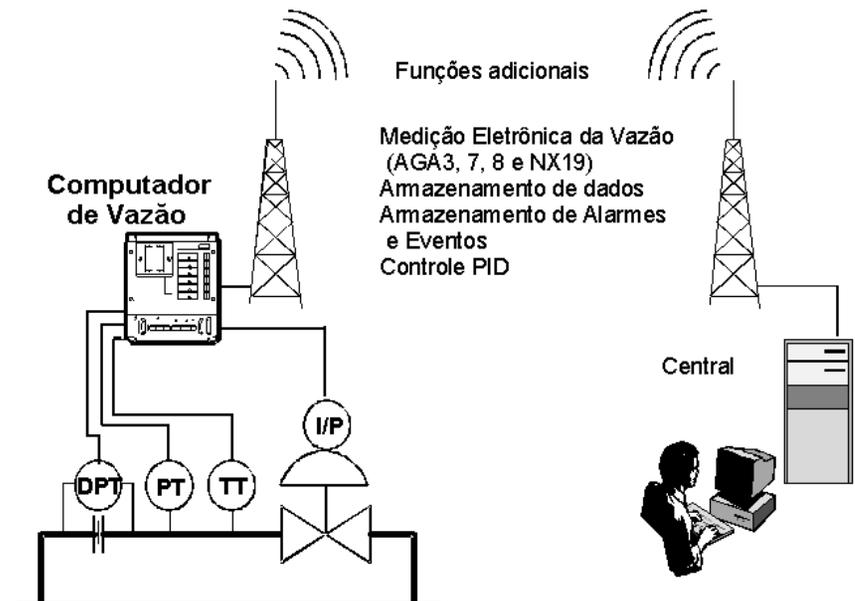
O computador de vazão

Início



- ✓ **Inicialmente as cartas circulares foram substituídas por **data loggers** que apenas registravam os dados.**
- ✓ **Os cálculos eram feitos em outro computador, susando os programas de claculo e integração.**

Atual

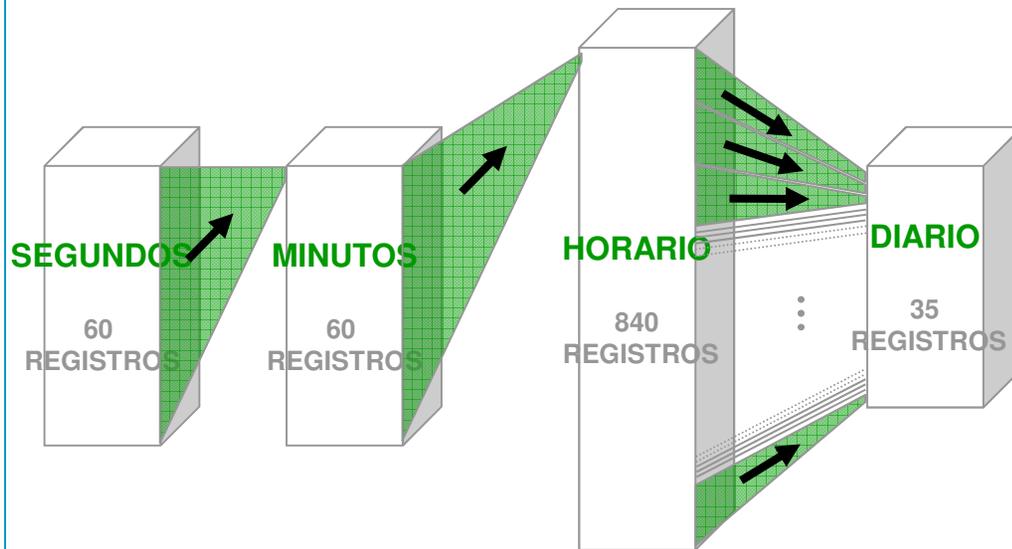


- ✓ **Primeiros computadores de vazão faziam os calculos "in loco" mas apenas apresentavam valores acumulados (totalizados)**
- ✓ **Novas gerações de computadores de vazão adicionaram os registros de todo periodo aquisitivo e funções adicionais de operação.**

Computador de vazão

Requisitos atuais : norma API cap 21 / NBR 14798

Segundo as normas os cálculos devem ser feitos de modo estruturado.



Além dos registros das medições são exigíveis os registros de eventos e alarmes. Usualmente se exigem os últimos 240 eventos e 240 alarmes.

- **As medidas de P, T e DP devem ser feitas pelo menos a cada segundo.**
- **Os calculos sao feitos a cada segundo, inclusive a correção para condição de referência**
- **Os cálculos médios a cada minuto a cada hora e a cada dia são registrados em memórias específicas.**
- **Apenas os registros hprários e diários no periodo aquisitivo (tipicamente 35 dias) são exigíveis no computaodr de vazão**

Computador de vazão

correção de volume para condições de referência

- ✓ *As correções para as condições de referência são feitas a cada segundo, sobre os valores totalizados no segundo anterior.*
- ✓ *Essa condição permite ao CV apresentar valores instantâneos de vazão tanto corrigidas como não corrigidas podendo ser usado como elemento de controle. Por esse motivo é comum aos computadores de vazão saídas analógicas 4-20mA e loops de controle programáveis localmente.*
- ✓ *Os computadores de vazão respondem melhor à variação de condições de medição e permite pontos de medição em locais com maior variação de P e T*
- ✓ *Os computadores podem também incluir rotinas de cálculo de fatores de compressibilidade e densidade mais complexos, baseados na composição.*
- ✓ *Como os computadores de vazão se mantêm em processamento constante durante a medição, consomem mais bateria e precisam de alimentação externa ou por painel solar.*

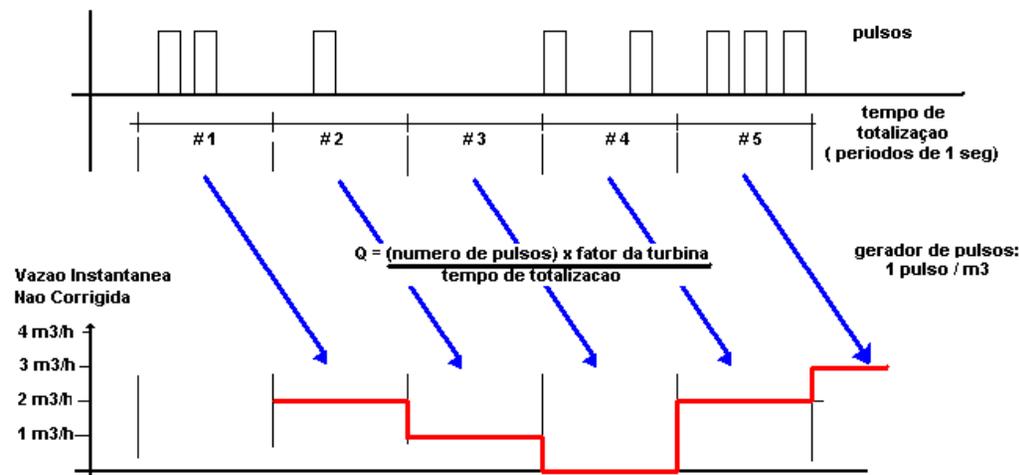
Transmissores multivariáveis

- ✓ *Definem-se genericamente **Transmissores multivariáveis** como transmissores que recebem diversas variáveis (no caso de placa P, T e DP) no mesmo sensor, fornecendo na saída valor integrado calculado a partir das entradas, ou diversos valores sobre o mesmo par de fios por protocolo.*
- ✓ *Hoje em dia a capacidade de processamento permite que haja transmissores multivariáveis com saídas em vazão corrigida e não corrigida, deixando-os similares aos computadores de vazão.*
- ✓ *Como tipicamente não executam registros e nem tem os cálculos auditados, os transmissores multivariáveis não são considerados elementos de medição fiscal e transferência de custódia, sendo mais usados como auxiliares de computadores de vazão (reduzindo fiação) ou para medições operacionais e gerenciamento de loops de controle.*
- ✓ *Usualmente os transmissores multivariáveis ficam em campo (z.1) enquanto os CV ficam em área protegida, acessíveis à auditoria*

Computador de vazão

medição de vazão instantânea uso com medidores de saída pulsada

- ✓ Os computadores de vazão podem ser usados com medidores de vazão de saída pulsada (turbinas, medidores eletrônicos)
- ✓ Sua rotina de cálculo nesse caso totaliza uma quantidade de pulsos a cada segundo e sobre essa totalização executa os cálculos de conversão para as condições de referência.
- ✓ Embora a totalização seja correta, se a quantidade de pulsos p /segundo for muito baixa (inferior a 10 pulsos por segundo) a vazão pode flutuar muito. Nesses casos o computador de vazão deve ser usado apenas como totalizador, de modo similar aos conversores de volume



Medição de vazão por medidores lineares

integração do volume e cálculo de vazão

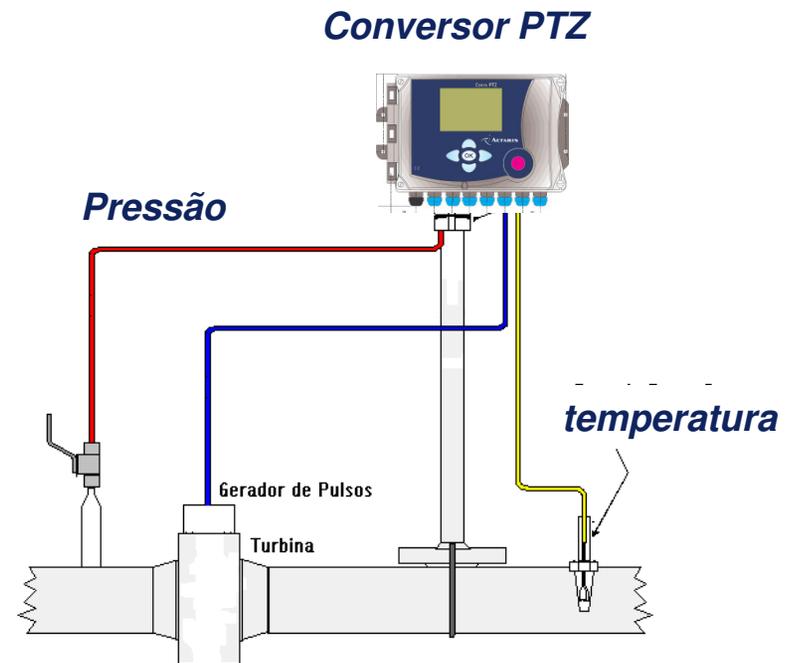


- ✓ *Em medidores com saída de pulsos a integração é mais fácil. Basta contar o número de pulsos e multiplicar pelo fator do medidor*
- ✓ *usualmente os medidores lineares (turbinas, rotativos) tem mostrador próprio, ja indicando o volume totalizado. A redução da rotação da turbina ate o passo exato do totalizador em unidades de volume é feito mecânicamente (trens de engrenagens) ou eletronicamente (totalizador LCD)*
- ✓ *Em medidores mecânicos a saída de pulsos usualmente esta ligada ao primeiro rolete, com baixa frequencia (um ou dois pulsos por m³, por exemplo)*

Medição de vazão por medidores lineares

integração do volume e cálculo de vazão

- ✓ A conversão do volume para as condições de referência se faz tipicamente pulso a pulso: O conversor de volume faz os cálculos de conversão para cada pulso recebido e o totaliza em separado.
- ✓ Sendo assim um medidor tipo turbina pode ser dotado de dois totalizadores um de volume corrigido e outro de volume não corrigido. Se esses totalizadores forem remotos, o dispositivo que apresenta e mantém esses totalizadores registrados é chamado de Conversor de Volume
- ✓ Antigamente os conversores de volume eram erroneamente chamados de “corretores de volume”. Esse termo está em desuso e não é recomendado.



Conversores de volume para medidores lineares

Outras características

- ✓ Os conversores de volume não fazem cálculos constantemente, somente calculam quando tem um pulso de entrada.
- ✓ Os conversores mantem registros horários e diários, iguais às totalizações no momento do fechamento da hora ou dia. Os registros de pressão e temperatura são os usados no momento da totalização. O intervalo entre os registros podem ser longos, dependendo da frequência do evento (pulso).
- ✓ Como não fazem cálculos constantemente, podem trabalhar com baterias internas por longos períodos, desde que não utilizem saídas de comunicação ou outras fontes de consumo.
- ✓ Existem diversos tipos de conversores de volume, tipicamente os de origem europeia seguem a norma EN 12405-1. Não há normas ISO ou API específicas para conversores, a portaria ANP não diferencia conversor e computador de vazão.
- ✓ Há “corretores” que seguem normas API. Nesse caso, são basicamente simplificações de computadores de vazão, com firmwares simples e entradas de pressão e temperatura embutidas.

Conversores de volume

Medição de vazão e controle: limitações

- ✓ *A concepção do conversor de volume visa fornecer dados de volumes totalizados e vazão média em periodos longos, nao é um elemento para indicação de vazão instantânea. Não deve ser usado como recurso para loop de controle, pois a vazão informada é média de periodo que pode ser muito longo.*
- ✓ *A correção por P e T e feita no momento que passa um pulso. Se estiver, por exemplo ligado a um medidor com saida 1 pulso por m³, e 0,9 m³ houverem escoado às 19hs e 0,1m³ faltante para emitir o pulso no dia seguinte às 8hs, o conversor irá corrigir todo o m³ pelas condições da passagem do 0,1m³ final, quando o pulso foi emitido. O conversor de volume tem, portanto, incerteza limitada e não deve ser usado em linhas com vazão mais elevada ou constante.*
- ✓ *O conversor de volume tipicamente não trabalha com saidas de pulso de freqüência alta pois isso elevaria proibitivamente o uso da bateria e há limitações na capacidade de processamento. Um corretor dificilmente aceita entradas superiores a 10Hz*

Medição de vazão de gás

Medidores eletrônicos

- ✓ *Medidores eletrônicos (ultrassônicos, Vortex) podem ter saída analógica 4-20mA ou em pulsos*
- ✓ *Para integrar o volume, pode se usar a saída analógica como se faz com a placa de orifício, mas usualmente se usa a saída de pulso por ser muito mais exata (volume igual a soma dos pulsos, não há a incerteza do conversor A/D).*
- ✓ *Para permitir uma maior resolução a saída de pulsos tem alta frequência (tipicamente 5kHz ou 10kHz).*
- ✓ *Usualmente se usa a saída analógica 4-20mA para vazão instantânea e a de pulsos para volume totalizado (transferência de custódia)*
- ✓ *Medidores eletrônicos podem ter os conversores inseridos em sua eletrônica e ser considerados transmissores multivariáveis: Podem receber os sinais de P e T e fazer os cálculos, com saída direta em vazão ou volume corrigido ou não. Usualmente nesse caso não são instrumentos adequados à medição fiscal.*

Computadores de Vazão e Conversores de volume

estabelecimento de incertezas

- ✓ *Tanto os computadores de vazão quanto os conversores influenciam a incerteza de medição de três modos:*
 - ✓ ***Incerteza devido os limites dos algoritmos de cálculo***
 - ✓ ***Incerteza devido ao processo de integração das leituras de Vazão***
 - ✓ ***Incertezas devido aos conversores A/D na entrada***
- ✓ *As incertezas nos algoritmos de cálculo estimam-se a partir dos modelos de interpolação das equações de estado dos gases medidos. As normas usadas estabelecem critérios para estimativa de incerteza. Usualmente esse fator é pouco significativo na incerteza total exceto em medições nos limites das normas*
- ✓ *As incertezas no processo de integração são de difícil estimativa e dependem mais do regime de trabalho do que do corretor/computador de vazão. Tipicamente as medições usando-se os requisitos API cap 21 tem menos incerteza, especialmente em regimes de medição menos estáveis*
- ✓ ***Importante estabelecer que computadores de vazão e conversores não estabelecem por si só as incertezas na medição. De fato usualmente são os fatores de menor influência na medição***

Comparação:

Computadores de vazão x Conversores de volume x transmissores multivariáveis

	Computadores de vazão	Conversores de volume	Transmissores multivariáveis
Volume totalizado	Sim	Sim	Raro
Volume totalizado corrigido	Sim	Sim	Raro
Vazão instantânea	Sim	Não	sim
Registro horarios diarios	Sim	Sim apenas valores medios e acumulados	Não
Registros de auditoria	Sim	sim	não
Área classificada	Sim (opcional)	Sim	sim
Alimentação autônoma (baterias)	Não (externa ou painel solar)	sim	Tipicamente não
Aceita sistema de radio	Sim	Com limitações	Curto alcance (wireless)
Placa de orifício	Sim	Não	sim
entrada pulsos baixa frequência	Sim	Sim	Não
Entrada pulsos alta frequência	Sim	Não	não
Capacidade de programação	Sim	Não	Rara
Configuração local	Necessário software	sim	Necessário configurador
Medição com fluidos especiais	Sim	Rara	sim
Permite loops de controle	Sim	Não	Sim (controlador externo)
Aprovação para medição fiscal	Sim	Sim	Não
Multiplas linhas	Sim	Tipicamente não	Não



São Paulo
Section



EMERSON
Process Management

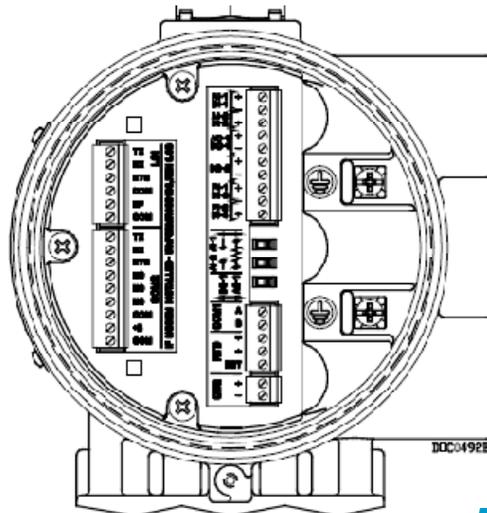
Exemplos de computadores de vazão



Floboss 107.



Floboss 407



Floboss 103

Exemplos de conversores



Corretores norma americana (API)

- Eagle
- EMERSON Bristol GFC TC

“Corretores”, norma europeia EN

- Itron/Actaris : Corus
- Instromet/Elster : EK 220



Usualmente fabricantes de turbinas fabricam seu próprios conversores de volume

Computadores de vazão podem ser usados com medidores de saída de pulsos de baixa frequência ?

- ✓ ***SIM***, desde que sejam usados apenas para totalização e registros de valores médios. Não é possível registrar vazões instantâneas com entradas de frequência inferior a 10 Hz (frequência recomendada pela API 21)
- ✓ *Como as entradas de pulso de computadores de vazão são tipicamente para alta frequência, muitas vezes há necessidade de barreiras ou filtros, do saídas de baixa frequência*
- ✓ *O computador de vazão substitue um corretor norma EN e tem a mesma função deste, exceto pela incapacidade de operar com baterias por longo tempo.*
- ✓ *Nos Estados Unidos, computadores de vazão simples (com P e T embutidos) também são conhecidos como “telecorretores”*

Conversores de volume podem ser usados com medidores de saída de pulso de alta frequência ?

- ✓ **Tipicamente não.** A frequência máxima de entrada de pulsos de um conversor segundo norma EN 12 405 é inferior a 10Hz
- ✓ Não há motivo em norma para essa limitação. Os principais motivos são consumo de bateria e velocidade de processamento, já que a correção é feita pulso a pulso.
- ✓ Um corretor portanto, não substitue um computador de vazão tanto em medição com placa quanto com medidores eletrônicos. Em turbinas devem ser ligados nas entradas de baixa frequência
- ✓ “corretores” americanos que seguem norma API, diferentemente dos europeus, podem receber sinais de pulsos HF ou LF.

Utilizam-se computadores de vazão com medidores mássicos ?

- ✓ *Tipicamente os computadores de vazão não são necessários em medição mássica direta, no entanto são utilizados por causa dos registros históricos e de auditoria, ou quando se quer um calculo de conversão para volume.*
- ✓ *Quando usando medidores mássicos, nao é necessária a medida da pressao e temperatura da linha, pois a medição massica independe da densidade. A densidade na condição de referencia e tipicamente fixa e pode ser informada direto ao computador de vazão, na configuração deste.*
- ✓ *Com liquidos os computadores de vazão são usados com medidores mássicos para determionar e registrar corte de água ou variações na qualidade do produto medido (grau INPI do etanol, por exemplo)*

Conclusões

- ✓ *Os computadores de vazão e os conversores de volume nasceram para a mesma função: calcular e registrar volumes consumidos em condições de operação e de referência.*
- ✓ *O CV nasceu para uso com placa de orifício mas se desenvolveu para uso com medidores eletrônicos de saída pulsada de alta frequência. Pode ser usado com saídas de baixa frequência com alguns cuidados.*
- ✓ *O conversor foi desenvolvido com alternativa simples para totalizar volumes corrigidos em turbinas e rotativos com saída de baixa frequência. Tem tipicamente custo baixo e a vantagem de não precisarem alimentação exceto a troca da bateria a cada 5 anos. Não trabalha com alta frequência e tem limitações quando comparado a um computador de vazão.*
- ✓ *Transmissores multivariáveis de vazão fazem as vezes de computadores e conversores, mas não visam registros para medição fiscal. São mais usados em medições operacionais e como complemento de computadores de vazão.*
- ✓ *Medidores mais modernos tem incorporado os corretores aos medidores transformando-os em multivariáveis, mas esse fato nem sempre tem sido aceito em medição fiscal, por dificuldades de controle e auditoria.*

Obrigado !

- ✓ *Jorge Gomez Sanchez*
 - ✓ *Gerente de Engenharia de Aplicações
Flow computers*
 - ✓ Jorge.gomez@emerson.com
 - ✓ *F. (15) 3238 3784*