

# O impacto das válvulas de controle na otimização de processos

**A performance de mais de 50% das malhas de controle analisadas, poderiam ser significativamente melhoradas através da correta operação dos equipamentos finais de controle**

**N. Rinehart e F. Jury**, Fisher Controls International, Inc., Marshalltown, Iowa,

Otimização do processo significa aperfeiçoar o processo inteiro, não apenas a utilização de algoritmos de controle nos equipamentos instalados na sala de controle. A válvula é chamada o elemento final de controle porque no seu conjunto é implementado o controle de processo. Não faz sentido instalar uma estratégia de controle de processo elaborada, e um sistema de instrumentação com hardware capaz de alcançar 0.5% ou menos e, com esta estratégia, utilizar uma válvula com 5.0% ou pior. Auditorias executadas em milhares de malhas de controle deram provas significativas que o elemento de controle final representa um papel importante na obtenção da verdadeira otimização do processo.

Inerente ao conceito de otimização é a redução da variabilidade do processo. Pela manutenção da variável de processo o mais próximo possível do *setpoint*, teremos um impacto significativo na produção, quer seja pelo seu incremento, rendimento e qualidade, bem como pela redução dos desperdícios. Em indústrias como refinarias e petroquímica, onde a economia no processamento podem ser elevada, minimizar a variabilidade do processo é o fator mais importante para maximizar a rentabilidade.

Esta não é uma idéia nova. As companhias têm, tradicionalmente, gasto milhares de dólares para otimizar o processo, através de melhores hardware de instrumentação e software. Recentemente, ênfase significativa foi dada na otimização do processo, através do uso de algoritmos de controle avançados em várias unidades. Além disto, a supervisão de sistemas de controle que se destinam a integração destas unidades, também, receberam investimento considerável. A previsão de redução de custos de alguns centavos por barril é fator chave para estes investimentos.

Supervisão e algoritmos de controle avançados são passos importantes para se conseguir a otimização do processo; porém, se olharmos somente o software e não considerarmos a per-

formance do hardware, os verdadeiros benefícios não serão percebidos.

Uma válvula de controle com performance deficiente não somente irá impedir o processo de alcançar seu pleno potencial, mas pode até mesmo agravar a performance do controle de processo.

M. J. Oglesbyl declara: “Não se pode obter benefícios com o uso de controle avançado implantados com instrumentação precária de campo. Pensando em controle como uma hierarquia, tudo tem que funcionar bem, desde os mais baixos até os mais altos níveis”. Bill Bialkowski, Presidente de EnTech Control Engineering, ecoou esta posição quando declarou que, de fato, 80% das malhas de controle que sua empresa examinou, ao longo dos anos, falharam em reduzir a variabilidade do processo a um grau aceitável. Ele acredita que baixa performance dinâmica da válvula de controle é a contribuição principal ao problema.<sup>2</sup>

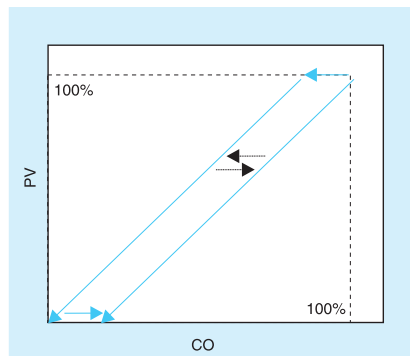
Em mais de 4.000 malhas do processo, por nós examinadas em indústrias, em mais de 50% das malhas a performance poderia ser significativamente melhorada, se um bom trabalho na válvula, posicionador I/P, e/ou atuador fosse feito. Nos últimos 12

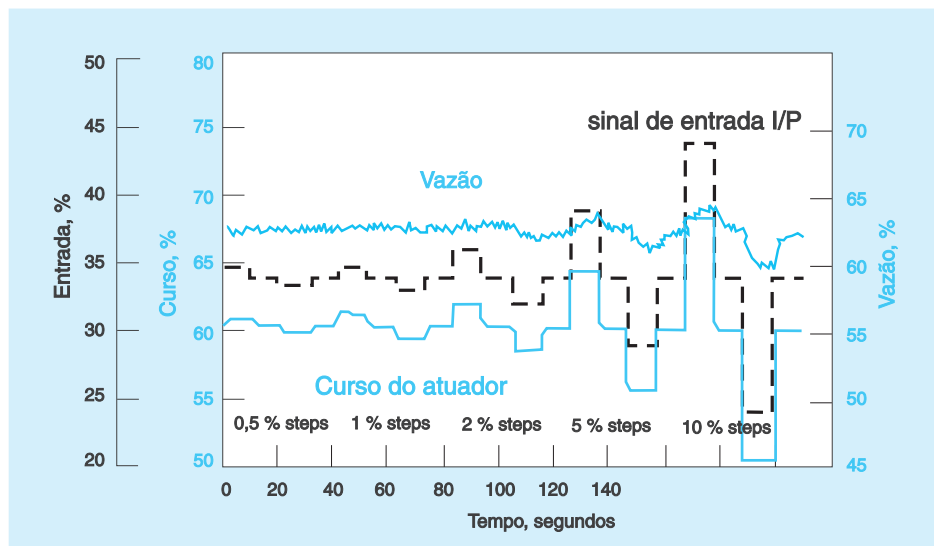
meses, tivemos a oportunidade de revisar a performance da malha de processo na indústria de hidrocarbonetos. Na maioria dos casos, fomos solicitados para trabalhar em sistemas onde algoritmos de controle avançados estavam sendo usados. Sem exceção, poderiam ser obtidas melhorias significativas se o equipamento final de controle fosse aperfeiçoado. Também, encontramos várias instalações onde entre um a dois terços das aplicações de controle avançadas não estavam dentro das expectativas e muitas, na verdade, foram descartadas.

Com o resultado desses estudos nas indústrias de processo, verificou-se que aque-

les conjuntos de válvula de controle, cada vez mais, representam um papel importante na performance da malha/unidade/fábrica. Confirmou-se, também, que a especificação tradicional para o conjunto de válvula de controle, não é mais adequado para garantir benefícios à otimização do processo. Indicadores de performance estáticos, tais como: capacidade de vazão, vazamento, compatibilidade de materiais e dados de performance de bancada, não são adequados com as características dinâmicas de malhas de controle de processo.

Cada vez mais os usuários de válvula de controle, estão focando nos parâmetros de performance dinâmicos, tais como: faixa morta, tempos de resposta e ganho instalado (sob condições de carga atuais de processo), com o objetivo de aperfeiçoar a per-





**Fig. 2:** Esta válvula melhorou em 5% a 10% com a prevenção de folgas e fricção.

formance da malha. Quando é possível medir a performance destes parâmetros dinâmicos na condição *open-loop*, fica claro o impacto que eles têm quando são medidos em *closed-loop*.

**Exemplos de campo.** Considere os exemplos seguintes, onde mudanças no equipamento de controle final tiveram um impacto significativo nos resultados produtivos:

- Um novo catalisador de alta capacidade, foi aplicado no reator de uma unidade de hidrotreatamento de estágio único. Foram observadas variações de temperatura inaceitáveis de 2,2 °C, com o equipamento que estava originalmente instalado. Substituindo a válvula de controle principal de hidrogênio, por uma de alta performance, a variação de temperatura foi reduzida para 0,2°C. Como resultado, a produção da unidade foi incrementada em mais de 1.000 barris/dia. Baseado na elevação da média, esta otimização rendeu US\$1,400,000/ano.
- Um reator químico estava com problemas de controle de pressão que estavam comprometiam o controle global e a produção. Grandes flutuações no controle de pressão de ar resultavam em muita variação na mistura de ar/metanol para o reator, criando potencial para uma explosão. Substituindo as válvulas de controle de pressão de ar e ajustando o sistema, rebaixamos estas flutuações de 15% a 1%. A redução na variabilidade do processo melhorou sua confiabilidade, e permitiu o aumento da alimentação de metanol para o reator, incrementando a produção em quase 10%.
- Grandes flutuações de pressão estavam acontecendo no suprimento de gás combustível para uma usina de beneficiamento, com uma unidade de *hidrocraqueamento* e um *coqueficador*. O sistema utilizava a redução da pressão de suprimento de 6,000 a 7,000 Kpa, para aproximadamente 550 Kpa, em dois estágios. O conjunto original de válvulas redutoras foram substituídos por equipamentos apropriados que eliminaram grandes flutuações de pressão e problemas de ciclagem contínua, anteriormente encontrado. A performance otimizada destes conjuntos de válvula resultou em uma economia de US\$180,000/ano.
- Numa estação de compressão de gás natural, uma válvula borboleta era utilizada para desviar água de resfriamento dos ventiladores utilizados para resfriar e manter a temperatura das máquinas.. Custos de combustível do motor e potência dos ven-

tiladores eram excessivos devido a uma variação de 5,5°C na temperatura da água. A válvula borboleta original foi substituída com uma válvula diversora que reduziu a variação para 1,3°C. Esta redução aumentou a eficiência do combustível e reduziu a potência necessária para operar os ventiladores, possibilitando uma economia de US\$40,000/ano.

- Foram encontrados problemas de performance na válvula de controle, da linha de alimentação da torre principal, em uma unidade de destilação, com fornos de pré-aquecimento. Flutuações de pressão maiores que 10 psi causavam a redução do *setpoint* de pressão, para um valor usado para prevenir a abertura das válvulas de segurança do desanalisador. Mesmo com o *setpoint* reduzido, os operadores eventualmente colocavam a malha em manual para prevenir a abertura das válvulas de segurança. Testes mostraram que a válvula original tinha uma faixa morta considerável. Esta válvula foi substituída por um conjunto de controle adequado que reduziu as flutuações de pressão para 1 psi. Isto permitiu um *setpoint* de pressão maior. Como resultado, a produção de unidade foi aumentada em 2.000 b/d, tendo seu rendimento aumentado em US\$1.900.000/ano.

Estes exemplos fornecem fortes indícios que, selecionando o equipamento final de controle correto podemos ter um enorme impacto econômico na performance da fábrica. A capacidade real de operação é a medida real deste equipamento.

Estes exemplos fornecem fortes indícios que, selecionando o equipamento final de controle correto podemos ter um enorme impacto econômico na performance da fábrica. A capacidade real de operação é a medida real deste equipamento.

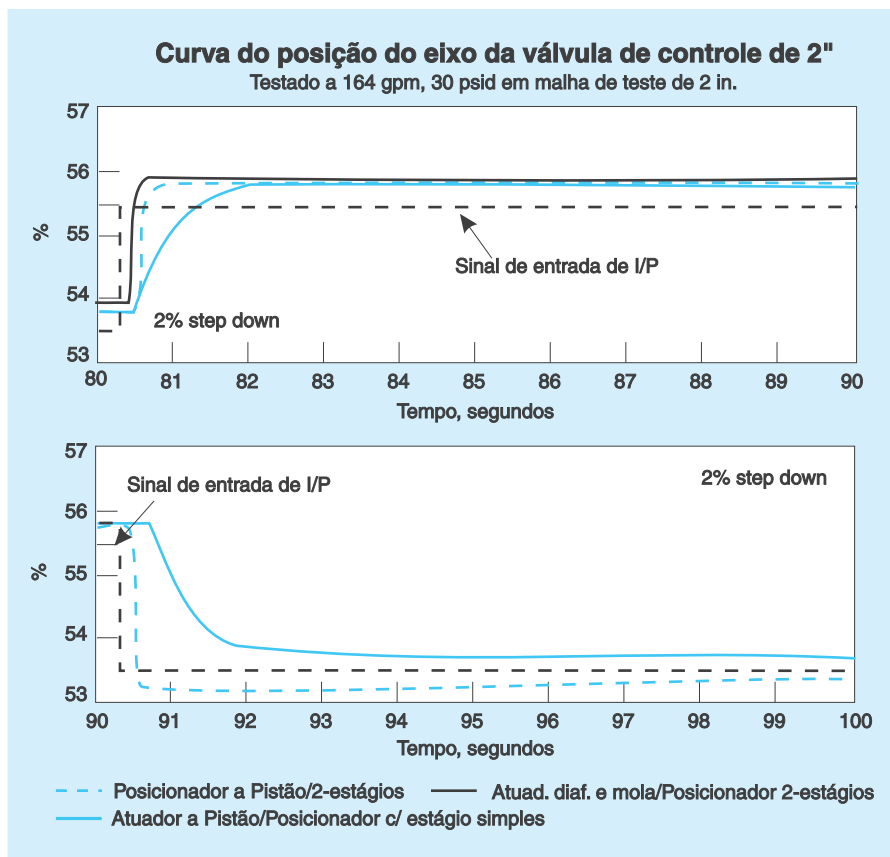
**Reduzindo a variabilidade.** A capacidade das válvulas de controle em reduzir a variabilidade do processo depende de muitos fatores. Não podemos observar somente um parâmetro isoladamente. Nossas pesquisas encontraram que características finais detalhadas no projeto, incluindo válvula, seu atuador e posicionador, são de importância relevante para um bom controle de processo, sob condições dinâmicas. O mais importante, o *conjunto de válvula* de controle deve ser otimizado/desenvolvido como uma unidade. “Trabalhando” junto aos componentes do conjunto da válvula não é suficiente para melhorar a performance dinâmica. Algumas das considerações de projeto mais importantes incluem:

- Faixa morta
- Projeto de atuador/posicionador
- Geometria da vazão
- Pressão de alimentação do instrumento
- Tipo e tamanho da válvula.

Cada uma destas características de projeto serão consideradas em detalhes para fornecer uma visão do que constitui um projeto superior de uma válvula.

**Faixa morta (fricção e folga).** Faixa morta é a principal contribuinte na excessiva variabilidade do processo. Conjuntos de válvula de controle podem ser uma fonte primária de faixa morta numa malha em função da sua fricção e da folga.

Faixa morta é o nome dado para caracterizar o fenômeno no qual a variação na saída de controlador (CO) não produz qualquer variação na variável do processo (PV). A figura 1 ilustra uma faixa morta típica. Quando um distúrbio de carga acontece, o PV divergirá do *setpoint*. Esta divergência tentará iniciar uma



**Fig. 3:** Atuador a diafragma e mola com posicionadores de dois estágios mostram melhor performance

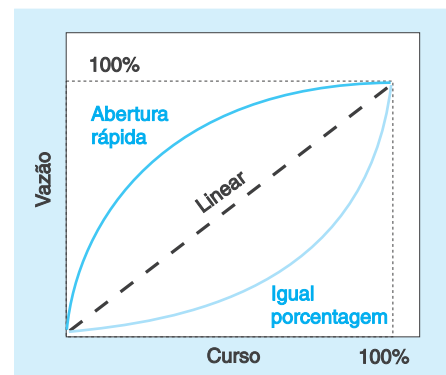
ação corretiva no processo; porém, como a figura 1 mostra, uma mudança inicial na saída do controlador não produz a correspondente correção na variável do processo. Somente quando a saída variou o suficiente para superar a faixa morta, ocorre a mudança correspondente na variável do processo.

Toda vez que a saída do controlador inverte sua direção, o sinal do controlador deve superar a faixa morta novamente, antes que aconteça qualquer mudança corretiva na variável do processo.

A faixa morta no processo indica, essencialmente, que o desvio da variável em relação ao *setpoint* terá que ser superior ao valor necessário para superar a faixa morta. Só então ocorrerá a ação corretiva.

A faixa morta é um fenômeno comum que pode ter muitas causas, mas as duas principais são fricção e folga na válvula de controle. Uma vez que a maioria das ações de controle consistem em pequenas variações (por exemplo, 1% ou menos), uma válvula de controle com faixa morta excessiva pode nem mesmo responder à maioria destas variações. Uma válvula bem projetada deve responder a sinais menores ou iguais a 1% para reduzir efetivamente a variabilidade do processo; porém, é comum em algumas válvulas que esta faixa tenha até mais que 5%. Em recente auditoria numa refinaria de gás, encontramos 30% das válvulas com faixas mortas maiores que 4%. Sendo que mais de 65% das faixas mortas das malhas eram maiores que 2%. Outra auditoria executada em uma unidade de mistura de gasolina revelou que mais de 50% das faixas mortas das malhas eram maiores que 2%.

A figura 2 mostra o quão graves podem ser os efeitos combinados de faixa morta devido a fricção e folga. O diagrama representa um teste de *open-loop* de uma válvula de controle sob condições normais de processo. A válvula é submetida a uma série de entradas em degraus que variam de 0.5% a 10%. Note que o curso de válvula tem uma resposta satisfatória para variações de



**Fig. 4:** A capacidade de vazão de uma válvula é relacionada à sua característica inerente.

sinais de entrada de até 0.5%, mas é óbvio que as folgas e a fricção impedem a resposta da válvula, em valores corretos, dentro da faixa de 5% a 10%. A capacidade desta válvula em melhorar a variabilidade do processo é muito reduzida.

Como indicado previamente, a fricção é a causa principal de faixa morta em válvulas de controle. A razão *friction-to-thrust* do conjunto de válvula de controle global deve ser uma das considerações mais importantes na otimização do processo. Válvulas rotativas são freqüentemente muito suscetíveis a fricção devido às altas cargas de assento exigidas para

se obter o *shut-off* para alguns projetos de haste. Os fabricantes normalmente lubrificam a haste das válvulas rotativas na montagem, porém depois de uns cem ciclos esta lubrificação é perdida, e a fricção da válvula pode aumentar até mais que 400% em alguns projetos de válvulas.

O engaxetamento é a fonte primária de fricção em válvulas de hastes deslizantes. Nestes tipos de válvula, a fricção medida pode variar significativamente entre estilos de válvula e arranjos do engaxetamento.

O tipo de atuador, também, tem um grande impacto na fricção do conjunto da válvula de controle. Em geral, atuador a diafragma e mola oferecem menor fricção ao conjunto de válvula do que atuador a pistão. Esta é uma das razões pela qual, ao contrário da convicção popular, atuadores a diafragma e mola tem resposta mais rápida que atuadores a pistão para menores sinais de controle. Isto pode ser visto na figura 5, e será discutido mais tarde com detalhes.

Uma vantagem adicional do atuador a diafragma e mola é ter características de fricção mais uniformes com o passar do tempo. É provável que esta fricção aumente significativamente, como o uso de *O-rings* e com lubrificação precária. Em aplicações recentes, a manutenção é mais exigida em atuador a pistão do que em atuador a diafragma e mola.

Jogo morto é o nome genérico dado à folga ou relaxamento da conexão mecânica. Esta folga resulta em discontinuidade do movimento quando o dispositivo muda de direção. O jogo morto normalmente acontece em várias configurações de acionamento por engrenagem. Os atuadores de coroa e pinhão são particularmente propensos a faixa morta devido à folga. Certas conexões de eixo de válvula também mostram efeitos de jogo morto. Conexões planas geralmente têm muito menos faixa morta que eixos com chaveta ou projetos com duplo-D.

Enquanto, a fricção é um fenômeno difícil de eliminar, uma vál-

vula de controle bem projetada deveria ser capaz de eliminar, virtualmente, a faixa morta causada pela folga.

**Projeto Atuador-posicionador.** Os projetos do atuador e do posicionador devem ser considerados como único; a combinação destes duas peças afeta muito a performance estática do conjunto de válvula de controle (faixa morta), como também a curva dinâmica e o consumo global de ar de instrumentação pela válvula.

Cada vez mais estão sendo comprados posicionadores para a maioria das aplicações de válvula de controle. Eles permitem precisão de posicionamento e resposta mais rápida para processar *variações* quando usado com um DCS convencional. Com a crescente ênfase em economia através da performance no controle de processo, os posicionadores devem ser considerados importantes nas aplicações de válvula onde se busca otimização do processo.

A característica mais importante de um bom posicionador para redução de variabilidade do processo é um projeto com dois estágios. Os dois estágios de um posicionador são: amplificador de sinal e amplificador de potência.

Em um posicionador pneumático de dois estágios convencional, o primeiro estágio é tipicamente um dispositivo de *bico-palmeta*, que serve como preamplificador de alto ganho. Este estágio aumenta a sensibilidade do posicionador para baixas variações de sinal de entrada que são importantes para reduzir a variabilidade do processo. Este estágio também permite que o posicionador mantenha seu alto ganho sobre grande faixa de condições dinâmicas. Considerando que o preamplificador do primeiro estágio tem pouca potência, deve ser seguido por um estágio amplificador que tenha a potência necessária para acionar o atuador. Este estágio é tipicamente acionado por relé ou *spool valve*.

Posicionadores de estágio único com *spool valve* tornaram-se populares pela sua simplicidade. Estes projetos são mais fáceis de trabalhar e mais baratos que projetos de dois estágios. Infelizmente, a maioria dos posicionadores conseguem esta economia omitindo o preamplificador do primeiro estágio do projeto. O estágio de entrada destes posicionador simplesmente é um módulo transdutor que muda o sinal de entrada (elétrico ou pneumático) em movimento do *spool valve*. Este tipo de dispositivo tem sensibilidade muito reduzida para baixas variações de sinal que resultam em aumento da faixa morta no conjunto de válvula de controle.

Alguns fabricantes tentam compensar esta redução de performance usando *spool valve* com sobreposição de portas alargadas e reduzidas. Isto ajuda o aumento do ganho de performance de potência do dispositivo até certo ponto, mas também aumenta o ganho nominal de consumo de ar destas válvulas. Muitos posicionadores têm ganho de consumo de ar de instrumento cinco vezes maior que posicionador de dois estágios de alta performance.

Posicionadores de dois estágios de alta performance têm melhor performance dinâmica global em qualquer conjunto de válvula. Ao contrário, posicionadores *spool valve* de estágio único limitam a performance dinâmica do conjunto de válvulas.

A figura 3 mostra que atuador a diafragma e mola com posicionadores de dois estágios responde melhor que atuador de pistão com posicionador de estágio único para pequenos degraus. Isto é devido, principalmente, a uma combinação de dois fatores: a baixa fricção do conjunto diafragma/mola, a sensibilidade incrementada e a melhor performance dinâmica dos posicionadores de dois estágios. O resultado é: tempo morto menor e tempos de resposta mais rápidos nas pequenas variações de entrada (2% ou menor), encontradas, na maioria nas aplicações de controle de processo. Note que o atuador de pistão, com posicionadores de dois

estágios também supera o atuador a pistão com posicionador *spool valve* de estágio único; porém, o atuador a diafragma e mola com posicionador de dois estágios supera ambos.

**Pressão de alimentação do instrumento.** A pressão de alimentação do instrumento pode ter um impacto significativo na performance dinâmica do conjunto de válvula. Por exemplo, pode afetar, drasticamente, o ganho do posicionador como, também, o consumo global de ar.

De uma maneira geral, posicionadores de ganho fixo foram otimizados para uma pressão de alimentação constante. Este ganho pode variar duas ou mais vezes num *range* pequeno de pressão de alimentação. Por exemplo, um posicionador que foi otimizado para uma pressão de alimentação de 20 psig pode ter seu ganho reduzido pela metade quando a pressão de alimentação é ampliada para 35 psig. Um posicionador com ganho ajustável fornece a flexibilidade necessária para otimizar: o ganho para a pressão de alimentação, o volume do atuador, a fricção do conjunto e a aplicação da válvula.

A pressão de alimentação determina o volume de ar liberado ao atuador que em troca determina a velocidade de acionamento. O consumo de ar está diretamente vinculado, também.

**Caracterização e tipo de válvula.** O tamanho e estilo da válvula pode influir na performance do conjunto da válvula de controle no sistema. Muitos se preocupam como assegurar que o tamanho de válvula é suficiente para dar a vazão necessária sob todas as situações possíveis; porém, uma válvula superdimensionada para uma aplicação específica prejudica a otimização do processo.

A capacidade de vazão de válvula é relativa à sua característica inerente. A característica inerente é definida como a relação entre a capacidade e curso da válvula quando a queda de diferencial de pressão pela válvula é mantida constante.

Tipicamente, estas características são *plotadas* em uma curva onde o eixo horizontal é rotulado como % de curso, enquanto o eixo vertical é rotulado como % de vazão (Fig. 4). Considerando que a vazão da válvula é uma função tanto do curso de válvula como da queda de pressão, é tradicional fazer testes de característica de válvula com queda *constante* de pressão. Isto, claro que, não ocorre na prática, mas fornece um modo sistemático de comparar uma característica de projeto de válvula com outro.

Características de válvula típicas administradas desta maneira são: linear, igual porcentagem e abertura rápida, como visto na figura 4.

Sob condições específicas de queda constante de pressão, a vazão da válvula se torna função somente do curso e do projeto inerente da válvula. Daí, estas características serem chamadas de “característica inerente de vazão” da válvula.

A relação da variação incremental na vazão da válvula (saída) para o incremento correspondente no curso da válvula (entrada) que causam variações de vazão é definida como o “ganho de válvula”.

$$\text{ganho de válvula} = (\text{variação de vazão}) / (\text{variação de curso}) = \text{rampa}$$

Note que a característica linear tem um ganho de válvula inerente *constante* ao longo de seu *range*. A característica de abertura rápida tem um ganho inerente de válvula maior na parte inferior do *range* do seu curso. O maior ganho inerente para válvulas de igual porcentagem está na abertura máxima da válvula.

Como o nome diz, a característica inerente de válvula é uma função inerente da geometria, e da passagem de vazão pela válvula. O conhecimento desta característica inerente é útil, mas a característica mais importante para propósitos de otimização do processo é a característica de vazão *instalada* no processo como um todo, incluindo válvula e todos os outros equipamentos da

malha. A característica de vazão instalada é definida como a relação entre a vazão da válvula e seu curso quando a válvula é instalada em um sistema específico e a queda de pressão na válvula varia naturalmente, em vez de ser constante. Uma ilustração dessa característica é mostrada na parte superior da figura 5.

**Mantendo o ganho da malha.** A razão para “caracterizar” ganho de válvula em bons projetos é prover compensação para outras variações de ganho na malha de controle. O objetivo final é tentar manter ganho de malha razoavelmente uniforme em todo o *range* operacional; i.e., manter uma característica de vazão *instalada* relativamente linear.

Tipicamente, o ganho da unidade que está sendo controlada varia com a vazão. Por exemplo, se o ganho da unidade tende a diminuir com vazão crescente, o engenheiro de controle de processo iria então, provavelmente, usar uma válvula de igual porcentagem que tem um ganho crescente com a vazão. Idealmente, estas duas relações inversas deveriam equilibrar para prover uma característica de vazão instalada o mais linear possível.

Teoricamente, as malhas tem sido ajustadas para performance ótima numa condição de vazão fixa. Como a vazão varia em torno do *setpoint*, é desejável manter o ganho de malha tão constante quanto possível para manter esta ótima performance. Se a variação de ganho da malha, devido à característica inerente de válvula não compensa *exatamente* o ganho variável da unidade, haverá uma variação no ganho de malha que torna mais difícil a otimização do processo. Além disso, também, há o risco que o ganho da malha possa variar o suficiente para causar instabilidade, limitação de ciclagem ou outras dificuldades dinâmicas.

Uma diretriz normalmente aceita é que o ganho da malha não deveria variar a mais que a proporção de 4 para 1, caso contrário a performance dinâmica da malha será *inaceitável*. Esta relação não é mágica; ela é, simplesmente, a relação que muitos praticantes de controle concordam que produzirá um *range* aceitável de margens de ganho na maioria das malhas de controle de processo.

Por causa de sua aceitação, esta diretriz forma a base para as especificações de limite de ganho, a seguir:

$$\text{ganho da malha de processo} = 1.0 (\% \text{ de span do transmissor}) / (\% \text{ saída do controlador})$$

*range nominal:* 0.5-2.0% /% (note a relação 4 para 1)

Note que esta definição de “malha de processo” inclui tudo na malha, menos o controlador; i.e., o produto dos ganhos de válvula de controle, da unidade controlada e do transmissor. Uma vez que a válvula é parte do processo, é importante selecionar um estilo e tamanho de válvula que tenha característica de vazão instalada suficientemente linear para ficar dentro dos limites de ganho especificados no *range* operacional do sistema. Se muita variação de ganho acontece na própria válvula de controle, teremos menor flexibilidade no ajuste do controlador. É recomendável sempre mantê-lo tão próximo do ganho de malha quanto possível.

Enquanto a relação 4 para 1 de variação do ganho da malha é aceita amplamente, nem todos concordam com os limites de ganho de 0.5 para 2.0. Alguns peritos das indústrias têm feito questão de usar limites de ganho de malha de processo de 0.2 a 0.8, mantendo a relação 4 para 1; porém, o perigo potencial inerente de usar este *range* de ganho reduzido é que o ganho no *range* final de curso poderia resultar em grande vibração da válvula durante a operação normal. Geralmente, é hábito operacional manter as vibrações da válvula abaixo dos 5%. Nós concordamos que o *range* 0.5 a 2.0 é razoável, a menos que haja alguma razão lógica para escolher outro valor. Porém, é muito importante que a

otimização do processo defina o estilo e tamanho das válvulas escolhidas para manter o *range* limite de ganho selecionado dentro do maior *range* operacional possível.

As curvas características instaladas na figura 5 foram obtidas em uma malha de controle operacional. Com o controlador em manual (*open-loop*), a vazão é estabelecida com a carga da válvula *constante* em condições nominais de operação. Sob estas condições, o sinal de teste, entrada da válvula, é variado enquanto são medidos seu *range*, curso normal e a vazão correspondente. Os resultados vazão *versus* curso da válvula mostram maior curso na parte superior da figura 5. Esta curva é conhecida como a característica de vazão instalada.

Uma vez estabelecida, a rampa desta curva pode ser determinada a cada incremento do curso. Esta rampa da curva característica de vazão instalado é o “ganho de processo instalado”. O ganho instalado é mostrado no diagrama inferior da figura 5, junto com os limites de *range* aceitáveis (0.5 a 2.0), para o ganho de processo de malha.

A válvula borboleta mostrada na figura 5, quando instalada nesta malha particular, só pode operar dentro dos limites de especificação de ganho aceitáveis acima de um *range* de curso de aproximadamente 20 graus (29% a 50%). O *range* no qual uma válvula pode operar dentro dos limites da especificação de ganho aceitáveis é que nós definimos como *range de controle* da válvula.

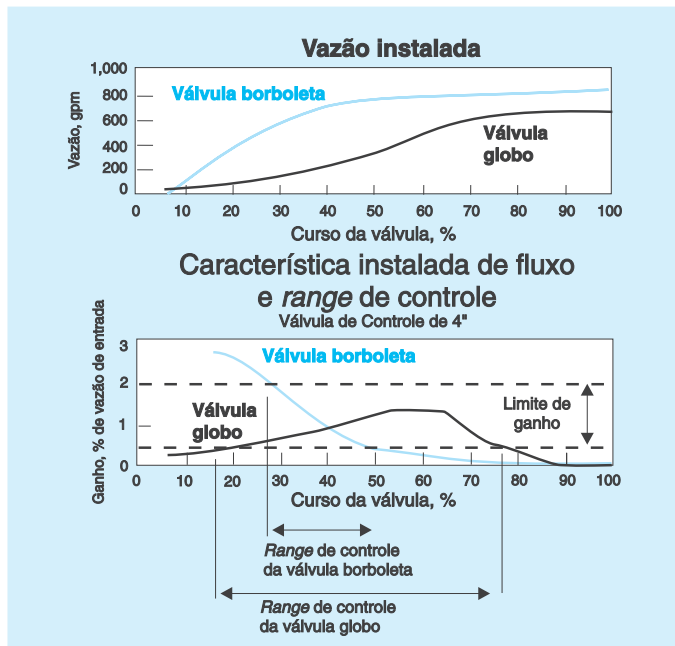
O *range* de controle de válvula varia significativamente com o estilo da válvula. Válvulas globo (Fig. 5) têm mais amplos *ranges* de controle do que válvulas borboleta. De fato, na hierarquia de performance da válvula, válvulas globo demonstram os mais amplos *range* de controle e válvulas estilo *Vnotch* têm o *range* de controle imediatamente maior. Válvulas tipo *plug* excêntricos geralmente têm um estreito *range* de controle comparado a válvulas globo e tipo *V-ball*. Válvulas borboleta têm tipicamente o mais estreito *range* de controle e são geralmente utilizadas em aplicações de carga fixas. Além disso, devem ser arranjadas cuidadosamente para obter uma ótima performance.

Se a característica inerente da válvula pode ser selecionada para compensar *exatamente* as variações de ganho com vazão, então nós poderíamos esperar que o ganho instalado da válvula (curva inferior) fosse essencialmente uma linha de reta, com valor de 1,0.

Infelizmente, uma equivalência exata do ganho raramente é possível, devido às limitações logísticas, de fornecer uma variedade infinita de características inerente de válvulas. Alguns tipos de válvula, como válvulas borboleta e esferas, não oferece alternativas adequadas que permitam variações das características inerente da válvula.

São feitas, freqüentemente, tentativas de aliviar esta situação mudando o conjunto de características inerentes da válvula através uso de cames não-linear no mecanismo de realimentação do posicionador. Em essência, o came de realimentação não-linear é uma tentativa de mudar a relação entre o sinal de entrada de válvula e a posição de eixo de válvula de forma que uma característica inerente de válvula seja alcançada para todo o conjunto da válvula, em lugar de simplesmente confiar numa mudança do projeto da válvula.

Embora o uso do came posicionador possa ter o mesmo de efeito que a modificação da característica da válvula, às vezes isto pode ser útil. O efeito de usar “cames caracterizados” é extremamente limitado na maioria dos casos. Isto acontece porque o came também altera dramaticamente o ganho do posicionador na malha, e limita severamente sua a resposta dinâmica. Usar cames para caracterizar a válvula é normalmente um substitutivo



precário das características da válvula, mas sempre é melhor que nenhuma caracterização, e freqüentemente é a única escolha para válvulas rotativas.

Alguns dispositivos eletrônicos tentam produzir caracterização de válvula desenhando eletronicamente o sinal de entrada do posicionador I/P à frente do posicionador. Em essência, esta técnica *recalibra* o sinal de entrada de válvula tornando o sinal de 4-20 mA do controlador linear e usando uma tabela pré-programada de valores para produzir a entrada de válvula necessária para alcançar a característica de válvula desejada. Esta técnica é chamada, algumas vezes, de *forward path* ou caracterização de *setpoint*.

Porque esta caracterização, na verdade, acontece fora da realimentação do posicionador, este tipo tem uma vantagem sobre came caracterizados. Evita o problema de variações de ganho do posicionador. Este método não deveria ser visto como uma panacéia, uma vez que também tem suas limitações dinâmicas. Por exemplo, pode haver situações em que um *range* de válvula varia o sinal do processo em 1.0% pode estreitar este processo de caracterização para uma variação de sinal de 0.1% da válvula (i.e., nas regiões planas da curva característica). Muitas válvulas são impossibilitadas de responder a estas pequenas variações de sinal.

A melhor performance do processo será obtida quando a característica de vazão necessária é obtida por mudanças no formato da válvula, em lugar de por uso de came ou outros métodos. A seleção adequado do projeto da válvula de controle, para produzir uma característica de vazão instalada razoavelmente linear sobre o *range* operacional de sistema, é um passo crítico para garantir ótima performance do processo.

**Tamanho da válvula.** Um problema típico encontrado, quando se tenta aperfeiçoar a performance do processo pela redução da variação, é a prática geral do superdimensionamento das válvulas. Isto geralmente resulta da prática comum de se usar válvu-

las do mesmo tamanho da linha, especialmente com válvulas rotativas de alta capacidade, assim como a adição conservadora de fatores múltiplos de segurança em diversas fases do projeto do processo.

Superdimensionar a válvula fere a variabilidade do processo de duas maneiras: Primeiro, dá muito ganho à válvula e deixa menor flexibilidade de ajuste do controlador. A melhor performance sempre acontece quando a maior parte do ganho da malha vem do controlador. O segunda causa é que a válvula opera mais freqüentemente em menores aberturas onde a fricção pode ser maior, particularmente em válvulas rotativas.

Além disso, apesar da característica inerente atual da válvula, uma válvula severamente superdimensionada tende a agir mais como uma válvula de abertura rápida com ganho de válvula instalado muito maior, nas aberturas menores. Isto, freqüentemente, faz a válvula operar fora do limite aceitável de ganho, que resulta em pequeno *range* de controle para a válvula.

Finalmente, uma vez que uma válvula superdimensionada produz muita variação desproporcional de vazão num dado incremento de curso de válvula, este fenômeno, associada à faixa morta, à fricção, etc., pode alterar muito a variabilidade do processo.

**Sumário.** É importante compreender que a otimização de um processo deva começar e terminar com otimização dos equipamentos e do software, isto é, de toda a malha. Para alcançar a verdadeira otimização do processo, a válvula de controle deve ser projetada e selecionada corretamente para a aplicação. Deve ser considerado o uso de recursos com as especificações dinâmicas no lugar da performance estática da malha.

Apesar de serem exigidos esforços adicionais, é relevante considerar este artigo, pois o incremento do *lucro em performance* terá um impacto vital na rentabilidade global.

#### AGRADECIMENTOS

Baseado em monografia apresentada no *Gulf Publishing Co. / Hydrocarbon Processing Process Optimization Conference and Exhibition*, April 10, 1997, Houston, Texas.

#### LITERATURA CITADA

- Oglesby, M. J., Achieving Benefits Using Traditional Control Technologies, Trans. Inst. MC. Volume 18 No. 1, 1996.
- Elliot, Ross and W. L. Bialkowski, Control Valves - The Biggest Single Contributor to Process Variability, Instrument Symposium for the Process Industries, Texas A&M, January 1996.
- Control Valve Dynamic Specification, (Version 2.1, 3/94), EnTech Control Inc., Toronto, Ontário, Canada.

#### LEITURA RECOMENDADA

- Coughran, Mark T., Valves: Testing for Peak Performance, *INTECH*, October 1994.  
Coughran, Mark T., Performance Influence in Glove Control Valves, *INTECH*, August 19  
Jury, F. D., TM-40: Fundamentals of Dynamic Valve Performance, Fisher Controls International, Inc., 1996.

#### Os autores

**Neal Rinehart** trabalha na Fisher Controls International, Inc. ha quase 24 anos Ele é atualmente o Consultor em Performance na Indústria de Hidrocarbonetos, que dirige iniciativas de tecnologia de performance nas indústrias de hidrocarboneto para Fisher Controls International, Inc. Nesta posição, Neal é responsável pelo desenvolvimento e aplicação dos produtos de performance para as indústrias de hidrocarboneto. Durante os últimos 18 meses, ele esteve envolvido nos esforços de otimização de performance, nas indústrias de petroquímica e em refinarias. Antes da tarefa atual, era Gerente de Pesquisa e Análise de Sistemas de Controle Final na Fisher Controls. Neal tem BS em Engenharia Metalúrgica da Iowa State University e é um engenheiro profissional registrado em Iowa.

**Floyd Jury** é um consultor técnico de performance com mais de 30 anos de experiência na Fisher Controls International, Inc., incluindo sete anos como o Diretor de Educação. Floyd é bem conhecido dentro da indústria de controle de processo e foi um colaborador principal à literatura por mais de duas décadas. Floyd tem o grau de Mestre em Engenharia Mecânica e é um dos primeiros a ser inscrito como um Engenheiro de Sistemas de Controle Profissional na Califórnia, nos E.U.A. A experiência anterior de Floyd inclui atividades de R&D na Bell Labs e Thiokol Chemicals, como também experiente Instrutor de Física da Faculdade.