

# APLICAÇÃO DE VÁLVULAS DE CONTROLE EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

CASTRO, Rodrigo Souza; ERIKSSON, Karl Tomas

[Castro.rodrico.engqui@hotmail.com](mailto:Castro.rodrico.engqui@hotmail.com)

Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz

**Resumo:** *As vantagens de se utilizar um mecanismo automático é que, se estiver em bom estado, age sempre da mesma forma aos mesmos estímulos e durante vinte e quatro horas nos 365 dias no ano, exceto em períodos de manutenção. Já o homem, está sujeito a distrações, cansaço ou erros se desempenhar a mesma função. Outra vantagem é o controle de operações distantes, de difícil acesso ou potencialmente perigosas. Com isso, otimiza-se a operação, economizando matéria-prima, energia e mão de obra, além de propiciar sistemas com dispositivos automáticos e de intertravamento, para evitar possíveis acidentes. Em muitos casos na indústria, a parte executiva da regulação de um mecanismo automático são as válvulas e as malhas de controle. Estes são equipamentos muito importantes e essenciais nos processos de diversos ramos industriais. Eles podem controlar diretamente os substratos e produtos finais, tratar algumas utilidades como controle de geração de vapor, controle de fluídos de resfriamento, controle de pressão de ar comprimido, em operações mais complexas como controle de razão de refluxo em torres de destilação e em operações mais simples como controle de nível em reservatórios ou tanques de água para incêndio. Existem dezenas de tipos de válvulas, cada uma com a sua especificidade. Algumas até podem ser concorrentes em certas aplicações como as válvulas globo e borboleta. Porém, é necessário estudar as necessidades da aplicação para se chegar a uma escolha eficaz e de boa relação custo benefício.*

**Palavras-chave:** Válvulas de controle, Controle de processos, Instrumentação industrial.

**Abstract:** *The advantages of using an automatic mechanism is that, considering it's in good condition, it always acts in the same way to the same conditions during 24 hours on the 365 days, except for maintenance periods. Now the man is subject to distractions, fatigue or mistakes in charge of the same function. Other advantage is the control of difficult-access or potentially dangerous operations. Therefore, it is possible to optimize operation, saving raw materials, energy and labor, in addition to providing systems with automatic devices and interlocks to prevent possible accidents. In most of the cases in the industry, the executive part of the regulation is the valves and the control loop. These equipments are very important and essential in the processes of various industries. They can directly control the substrates, products, control utilities such as steam generation, cooling fluid control, pneumatic systems, even in more complex operations, such as reflux rate at distillation towers, and in simple ones as level control in fire-fighting water tanks. There are dozens of types of valves, each one with its specificity. Some may even be competing in certain applications such as globe and butterfly valves. However, it is necessary to study the application to reach an effective choice with worth cost-benefit relationship.*

**Keywords:** Control valves, Process control, Industrial instrumentation

## 1 INTRODUÇÃO

Plantas químicas de produção consistem em centenas de malhas de controle conectadas para gerar um produto dentro das especificações. Cada uma das malhas é responsável por monitorar e controlar uma variável como, por exemplo, temperatura, vazão, pressão, nível, pH, composição, etc. A análise dessas malhas consiste em comparar a situação atual da variável com um valor pré-determinado (*set point*) pelo projeto. Após essa análise, o elemento controlador da malha precisa atuar no processo para que o quadro atual ajuste-se ao *set point*. Para que isso ocorra, é necessário um elemento final: válvula de controle. Esta é um equipamento que trabalha diretamente em contato com os fluídos de processo e são responsáveis por reduzirem ou aumentarem o fluxo de passagem, de acordo a necessidade momentânea. A válvula é composta por: corpo, atuador, posicionador, se for de controle, válvula solenoide, se for de bloqueio, e filtro regulador de ar, responsável por condicionar o ar de instrumentação que entrará na válvula (EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2005).

## 2 DESMISTIFICAÇÃO DE VÁLVULAS DE CONTROLE

Embora válvulas serem apresentadas e parcialmente estudadas em âmbito acadêmico, há muito mais aspectos que devem ser levados em consideração quando o plano é transferido da idealidade de uma sala de aula à realidade intensa de um campo de produção. Neste, estes equipamentos trabalham, na maioria das vezes e dependendo da aplicação, durante vinte e quatro horas por dia nos 365 dias do ano, em uma marcha estável de operação que exige o máximo desempenho de controle e as máximas resistências química e mecânica contra os diversos tipos de corrosão, incrustação e abrasão, tudo isso proveniente das condições de processo e qualidade do fluído passante.

### *Dimensionamento e Especificação*

O conhecimento dos dados de processo é imprescindível para a especificação precisa, eficaz e, principalmente, econômica de uma válvula de controle. Para se especificar corretamente uma válvula é preciso, no mínimo, das seguintes informações: tipo de fluído, temperatura, viscosidade, vazão, pressões à montante e à jusante, pressão de fechamento, ruído máximo permitido conforme legislação, existência de vaporização (*flashing*) ou cavitação, diâmetro das tubulações de entrada e saída, tipos de conexões (flange, rosca, solda, etc.), ação desejada de falha, suprimento de ar de instrumentação, sinal e protocolo de controle (analógico de 4-20 mA, HART, Fieldbus, Profibus, etc.) (EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2005).

Existem dezenas de opções corretas para uma mesma aplicação. Entretanto, é necessário selecionar a opção mais econômica que atenda a necessidade do processo. A escolha de um material mais nobre não prejudicaria o processo, porém, acarretaria, por causa do valor mais elevado do investimento, um tempo maior de *turn over*, ou seja, o aumento da taxa real de retorno do investimento (TIR). Para contornar esse problema, os materiais são escolhidos de acordo com as condições de processo, propriedades corrosivas, térmicas e erosivas, começando com materiais mais comuns e baratos como, por exemplo, aço carbono e ferro fundido. Agora, se a válvula precisar de materiais mais nobres, dentre as infinitas opções, destacam-se as ligas de aço cromo-molibdênio e, se necessário resistência química mais elevada, as ligas duplex também estão disponíveis tanto para a confecção do corpo, quanto para os internos.

Falando sobre o dimensionamento, a escolha da característica de controle é muito importante, pois determina a sensibilidade com que a válvula alterará a razão de fluxo do fluido. São três características mais utilizadas: linear, igual porcentagem e abertura rápida. Antes de explicá-las, é necessário ter conhecimento de conceito de coeficiente de vazão (CV). Este é uma constante relacionada à geometria da válvula e determina o quanto de fluido que passa por um orifício em um minuto e considerando uma perda de um bar de pressão. É possível calcular o coeficiente de vazão para qualquer fluido, tanto líquido quanto gasoso. Para fluidos no estado líquido há uma fórmula bastante didática que permite obter um resultado preciso e utiliza apenas algumas variáveis. Eis abaixo a equação (1):

$$CV = 1,16 Q \sqrt{(\rho/\Delta P)} \quad (1)$$

Onde: CV= coeficiente em vazão em galão por minuto (gpm); Q= vazão mássica em m<sup>3</sup>/h; ΔP= Pressão à montante – Pressão à jusante (bar); ρ= densidade (kg/dm<sup>3</sup>).

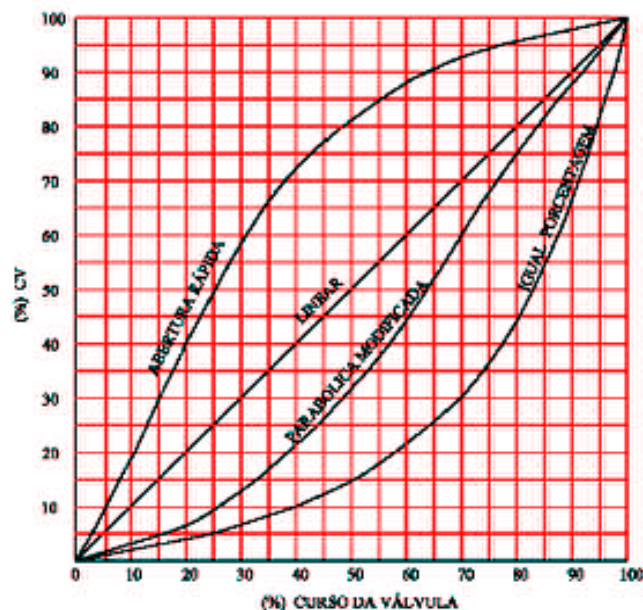
Nota-se que a vazão é diretamente proporcional ao CV e a variação de pressão, inversamente proporcional a ele. Ou seja, quanto maior a vazão, maior é o CV e quanto maior a variação de pressão, menor é o CV.

O dimensionamento é feito, basicamente, sobrepondo o CV do processo que com CV da válvula, que é calculado por meio de outros parâmetros como, por exemplo, a área do orifício de passagem e aspectos mecânicos. Logo em seguida, é escolhida a característica do obturador, podendo ser linear, igual porcentagem, parabólica modificada ou de abertura rápida.

Por convenção, usam-se característica igual porcentagem e parabólica modificada para controle de temperatura e pressão e característica linear para controle de nível (EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2005).

Para que o controle seja eficaz e preciso, a abertura da válvula deve manter-se entre dez e noventa por cento (PETROBRAS, 2010).

Eis abaixo a curva da abertura em função da razão entre os coeficientes de vazão do processo e da válvula.



**Figura 1** Curvas de características de abertura

Fonte: Foxwall (2010)

No eixo das abscissas tem-se a abertura da válvula e no eixo das ordenadas, o CV do processo dividido pelo CV da válvula. Quanto mais acentuada é a curva, maior é o aumento de vazão proveniente da abertura da válvula. Esse fato prejudica a sensibilidade do ajuste numa situação real de controle, onde é necessário aumentar a passagem de um fluido refrigerante em um permutador de calor, por exemplo. Por isso que uma válvula com característica igual porcentagem ou parabólica modificada é mais adequada. Observando o gráfico, esta característica é a mais sensível pelo fato do fluxo de passagem aumentar numa proporção menor do que o aumento da abertura. Por fim, comparando as características para que a diferença entre elas seja consolidada e entendida, se o CV calculado for a metade do CV disponível da válvula, a abertura de uma válvula com de característica linear seria de cinquenta por cento. Já a abertura de uma válvula igual porcentagem nessas mesmas condições seria oitenta e quatro por cento.

A característica abertura rápida é apenas usado em válvula com função de mero bloqueio e a parabólica modificada, conforme aparece no gráfico, é mais utilizada em fluxos de alta velocidade e grande perda de carga, onde a característica igual porcentagem pode gerar um efeito rotativo de grande turbulência. Neste caso, é recomendada a utilização de obturador com característica parabólica por mitigar a intensa turbulência e fazer com sua característica não seja alterada pelo acúmulo de sujeira (SIGHIERI et al, 1973).

Considerando a importância dos parágrafos acima e a particularidade dos processos industriais, as válvulas tiveram que ser desenvolvidas para adequarem-se ao controle de fluidos com diversas peculiaridades como: viscosidade, densidade, pressões de vapor e crítica, granulometria dos sólidos em suspensão e compatibilidade química. Com isso, vários tipos de válvula foram criados e os principais e mais utilizados serão abordados a seguir.

## Válvula Globo

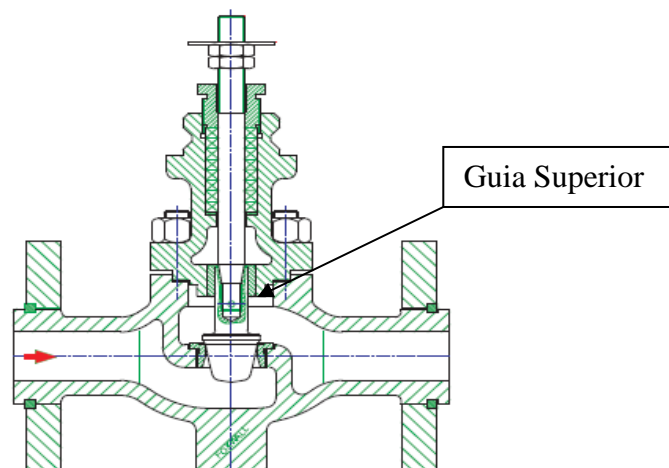
Válvulas globo são utilizadas em operações frequentes de abertura e fechamento, chamado de *ON-OFF*, controle modulante, onde a válvula varia a abertura, ou o curso, de acordo com o sinal de ajuste de 4 a 20 mA enviado pelo controlador. É possível alcançar vedação praticamente estanque em serviços até, aproximadamente, 200 graus Celsius por meio de anéis ou assentamento de polímeros resilientes, auxiliando no contato entre o obturador e a sede da válvula (KLAPPE, 2012).

Um fato sobre esta válvula é que possibilita obter grandes variações de perda de carga entre a pressão à montante e a pressão à jusante devido à posição do obturador. Esta característica é muito interessante, pois na literatura há quem considere um aspecto negativo essa perda de carga elevada. Sim, realmente a válvula globo apresenta uma perda de carga elevada em consideração às outras válvulas como, por exemplo, borboleta, esfera e gaveta. Porém, a questão é que em todo projeto ou modificação é necessário estipular e considerar perdas de carga características para a especificação de outros equipamentos, como bombas, trocadores de calor, vasos de pressão, etc.

Outro aspecto bastante positivo de válvulas globo é que a construção permite fácil manutenção e alteração da característica de controle, alterando apenas a sede e o obturador. Entretanto, a mão de obra deve ser qualificada para garantir que as partes do equipamento operem alinhadas, sofrendo o mínimo de dano possível (EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2005).

Embora mantendo sempre a forma globoidal, existem inúmeros tipos de válvulas globo. Variando a engenharia interna da válvula é possível obter equipamentos para controle convencional, quando a variação de pressão mantém-se abaixo de 20 bar, e para controle mais críticos, onde a variação de pressão pode ser de 20 a, aproximadamente, 400 bar.

Para operações convencionais, utiliza-se a chamada válvula globo sede simples ou globo contorno. Esta, por ter ótima relação custo-benefício, pode ser considerada o carro chefe de muitas indústrias. Embora desempenhar excelente qualidade de controle, não é possível eliminar ou, até mesmo, mitigar fenômenos como cavitação e ruído por haver uma expansão brusca e rápida quando o fluido passa pelo orifício de passagem, conforme visualizado abaixo:



## Figura 2 Válvula globo sede simples

Fonte: Manual do Produto Foxwall (2010)

Como se pode visualizar no desenho acima, o obturador da válvula somente tem guia superior, sendo a sede seu segundo apoio somente quando a válvula estiver totalmente fechada. Se a variação de pressão à montante e à jusante for muito alta, o obturador da válvula sofrerá trepidação (*chattering*), chocando-se com a sede e forçando partes internas como haste, gaxetas e juntas, podendo provocar, na pior hipótese, rompimento destas peças. Com isso, a válvula perderá o alinhamento e, conseqüentemente, ocorrerá perda de vedação e início de processo de desgaste interno originado pelo atrito das peças.

Para contornar fenômenos de cavitação, vaporização (*flashing*), ruído e trepidação, a válvula globo sofreu uma modificação interna com a implantação de uma guia em forma de gaiola, funcionando como se fosse um trilho para auxiliar o deslocamento do obturador, conforme figura abaixo:

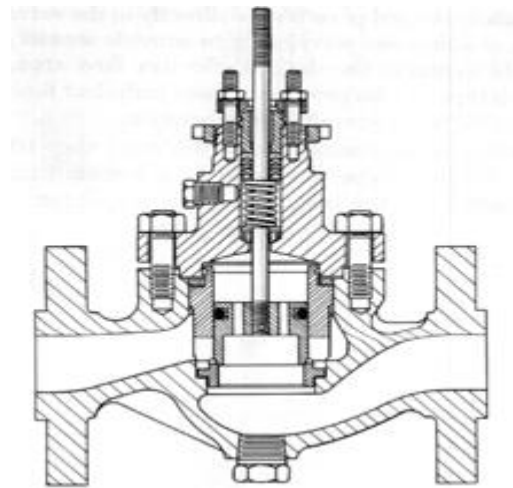


Figura 3 Válvula globo gaiola

Fonte: Eng. Marcelo Saraiva Coelho (2010)

Entre as vantagens desse tipo de válvula, estão: facilidade de remoção dos internos, capacidade de vazão de vinte a trinta por cento maior do que a globo sede simples e possibilidade de montagem da gaiola com múltiplos estágios, responsável por mitigar fenômenos cavitativos e ruído, como dito anteriormente (Coelho, 2010).

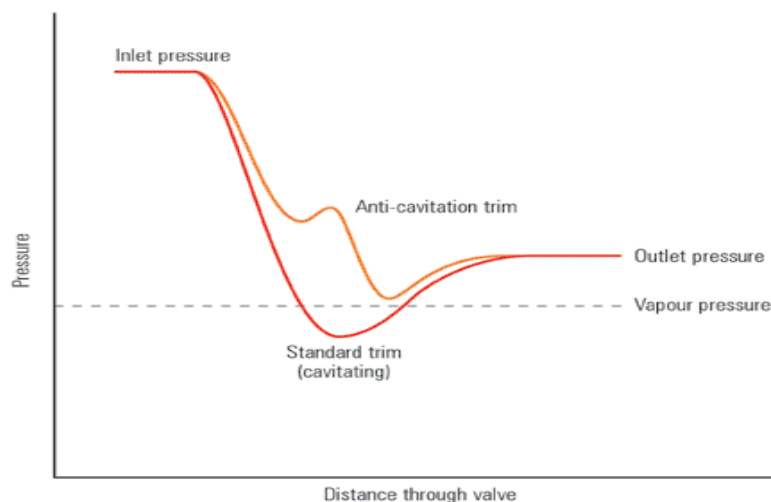
Abordando os temas de cavitação e *flashing*, acontecem quando o fluido líquido passa pelo orifício e atinge o ponto de maior velocidade da válvula, chamado de *vena contracta*. Neste ponto, o fluido atinge o pico máximo de velocidade e sua pressão reduz inversamente proporcional a ela. Se a pressão de vapor do fluido estiver acima da pressão mínima na *vena contracta*, parte do líquido passará para a fase gasosa. Conforme a geometria da válvula globo, após o ponto de maior velocidade há um aumento da área transversal onde o fluido tende a ocupá-la completamente, fazendo com que perca velocidade e ganhe pressão. Se esta pressão permanecer ainda menor do que a pressão de vapor, será caracterizado o *flashing*, se for maior, a parcela gasosa existente voltará a ser líquida, caracterizando cavitação. O problema é que essas mudanças de estado no interior da válvula geram pequenas implosões de energia que colidem diretamente nas superfícies das partes internas da válvula. Com o tempo e operação contínua, essas partes vão sofrendo abrasão e pequenos fragmentos soltam-se e

colidem com outras partes de válvula, podendo seguir a diante, contaminando o produto e colidindo com outros equipamentos à jusante de válvula, bem como prejudicarem sua integridade e seu controle.

Já o ruído é dividido em três tipos: mecânico, hidrodinâmico e aerodinâmico. O mecânico é provocado pela vibração dos internos da válvula na presença de fluido turbulento. O hidrodinâmico está associado à cavitação e *flashing* provenientes do aumento de velocidade e redução brusca de pressão. Já o aerodinâmico é gerado dentro da válvula e da tubulação, sendo função também da velocidade, diâmetro interno e quantidade de fluido. Embora parecer inofensivo, a transmissão do ruído via tubulação, também relacionada com o diâmetro, espessura e geometria, pode provocar rompimento da tubulação caso exceda 130 dB(A) (RODRIGUES, 2012).

Recomenda-se sempre especificar a válvula a operar com um ruído menor do que 85 dB(A) a fim de enquadrá-la na norma regulamentadora NR-15, que prevê essa intensidade para exposição máxima diária de 8 horas. (Brasil, 2009)

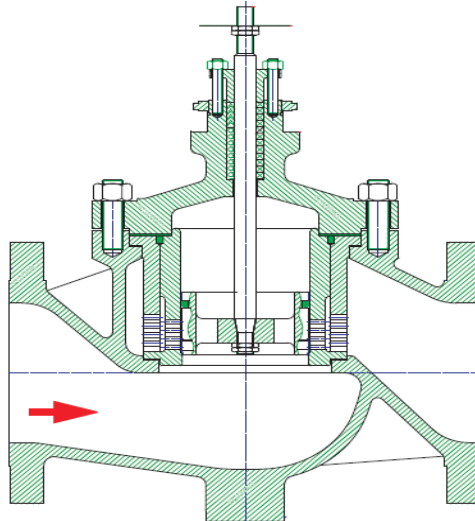
Para esses efeitos não agredirem a válvula e causarem condições inapropriadas de trabalho, a válvula globo adquiriu estágios em sua gaiola. Estes foram criados para expandirem os fluídos gradativamente, fazendo com que gerem menos ruído e o poço potencial entre a pressão à montante e à jusante seja mais raso, conforme o gráfico abaixo.



**Figura 4** Curvas de pressão em válvulas

Fonte: Foxwall (2010)

Observando a linha vermelha, sem internos anticavitantes, o poço de pressão é fundo por causa da pequena área de passagem disponibilizada entre obturador e a sede e a repentina expansão da geometria interna da válvula globo contorno. Já a linha laranja demonstra que os internos de múltiplos estágios dividem a mesma expansão de forma organizada e orientada, disponibilizando a mesma variação de pressão que a válvula sem internos anticavitantes.



**Figura 5** Válvula globo múltiplo estágio 2

Fonte: Manual do produto Foxwall (2010)

### ***Válvula Borboleta***

A válvula borboleta é o tipo mais comum quando o assunto é movimento rotativo e a sua particularidade geométrica proporciona menor perda de carga, assim como é a opção mais viável para controle de grandes vazões. Seu tamanho pode variar de 1,5 a 200 polegadas, além da possibilidade de ser confeccionada em ferro fundido, termopolímeros, cerâmicos e muito outros. Suas conexões podem ser: *Wafer*, encaixando a válvula entre as tubulações como se fosse um sanduiche; *LUG*, utilizando longos parafusos para fixar as tubulações e a válvula para formar uma montagem robusta; e por flange, porém, o corpo tem que ser longo o suficiente para disponibilizar espaço aos parafusos dos flanges (DRISKELL, 1981).

A vedação da válvula borboleta pode atingir a estanqueidade utilizando-se materiais resilientes na sede e também como revestimento do disco. A vedação acontece quando, no fechamento, o disco pressiona a sede da válvula, comprimindo-a e anulando qualquer possível área de passagem.

A válvula mais comum existente é a do tipo concêntrica. É caracterizada pelo alinhamento total do eixo com o disco, encontrando-se exatamente com a linha de centro da tubulação. Como o centro do eixo comprime a sede resiliente para vedar, a vida útil da válvula é bastante comprometida, assim como sua engenharia por suportar pressões até 10bar (CENTERVAL, 2012).

Eis abaixo uma ilustração de borboleta concêntrica:



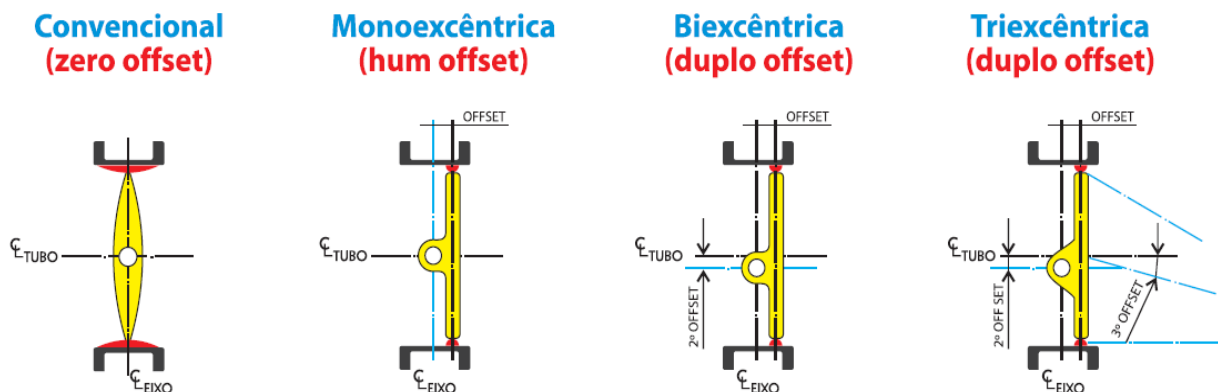


**Figura 6** Válvula borboleta concêntrica

Fonte: RRV Lubrificação (2012)

As válvulas borboleta, então, evoluíram para suportarem condições cada vez mais severas de temperatura e pressão, assim como o desgaste provocado pelo atrito entre as partes internas. O desempenho pode ser mais elevado à medida que o centro do disco desloca-se em relação aos centros da tubulação e do eixo da válvula. Esse deslocamento é denominado excentricidade. Atualmente, são excentricidades disponíveis no mercado. A primeira é a válvula borboleta monoexcêntrica em que o atrito entre o disco e a sede resiliente é mitigado, ocorrendo em 40% da movimentação. Há também a válvula biexcêntrica, onde o atrito ocorre em apenas 15% da movimentação. E, por fim, a válvula triexcêntrica, sendo a mais avançada em termos tecnológicos, onde o atrito ocorre apenas no fechamento total da válvula (CENTERVAL, 2012).

A figura abaixo distingue as excentricidades entre as válvulas:



**Figura 7** Tipos de válvulas borboleta

Fonte: Centerval Industrial (2012)

Atualmente, a maioria das aplicações contemplam válvulas concêntricas e biexcêntricas por devido ao custo benefício envolvido. Entretanto, o conceito de triexcêntrica está começando a despertar o interesse de projetistas pela superioridade em todas as características. No Brasil já há fabricantes de válvulas triexcêntricas. Porém, estas válvulas

também são importadas da China, Europa e Estados Unidos, sendo importante mencionar que a diferença de valores entre os continentes é exorbitante. Na china, por exemplo, o valor de uma válvula triexcêntrica é praticamente igual ao da biexcêntrica.

### ***Válvulas Esfera***

Assim como as válvulas borboleta, as do tipo esfera são rotativas. O controle de vazão é feito por uma esfera completa com um orifício no meio dedicado à passagem do fluido. Este orifício de passagem geralmente tem o mesmo tamanho do diâmetro da tubulação, já que seu modelo convencional é utilizado apenas em funções de bloqueio, por não disponibilizar sensibilidade de controle (EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2005).

Eis abaixo uma figura de válvula esfera convencional:



**Figura 8** Válvula Esfera

Fonte: Pentair (2012)

## **3 ESTUDO DE CASO**

Este item tem o objetivo de utilizar todo o conceito apresentado anteriormente para a solução de um problema fabril real, assim como quantificá-lo economicamente.

Uma indústria de alimentos produz bolo de chocolate para uma grande rede de *Fast Food Restaurant* e precisa automatizar a operação de mistura dos ingredientes em dois tachos. Após os ingredientes serem colocados manualmente nos recipientes, a mistura terá que chegar à temperatura de 60 graus Celsius em 15 minutos e manter-se nesta mesma condição por mais 30 minutos para, então, ir ao forno.

A tubulação de vapor tem 1,5 polegada de diâmetro e, como utilidades, o cliente disponibiliza vapor saturado de caldeira com pressão de 6 bar manométrico, suprimento de ar

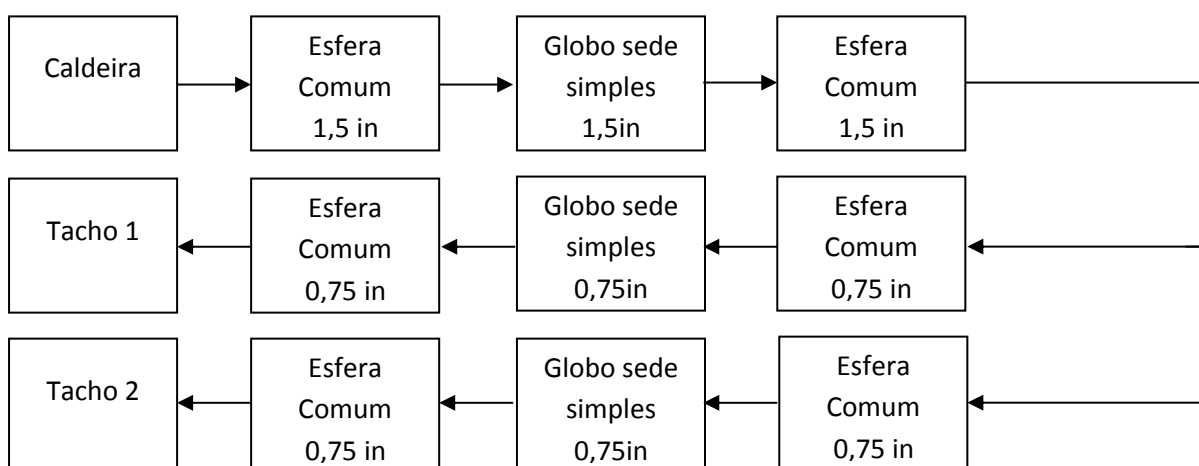
de instrumento de 5 bar manométrico e controlador de temperatura com temporizador de sinal 4-20 mA.

Os tachos são idênticos, feitos em aço inox polido, AISI 316L, com volume de 50 m<sup>3</sup> para a mistura do bolo, uma camisa de aquecimento que trabalhará com água e material isolante de lã de vidro, responsável por manter o sistema razoavelmente adiabático. Por motivos de segurança e longevidade dos tachos, o cliente solicita que o vapor seja inserido na camisa à pressão de 1 bar manométrico.

Depois de levantados todos os dados, o próximo passo é estabelecer a filosofia de controle, sendo: primeiramente, o vapor à 6 bar será reduzido para 1,5 bar por uma válvula globo de controle e depois será dosado e reduzido para 1 bar para ser inserido nos tachos por outras duas válvulas do mesmo tipo. Neste caso, usam-se três válvulas para garantir que a pressão chegue aos tachos à um bar. Se forem instaladas apenas duas válvulas, a pressão de 6 bar poderá danificar os tachos se as válvulas estiverem muito abertas.

Após realizados os balanços material e energético considerando dois cenários: um tacho trabalhando por vez e os dois trabalhando simultaneamente, a válvula de redução de pressão deverá controlar uma variação de CV de 0,21 a 0,83 galões por minuto (gpm). Então, foi especificada uma válvula globo sede simples de 1,5 polegada em aço carbono, característica igual porcentagem com CV de 3,5 gpm e atuação eletropneumática de 4-20 mA por causa do sinal de controlador. E para o controle da inserção de vapor na camisa de cada tacho, foram necessárias duas válvulas, uma para cada tacho, que controlassem uma variação de CV de 0,78 e 1,52 gpm. Então, foram especificadas duas válvulas globo sede simples de 0,75 polegadas em aço carbono, característica igual porcentagem com CV de 5,5 gpm e atuação eletropneumática pelos mesmos da outra válvula. Como a pressão de ar de instrumentação é muito alta para as válvulas, foram especificados filtros reguladores para baixar a pressão de 5 para 2,5 bar e não prejudicar os diafragmas dos atuadores. Por fim, foram instaladas 6 válvulas esfera manuais com acionamento por alavanca para bloquear as linhas em futuras manutenções.

Eis abaixo um fluxograma dos equipamentos interligados:



**Figura 9** Fluxograma de instalação

Fonte: Autoria própria (2012)

Portanto, abaixo está a tabela com o custo dos equipamentos:

**Tabela 1** Orçamento das válvulas especificadas

Equipamento	Quantidade	Preço Unitário (R\$)
Válvula Globo Sede Simples 1,5 in	1	4.400,00
Válvula Globo Sede Simples 0,75 in	2	3.500,00
Válvula Esfera com Alavanca 1,5 in	2	250,00
Válvula Esfera com Alavanca 0,75 in	4	150,00

Fonte: Aatoria própria (2012)

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O investimento total nas válvulas de RS 12.500,00 agregará padronização e repetibilidade ao processo, fazendo com que a mistura do bolo tenha um desvio padrão menor. Embora o cliente não tenha disponibilizado dados de produção mensal e porcentual retrabalho e perda, com certeza, terá o retorno do investimento em curto prazo. Caso contrário, não teria automatizado a operação.

As válvulas são equipamentos que exigem conhecimentos multidisciplinares para serem especificadas. Como foi apresentado no estudo de caso, há situações que, para não perder a oportunidade em atender a necessidade de um cliente, é necessário auxiliá-lo prestando apoio no campo da engenharia química a partir de balanços de massa e energia. Já na parte de melhoria contínua e projetos, a engenharia mecânica considera aspectos como esforços mecânicos, momentos de torque, incrustação, geometria, resistência dos materiais, etc. O aquecimento do mercado de válvulas de controle é diretamente proporcional ao desenvolvimento dos países, ou seja, ser houver projetos em praticamente todas as áreas industriais ou de infraestrutura, serão necessárias válvulas para atuarem no controle das marchas estáveis de operação.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR-15 – Atividades e Operações Insalubres**. Segurança e Medicina do Trabalho - Manual de Legislação Atlas. 63<sup>a</sup>. Edição, 2009.

CENTERVAL INDUSTRIAL. O Princípio da Triexcentricidade. **Informativo Centerval**, 2012.

EMERSON PROCESS MANAGEMENT. **Control Valve Handbook**. U.S.A. FISHER CONTROLS INTERNATION LLC 2005.

FOXWALL. Manual de Instruções – **Válvula Globo Gaiola Múltiplo Estágio ME2**. 2008.

FOXWALL. Manual de Instruções – **Válvula Globo Sede Simples**. 2008.

KLAPPE. Disponível em: [http://www.klappe.com.br/tipos\\_de\\_valv.htm](http://www.klappe.com.br/tipos_de_valv.htm). Visitado em 25 ago. 2012.

LES DRISKELL, P.E. **Introduction to Control Valves and Other Final Control Devices**. 1 ed. Instrument Society of America, 1981.

PENTAIR. Disponível em:  
[http://pt.valves.pentair.com/valves/products/ball\\_valves/floating/index.aspx?id=tcm:212-5197&id=tcm:212-5197](http://pt.valves.pentair.com/valves/products/ball_valves/floating/index.aspx?id=tcm:212-5197&id=tcm:212-5197). Visitado em 03 out. 2012.

PETROBRAS. **Projetos em Geral – Válvulas de controle e ON-OFF (Padrão)**. Revisão J, 2010.

RODRIGUES, D.L.V. Ruído Aerodinâmico em Válvulas de Controle. **In Tec**. São Paulo, n. 144, p. 51-56, 2012.

RRV. Disponível em: <http://www.rrvlubrificacao.com.br/prodvalvula.html>. Visitado em 26 ago. 2012.

SIGHIERI, L *et al.* **Controle Automático de Processos Industriais**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgar Blucher LTDA, 1973.

UFRN. Disponível em:  
<http://www.dca.ufrn.br/~acari/Sistemas%20de%20Medida/SLIDES%20INSTRUMENTACA O%20VALVULAS.pdf>. Visitado em 26 ago. 2012.