

IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLE AUTOMÁTICO DE NÍVEL NA FILTRAGEM COM DISCO VERTICAL À VÁCUO

*Luciano França Rocha¹
Cláudio José Barcelos Dal'Col¹
Henrique Thurre²
Rafael Damasceno³
Alexandre Moure³
Carlos Pinto Pereira Junior⁴*

Resumo

A filtragem do minério de ferro é uma importante etapa no processo de pelletização. Muitos são os fatores que afetam o seu desempenho. Entre eles cita-se o nível da camada de polpa na bacia do filtro. Variações negativas da bacia e da caixa de alimentação da mesma causam distúrbios graves ao processo. Usualmente esse problema é evitado trabalhando-se com transbordo constante da polpa, resultando num maior consumo de insumos, principalmente energia elétrica. A medição e o controle dos níveis de polpa dentro dos diversos reservatórios sempre foi desafiador já que as características do material a ser medido, como por exemplo, densidade variável, grande abrasão, incrustação excessiva e a forma construtiva destes reservatórios dificultam o emprego de diversos tipos de medidores e válvulas de controle. O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados da avaliação de diversos medidores testados. A adoção do equipamento mais apropriado possibilitou a implementação de controle automático dos filtros indústrias.

Palavras-chave: Instrumentação; Automação; Filtragem

AUTOMATIC CONTROL IMPLEMENTATION IN THE VACUUM VERTICAL DISC FILTRATION

Abstract

Filtration of iron ore is an important step in the pelletizing process. There are many factors that affect its performance, such as the slurry level in the filtration equipment. Negative variations of this level and the feed box one cause serious disturbances to the process. Usually this problem is avoided by working with constant slurry overflow, resulting in higher consumption of raw materials, especially energy. Measurement and control of slurry levels in the various reservoirs has always been challenging since the characteristics of the material being measured, such as variable density, high wearing, excessive incrustation and these reservoirs' shape hinder the use of various types of meters and control valves. This paper aims to present the evaluation results of several meters tested. Adopting the most appropriate equipment enabled the implementation of automatic control of industrial filters.

Key words: Instrumentation; Automation; Filtration

¹ Engenheiro de Automação – Samarco Mineração

² Engenheiro de Processo – Samarco Mineração

³ Técnico de Instrumentação – Samarco Mineração

⁴

1 INTRODUÇÃO

A Samarco, produtora de pelotas de minério de ferro usadas na produção do aço, extrai e beneficia seu minério na unidade industrial de Germano, em Mariana (MG), e o transforma em pelotas que são embarcadas nos navios dos seus clientes na unidade industrial de Ubu, em Anchieta (ES). Ligando essas duas unidades existem dois minerodutos, com quase 400 km de extensão.

O concentrado recebido em Ubu deve ser submetido ao processo de separação sólido-líquido para recuperação da água e ajuste da umidade do pellet feed que constitui o principal insumo para produção de pelotas. Essa separação é feita em 41 filtros de discos verticais a vácuo.

A polpa de concentrado que chega pelo mineroduto é recebida em grandes tanques de homogeneização (HG) e ali fica armazenada para ser bombeada a próxima etapa, a filtragem. Na usina 3, bombas centrífugas bombeiam o material até 2 caixas de distribuição de polpa (DS) localizadas na lage da filtragem a aproximadamente 20 metros de altura em relação ao solo. Cada caixa de distribuição está conectada a 7 filtros à vácuo e a polpa de minério desce por gravidade até a bacia destes filtros através de mangotes de borracha. O material que transborda das caixas de distribuição retornam por tubulações ao tanque de homogenizado, conforme figura 1.

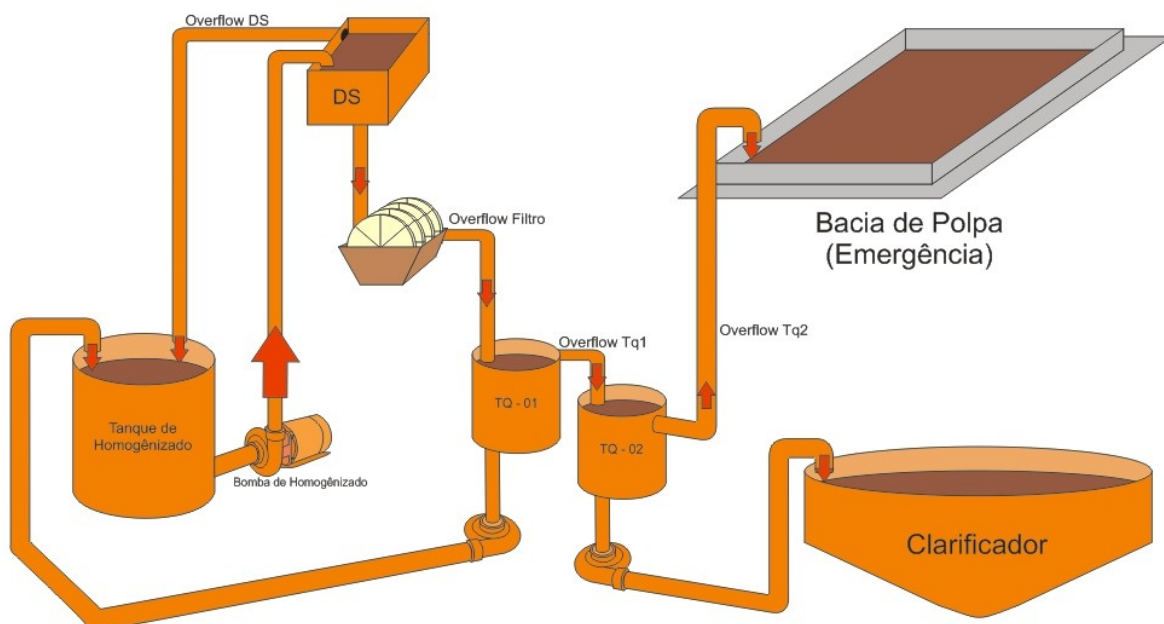


Figura 1 – Fluxo da polpa na área de filtragem.

O nível da polpa dentro das bacias dos filtros deve sempre se manter acima da tomada de vácuo dos setores filtrantes para que de nenhuma maneira seja sugado ar ao invés de polpa. Quando isso acontece, o desempenho do filtro fica comprometido, resultando numa menor produtividade e umidade. Além disso, a pressão de vácuo do conjunto cai podendo aumentar excessivamente a corrente das bombas de vácuo levando até o seu desarme. Caso o nível fique acima do ponto ideal o material irá transbordar para uma canaleta a qual direciona o fluxo a um tanque para que seja re-bombeado aos tanques de homogenizado e volte ao processo, figura 1. Como a condição de nível baixo é muito mais crítica ao processo do que a de nível alto, em caso de falha da malha de controle o modo de operação é colocado em manual com as válvulas abertas 100%.

Existem 2 destes tanques na área de filtração, e cada um recebe o transbordo de metade dos filtros existentes. Quando muitos filtros estão operando com um transbordo excessivo estes tanques acabam transbordando também. Esse transbordo por sua vez vai para um segundo tanque situado no piso que recebe, além da água filtrada separada dos sólidos no processo de filtração, o material transbordado dos primeiros reservatórios. Caso o nível deste tanque também suba demasiadamente existe um recurso para desviar o fluxo excedente à bacia de polpa. O desvio a bacia de polpa é o último recurso operacional possível e esta manobra é evitada, pois uma vez o material na bacia ele só retorna ao processo através de dragagem.

A sobrecarga do clarificador, que deveria receber apenas água resultante do processo de filtração, com polpa de minério resulta numa turbidez maior do material que é enviado a estação de tratamento de efluentes, resultando em maior consumo de insumos para tratamento deste efluente.

Para a medição de todos os níveis de reservatórios eram utilizados transmissores radar de onda livre. O nível das caixas é controlado através da variação de velocidade das bombas por inversores e o nível das bacias dos filtros por válvulas mangote (princípio de estrangulamento) acionadas por pistão pneumático.



Figura 1 - Válvula mangote com pistão de dupla ação



Figura 2 - Radar de onda livre inicialmente utilizado na medição de nível

2 METODOLOGIA E DISCUSSÃO

Uma vez que o problema em questão é bastante comum a várias outras empresas de mineração, foi feito um estudo tomando como base principalmente bibliografias sobre o assunto bastante consolidadas. Com essa bibliografia, foi feita então uma análise detalhada de cada componente da malha de controle levando em consideração as condições de processo e as características do material a ser medido e controlado.

As principais características identificadas do processo e da polpa de minério, que poderiam impactar o funcionamento dos equipamentos (válvulas, posicionadores, sensores de nível e controlador digital), foram: ambiente com muito pó em suspensão, muita corrosão por umidade e maresia, altíssima abrasividade da polpa, densidade variável, forte geração de espuma dependendo das condições de processo, material aderente as superfícies causando

incrustação, turbulência do fluido, espaço reduzido com muitos obstáculos dentro do filtro, erro máximo admissível de 1%.

As discussões e conclusões finais para cada elemento são detalhadas a seguir.

Válvulas

As válvulas utilizadas inicialmente para controlar o nível das bacias são válvulas do tipo mangote. Este princípio de funcionamento é adequado para líquidos abrasivos, porém o modelo da válvula com atuador pneumático de dupla ação apresenta uma grande vulnerabilidade. Em caso de dano ao elemento sensor de posição não é possível mais controlar a válvula. Uma possível solução seria utilizar atuadores de simples ação com retorno por mola, desta maneira em caso de dano ao elemento sensor ainda será possível manter o controle através da proporcionalidade existente entre a pressão aplicada e posição.

Outro problema é o retorno do mangote a sua posição original. Com o tempo o mangote vai se deformando e tende a não voltar mais para a posição 100% aberto. Para isso existe uma pequena alça de tecido que faz uma ligação entre o mangote e as pinças estranguladoras, porém este tecido em pouco tempo se rasgava.

A ambiente próximo ao mar também atacava as partes moveis expostas desta válvula e muitas travavam por excesso de corrosão.

Para contornar estes problemas foi escolhida para substituir a válvula mangote uma válvula diafragma com atuador pneumático com retorno por mola, muito mais robusto. Todos os internos da válvula que entram em contato com a polpa de minério são revestidos com borracha natural, material indicado para trabalhar com fluidos abrasivos e sólidos em suspensão.

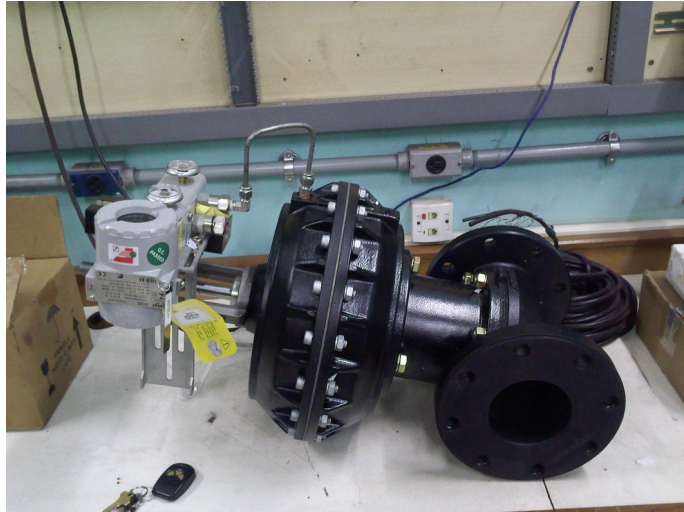


Figura 3 - Visão geral da válvula e posicionador

A válvula diafragma possui um tamanho bastante superior ao do tipo mangote com pistão, também é mais pesada porém apresenta aspectos construtivos que acreditamos ser mais adequados a aplicação e ao ambiente. Outra grande vantagem desta válvula é o preço, que por ser fabricada no Brasil tem um custo 3 vezes menor que a mangote importada.

Posicionadores

Os posicionadores que eram utilizados com a válvula mangote estavam adaptados a estas através de kits de posicionamento não adequados. Estes kits de posicionamento transferiam o movimento do atuador através de rótulas para um potenciômetro rotativo. O curso do atuador é linear e o sensor é rotativo, daí a necessidade de lançar mão de um sistema que transfira este movimento. O maior problema deste sistema é que em pouco tempo as partes móveis enferrujam, travam e se danificam durante a movimentação. Num curto intervalo de tempo já não era mais possível posicionar de maneira proporcional nenhuma das válvulas, estas só abriam ou fechavam totalmente devido a falha no sistema de posição que transmitia essa informação ao posicionador.



Figura 4 - Detalhe do sistema de transmissão de movimento para o sensor de posição

Para contornar este problema foi escolhido um posicionador com sensor de posição por efeito Hall. Este é um tipo de sensor sem contato e não possui partes móveis, assim mesmo que ocorra corrosão devido a maresia a medição de posição não será afetada.

Outra característica do posicionador que é bastante desejada e somente possível por a válvula ser de atuador de simples ação com retorno por mola é a possibilidade de continuar controlando a válvula mesmo que o sensor de posição se danifique. Neste caso o controle de posição deixará de ser em malha fechada para ser em malha aberta variando a pressão de ar apenas. Na prática o posicionador se comporta como um simples conversor I/P, porém consegue-se manter o controle do nível até ser realizada a troca dos componentes com problema.

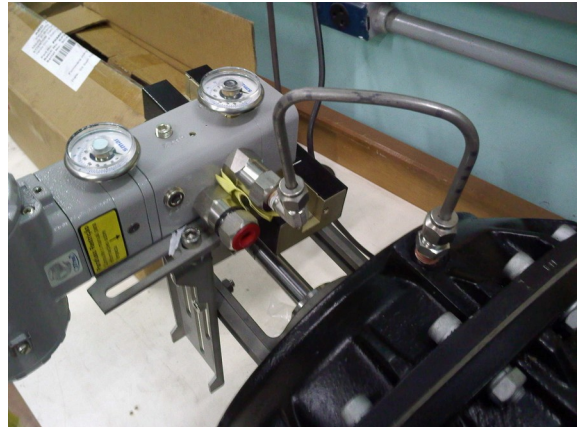


Figura 5 - Atuador de simples ação. Em caso de falha no sensor de posição o transmissor pode ser reconfigurado para funcionar como um I/P mantendo a modulação proporcional da válvula



Figura 6 - Sensor de posição sem contato, linear e sem transferência de movimento linear para rotativo como acontecia na outra válvula

Sensores de nível

Sem dúvida o maior desafio deste trabalho foi encontrar um sensor de nível que atenda a este processo. Os problemas para se medir adequadamente o nível da bacia dos filtros e das caixas de distribuição já foram anteriormente expostos.

De acordo com o livro *Instrument Engineers' Handbook - Process Measurement and Analysis* da ISA, os princípios de medição indicados para medição de lamas e polpa em geral são o Radar, laser, Capacitância/RF Admitância, Radar de onda guiada (TDR) e

medidores sônicos observando sempre a limitação de cada tecnologia para a aplicação particular.

Com base nesta indicação inicial buscou-se identificar as restrições de cada tecnologia para partimos para um teste piloto.

Radar

Foi o primeiro sensor a ser utilizado para esta aplicação. Apresenta problemas quando ocorre deposição de material sob o cone. Informação confirmada na literatura. Esta limitação foi realmente observada, os radares de onda livre funcionavam no máximo 5 dias antes de começar a apresentar erros de leitura devido a deposição de pó de minério sobre sua antena. Transmissores com este princípio foram então prontamente **descartados** devido ao ambiente de operação.

Laser

Este tipo de sensor foi o segundo a ser utilizado como uma alternativa ao radar. Devido à forma de instalação apresenta maior robustez que o radar. Também sofre de problemas quando ocorre deposição de poeira nas lentes. Uma correta instalação pode aumentar o tempo em que o sensor funcionará sem problemas. Porém ainda avaliamos que não é solução ideal por requerer manutenção freqüente. A espuma que pode ocorrer de modo intenso dependendo do tipo de material que chega da mina também interferia na leitura do laser. A incidência direta de luz solar nas caixas de distribuição que ficam ao ar livre também era um problema para o laser. Logo este sensor também foi **descartado**.

Radar de onda guiada

Como é possível verificar na figura abaixo, o radar de onda guiada requer um espaço livre de obstáculos num raio de 50 cm ao redor da haste. No local de instalação não se tem mais que 10 cm de espaço livre. Por este último motivo e pelo fato que a polpa de minério pode causar uma grande incrustação na haste de medição falseando o nível este tipo de sensor também foi **descartado**.

Área Livre

O primeiro passo é procurar manter uma área livre de qualquer obstáculo ao redor da sonda. O valor recomendável é de 500mm. Assim, os ruídos ao redor dela podem ser atenuados, e isso facilitará a escolha da melhor sensibilidade para aquele processo (Seção 3, item Maintenance, pág 3.7).

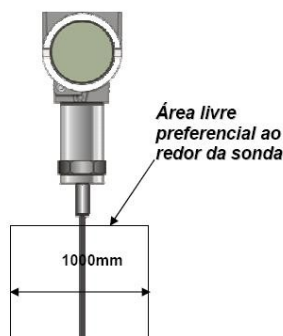


Figura 7 - Área livre necessária para utilização do radar. Fonte: Manual da SMAR.

Onda Acústica

Medidor precisa de um ângulo de abertura de 6°. Zona morta de 1,5 m, e o spam de operação é de 1,20m. Portanto precisará de aproximadamente 60 cm de diâmetro livre dentro do filtro. Não existe essa disponibilidade de espaço[6]. **Descartado.**

Ultra-sônico

Presença de poeira degrada a performance (Instrument Engineer's Handbook – ISA, pg. 409). A experiência interna da Samarco mostra também que este medidor costuma “perder o eco” em algumas situações e entrar em *badquality*. **Descartado.**

Capacitivos/RF Admitância

Estes sensores, principalmente o RF Admitância, conseguem rejeitar a incrustação de material na haste. Esta incrustação pode ser minimizada utilizando hastes de teflon também. O nível de rejeição vai depender da condutividade do líquido e do tamanho da haste (quanto maior, mais rejeição). Devido a estas características passa a ser um bom candidato ao transmissor ideal para esta aplicação.

| Technology | Max. Temp. °F [C] | Non-Contact Possible | Accuracy-%Span | Waterlike Liquids | | | Coating Liquids | | | Foams | | Comments/Precautions | \$500-1000 | \$1000-2500 | Over \$2500 |
|----------------|-------------------|----------------------|----------------|-------------------|------------|-----------|-----------------|------------|------------------|--------------|--------------|---|------------|-------------|-------------|
| | | | | Conducting | Insulating | Interface | Conducting | Insulating | Aqueous Slurries | Aqueous Foam | Organic Foam | | | | |
| Air Bubblers | UL | | 0.5-1# | E | E | NA | F | F | NA | IG | IG | High maintenance, Requires high reliability gas supply. | ✓ | ✓ | |
| Capacitance/RF | 2,000 [1100] | | 0.5-3 | E | E/F | E | NA/E | F/E | NA/E | ME | IG/ME | Interface between conductive layers or liquid/solid interface doesn't work. Highly conductive coatings with short probes are a problem. | ✓ | ✓ | ✓ |

Figura 8 - Quadro retirado do livro instrument engineer's handbook da ISA.

Foram testados e aprovados para utilização 2 transmissores de 2 fabricantes. O primeiro possui uma haste de Kynar altamente resistente a abrasão e funciona com o princípio RF Admitância e o segundo também aprovado é um sensor capacitivo com haste de Teflon. O transmissor RF Admitância foi instalado em um filtro e funcionou normalmente sem necessidade de recalibração, manutenção ou limpeza desde o momento de sua instalação (até o momento da escrita deste artigo já faz 13 meses). O transmissor capacitivo foi instalado nas duas caixas de distribuição também operando normalmente desde a data da instalação.



Figura 9 – Transmissor instalado no filtro



Figura 11 - Haste de medição inserida na caixa de distribuição. Nota-se a formação de espuma.



Figura 10 - Condição da eletrônica do transmissor na área.

Controlador PID

Em relação aos controladores PID foram feitos dois ajustes distintos. Para as caixas de distribuição o controlador foi ajustado para uma sintonia de nível pulmão já nas bacias dos filtros foram ajustados para nível setpoint via método lambda. Para isso, foi realizado o processo normal de identificação por aplicação de degrau em ambos os casos e sintonizados os controladores.

3 RESULTADOS

Depois de todas as válvulas substituídas, sensores de nível instalados e malhas sintonizadas o maior ganho do projeto foi na redução do desperdício de energia elétrica deixando de recircular material desnecessariamente. O gráfico a seguir mostra a economia em reais quando uma caixa de distribuição de polpa está funcionando em automático. A conta é feita levando em consideração a diferença de energia elétrica gasta entre o funcionamento em manual (quando as bombas operavam a 100%) e o funcionamento em automático (quando as bombas são moduladas pelo inversor).

É possível ver pelo gráfico que a economia em 12 horas de funcionamento foi de aproximadamente 220 reais. Como o conjunto opera 24h/dia 355 dias no ano, e tempos duas caixas de distribuição então a economia chega a R\$ 312.400,00/ano.

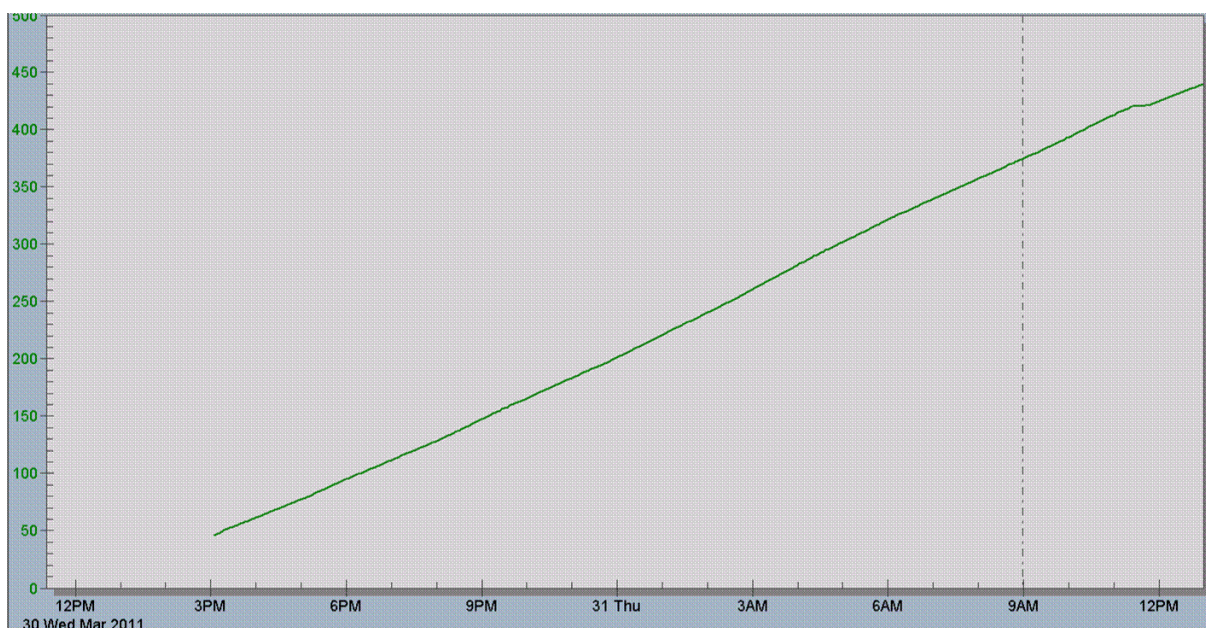


Figura 12 - Economia acumulada em Reais

Deve-se ressaltar ainda, que além dos ganhos em energia elétrica existem ganhos com a redução dos insumos para tratamento de efluentes, redução das perdas para a bacia que no momento são difíceis de mensurar.

4 CONCLUSÃO

O trabalho mostrou que existem grandes oportunidades de melhoria de processo com desenvolvimentos voltados para a área de instrumentação. A correta especificação dos ativos envolvidos no controle regulatório de nível das caixas de distribuição trouxe uma redução significativa no consumo de energia elétrica dos motores responsáveis pelo transporte de polpa.

Além dos ganhos diretos, outros ganhos devem ser citados. A redução da variabilidade do nível das caixas, um volume menor de água enviada ao processo de tratamento de efluentes, e maior disponibilidade operacional são alguns exemplos. Com a operação em modo “Automático” o desempenho dos controladores melhorou.

Outras áreas da unidade industrial da Samarco podem ser beneficiadas com as tecnologias de instrumentação testadas no trabalho.

Este projeto evidenciou que ainda existem muitas oportunidades de melhoria na área de instrumentação a serem estudadas na indústria de mineração.

REFERÊNCIAS

- 1 EMERSON, DeltaV Books Oline 10.3: Copyright © 1994-2009, Fisher-Rosemount Systems, Inc. All Rights Reserved.
- 2 Blevins, Terrence, *Advanced Control Unleashed: Plant Performance Management for Optimum Benefit*, Research Triangle Park, ISA – The International Society of Automation
- 3 SMAR, Manual do transmissor RD400
- 4 BELA, G. Lipták: *Instrument engineers handbook*, ISA
- 5 MS Instrumentos, Manual do transmissor de nível por ondas acústicas