

ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA ESTRUTURAS DE CONTROLE PARA CENTROS DE RESERVAÇÕES NA RMSP

Wagner Garcia Ginez

Administrador pela Universidade Paulista UNIP (2002), Pós-Graduado em Comércio Exterior e Relações Econômicas Internacional pela Fundação Getúlio Vargas (2003), Pós Graduado em Relações Econômicas Internacional pela Universidade Mackenzie (2004), Pós Graduado em Gestão e Aperfeiçoamento de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Santa Catarina UFSC (2009), Pós-Graduando em Gestão Pública pela (UMC 2011/2012') Encarregado do Centro de Controle Operacional (Sabesp) CCO, desde 1992, com experiência nas áreas de Planejamento, Controle, Projetos e Operação do Sistema Adutor Metropolitano da Região Metropolitana de São Paulo.

Endereço: Rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros – São Paulo /SP - CEP: 05429-900 - Brasil –
Tel. + 55 (11) 3388-8180 - e-mail: wgginez@sabesp.com.br, wginez@bol.com.br

Marcos Rogério de Araujo

Engenheiro Mecânico pela Universidade de São Paulo – USP (1991), Pós-Graduado em Gestão de Manutenção pela Faculdade de Engenharia Industrial-FEI (2002), MBA em Gestão de Projetos pelo Instituto Mauá de Tecnologia (2009), Engenheiro na Gestão de Projetos na unidade de Manutenção da MME (Sabesp) Guarapiranga.

Endereço: Rua José Rafaelli nº 284, Vila Mara – São Paulo /SP - CEP: 04763-280- Brasil –
Tel. + 55 (11) 56833130 - e-mail: maraujo@sabesp.com.br

Renato Sousa Avila

Tecnólogo Mecânico em Processos de Produção Formado pela FATEC-SP (1997)
Especialidade Profissional: mecânica dos Fluidos atuando a 15 anos no controle de perdas e modelagem hidráulica na unidade de negócio de Produção de Água da Sabesp.

Endereço: Rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros – São Paulo /SP - CEP: 05429-900 - Brasil –
Tel. + 55 (11) 3388-9592 - e-mail: renatosavila@sabesp.com.br, renatosavila@gmail.com

Lourival Ferreira Aposto

Tecnólogo em Redes de Computadores pela Faculdade Flamingo - SP (2009)
Pós-Graduado em Gestão de Tecnologia da Informação pela Faculdade Flamingo - SP (2010)
Encarregado de Manutenção no segmento Automação e Controle.

Endereço: Rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros – São Paulo /SP - CEP: 05429-900 - Brasil –
Tel. + 55 (11) 3388-8710 - e-mail: laposto@sabesp.com.br, lfaposto@gmail.com

RESUMO

O Sistema Adutor Metropolitano – SAM (Sistema Integrado) contém (8) oito estações de tratamento de água (ETA's), 1.270 km de adutoras, 137 centros de reservação, 134 estruturas de controle "válvulas telecomandas", 52 torres, 98 estações elevatórias, 24 boosters e cerca de 26.000 km de redes de distribuição. O presente trabalho visa mostrar a complexidade de operação do sistema adutor no seu gerenciamento de vazões que são diretamente distribuídas para os centros de reservação e sua efetividade de controle, e com objetivo de eliminar os grandes rompimentos nas adutoras em função de transitórios que são provocados pelo fechamento e ou abertura de válvulas que inesperadamente não atendem aos comandos solicitados e bruscamente efetuavam a fechamentos abruptos, causando sérias ocorrências para o sistema Adutor. A partir deste histórico de registros foi efetuada uma busca por equipamentos capaz de atender esta necessidade a nível mundial, com os melhores fabricantes e com a melhor tecnologia eletrônica de mercado agregada ao equipamento para o seu respectivo controle, envolvendo assim os setores de engenharia, manutenção, qualificação, profissionais de mercado e sua especificidade para cada tipo de aplicação para o sistema adutor metropolitano.

PALAVRAS-CHAVE: Reservações, Estrutura de Controle, válvulas, Sistema Adutor Metropolitano, Abastecimento de Água, Engenharia, desenvolvimento tecnológico.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	3
2- OBJETIVO	4
3- HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO SISTEMA ADUTOR METROPOLITANO..	4
4- CONCEITO DE ESTUTURA DE CONTROLE.....	6
5- ANÁLISES E ESTUDOS DE ENGENHARIA PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONTROLE	10
6- ANÁLISE CRITICA DAS INSTALAÇÕES	14
7- EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PARA ESTRUTURAS DE CONTROLE	15
8- EFETIVIDADE DE CONTROLE DE VAZÕES EM CENTRO DE RESERVAÇÕES DA RMSP	18
9- ANÁLISE PARA SUBSTITUIÇÃO E INTERVEÇÕES DAS ESTRUTURAS DE CONTROLE	21
10-CONCLUSÃO	24

1- INTRODUÇÃO

A administração dos serviços de água da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP abriga uma população estimada em cerca de 20 milhões de habitantes, distribuída por 39 municípios. Destes municípios, (30) trinta são atendidos pelos (8) oito sistemas produtores que formam o Sistema Integrado. Dos municípios citados apenas (6) seis possuem serviços autônomos de distribuição de água, mas não contam com produção própria de água potável e, portanto, compram água por atacado da Sabesp.

O Sistema Adutor Metropolitano – SAM (Sistema Integrado) compreende um complexo de (8) oito estações de tratamento de água (ETA's), 1.270 km de adutoras, 137 centros de reservação, 134 estruturas de controle “válvulas telecomandas” 52 torres, 98 estações elevatórias, 24 boosters e cerca de 26.000 km de redes de distribuição que gerenciado pelo SCOA (Sistema de Controle Operacional do Abastecimento e com operações continua e em tempo real nas operações de abertura e ou fechamento de válvulas com o respectivo controle de vazão e também no gerenciamento de: liga e desliga de estações elevatórias e boosters e no controle de níveis dos reservatórios, pressão do sistema adutor e o controle das medições volumétricas por sistemas produtores e distribuidores, além de ter uma influencia direta em outros sistemas tais como; pluviometria, temperatura e níveis de mananciais que compõem o Sistema Integrado Metropolitano – SIM de São Paulo.), conforme visto na figura 1.

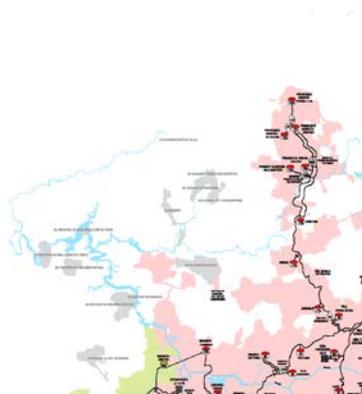


FIGURA 1 (SISTEMA INTEGRADO METROLOLITANO SIM)

2- OBJETIVO

Este trabalho visa demonstrar as novas tecnologias de mercado para estruturas de controle de vazão, bem como a sua eficiência e segurança para o sistema adutor no controle de fluxos de água para os centros de reservas da RMSP e em aéreas equidistantes e com grau de complexidade operacional de risco.

A estrutura de controle é uma das mais importantes peças no complexo de controle que determina o balanço de vazão entre os sistemas e a sua respectiva distribuição de vazão em função da demanda, seja ela por sistema ou por setores ou zonas de abastecimento, sendo composta por uma série de equipamentos conjugados que se faz necessário para o monitoramento contínuo da vazão com comandos de abertura e ou fechamentos do fluxo de água para o ponto desejado “reservatório e ou Manobra do sistema Integrado do SAM – Sistema Adutor Metropolitano”, sem causar efeitos de transitórios hidráulicos nas adutoras, conforme figura 2

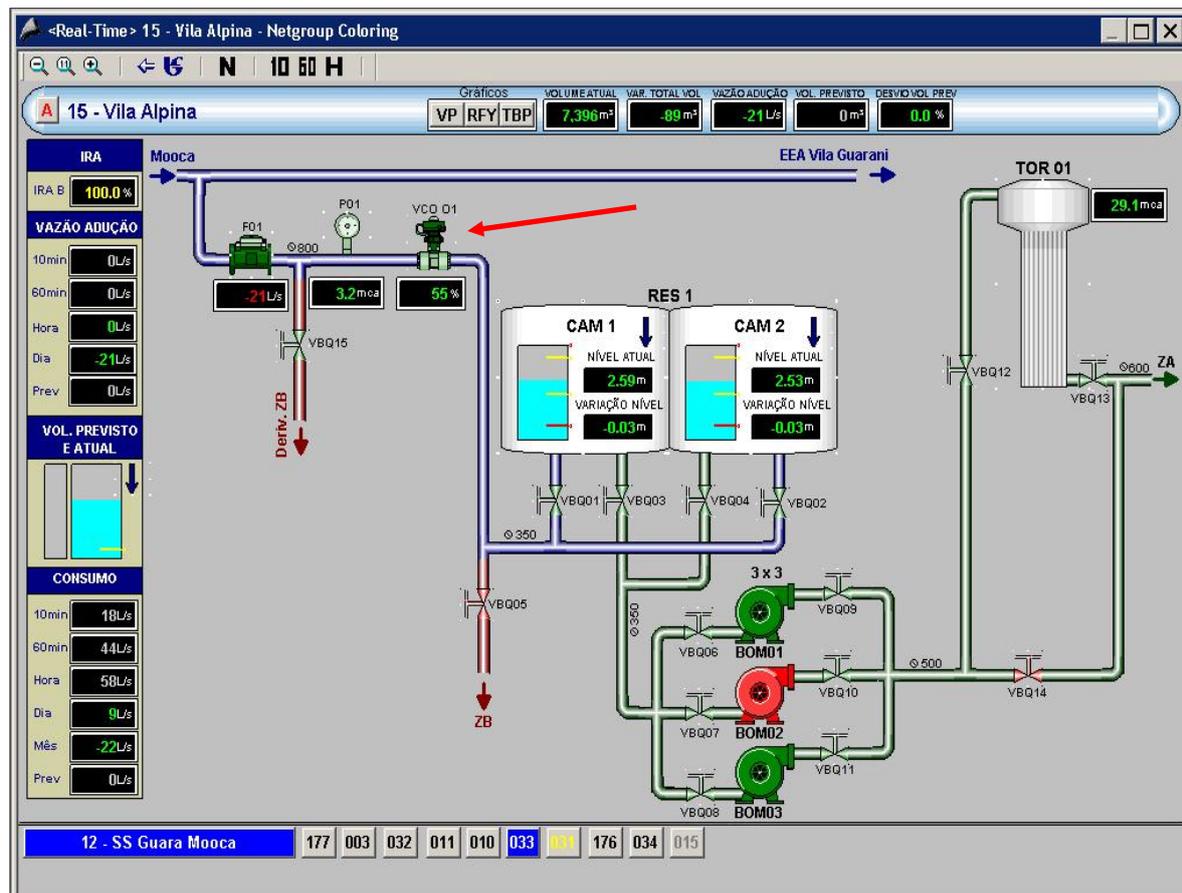


Figura 2

3- HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO SISTEMA ADUTOR METROPOLITANO

O início do abastecimento da cidade de São Paulo que se tem datado foi à construção do 1º primeiro chafariz em 1744, conforme figura 3 e 1746 foram construídas pequenas adutoras para abastecer os conventos de Santa Tereza e o Bairro da Luz, em 1842 foi elaborado o 1º primeiro projeto de adução e distribuição de água para cidade de São Paulo que até então era abastecidos somente por chafariz público.



Figura 3

No século XIX foram desenvolvidos grandes projetos hidráulicos de sistemas adutores para o atendimento da demanda populacional da cidade de São Paulo que crescia de forma exponencial e desta forma a concepção do sistema adutor metropolitano foi sendo desenvolvida para um controle macro para cada sistema e se integrando à medida que foi sendo ampliado e com um gerenciamento sempre focado nas principais alças das adutoras de transporte e com o controle efetivo de vazão para cada sistema distribuidor e sendo definidos por parâmetros operacionais pelo setor de engenharia à medida que se integrava novos sistemas ao existente e para cada ponto de controle seja ela válvula telecomandada, estação elevatória, booster, nível de reservatório, pressão das adutoras e as respectivas medições de vazões por tramo adutor de entrega, Operar um sistema adutor consiste em compatibilizar a cada instante o equilíbrio ideal de transferência de vazões e pressões no sistema e de acordo com cada sistema de produção definido pelas Estações de Tratamento de água que fornecem água para o tramos adutor e são controlados pelas estruturas de controle de cada centro de reservação e por transferência de elevatória existente no sistema de maneira a atender o consumo de água, durante um dado período e evitando-se com isso extravasamentos e ou baixos níveis que ocasionem faltas d'águas com a devida segurança e qualidade no atendimento da população, estas estruturas de controle hoje estão parametrizadas para evitar transitórios hidráulicos no sistema bem como facilitar a operação via controle entre os sistemas, conforme figura 3.1 a seguir mostra as interfaces do processo Adução e Entrega.

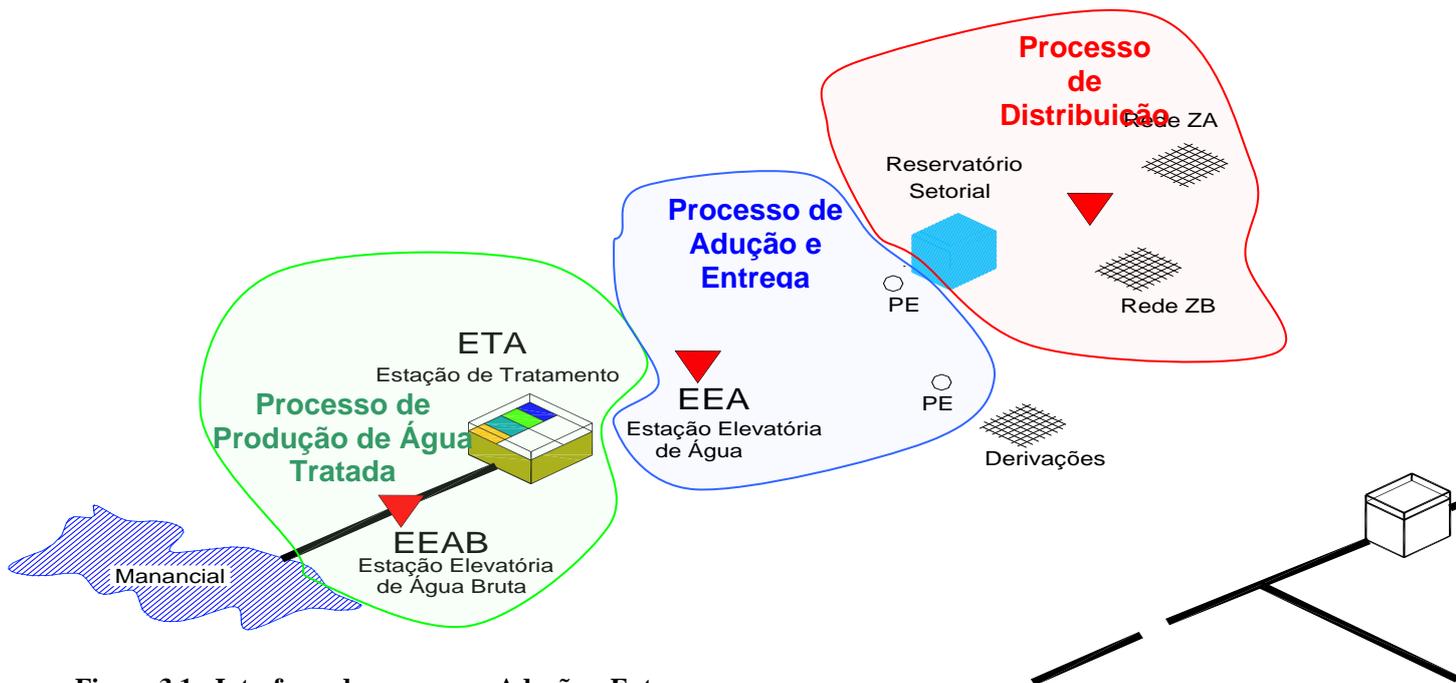


Figura 3.1 - Interfaces dos processos Adução e Entrega

4- CONCEITOS DE ESTRUTURA DE CONTROLE

A estrutura de controle compreende um conjunto de equipamentos para sua funcionalidade e a que se destina e na concepção de controle específico para vazão através de válvula telecomandada seja ela em local ou à distância, na estrutura de controle dispomos de (2) dois pontos de controle de pressão um de montante e outro de jusante, um medidor de vazão, by-pass e válvula de controle, seja estrutura de acionamento por processos hidropneumático e ou elétrico e toda infraestrutura de automação e instrumentação para comando de abertura e fechamento.

O conceito de estrutura de controle visa na maioria dos casos controlar vazões de um sistema para outro sistema quando estão integrados e na sua individualidade por centro de reservação que necessitam de uma maior segurança operacional que são determinados através do cálculo de folga entre o limite operacional máximo e a bóia de extravasamento determinado pela equação

$$AH = V \times T;$$

Donde: ΔH = Folga de Segurança

V= Velocidade de subida da lamina D'água

T= Tempo

Ti+Trec+Tfec x P(%) = Tempo de reconhecimento do alarme (Trec) somado ao tempo de fechamento da válvula de controle (Tfec), proporcional à sua abertura(P)

O intervalo de tempo entre o reconhecimento do alarme de limite alto e o início da atuação da válvula em sistemas operados pela Sabesp na RMSP esta determinada em um tempo de 7"5", conforme mostra a figura 4

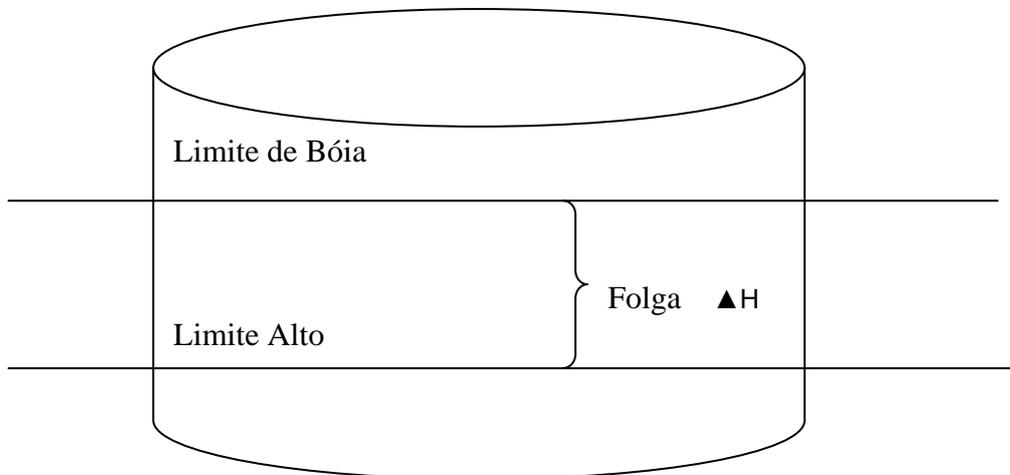


Figura 4

$$VS = Na 2 - Na 1 / \Delta$$

Cálculo da velocidade de subida do nível D'água

Para determinação da folga utilizam-se dois critérios:

- Critério de velocidade: A folga é calculada com base nos gráficos de freqüência de velocidades e das posições de válvula de controle
- Critério de altura: Para cada velocidade é observada a posição de abertura da válvula de controle e é calculado a folga necessário.

$$\text{Folga } (\Delta H) = (Trec + [Tfec \times P(\%)]) \times Vsub$$

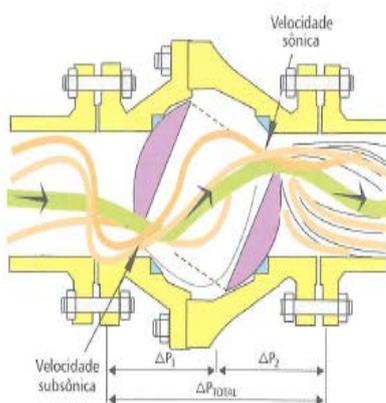
4.1 Tipos de Válvulas de Controle Instaladas

Destinam-se a abrir/fechar/regular a passagem de água pelas tubulações, podem ser instalados em locais distantes das linhas e ha diversos tipos de válvula controle. A definição de válvula e o tipo de válvula são em função do fim a que se destina: Freqüência de uso, forma de acionamento, localização de acesso, pressão da linha, diâmetro nominal, vazão desejada e seu respectivo custo.

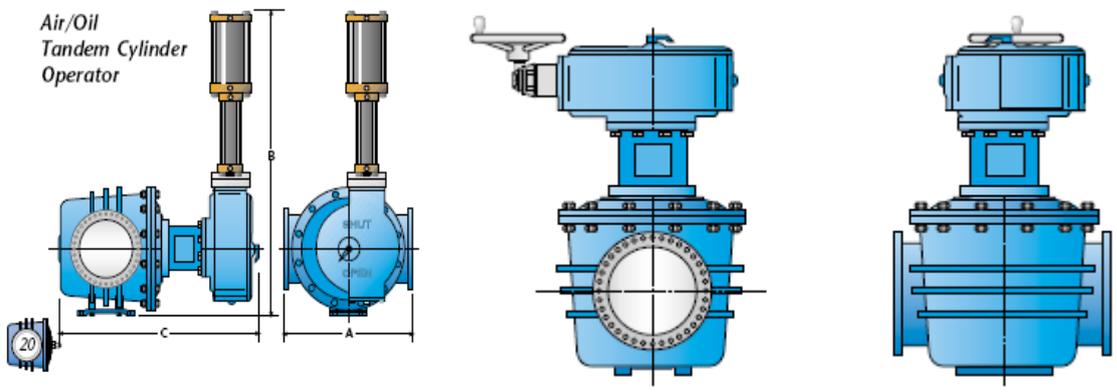
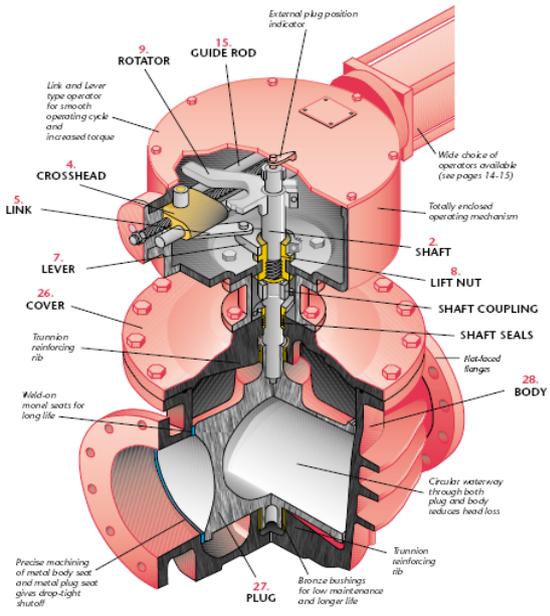
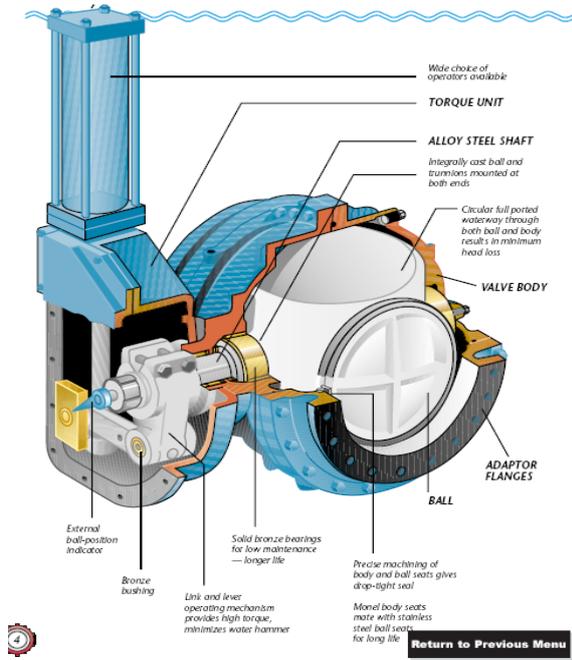
Válvula Borboleta



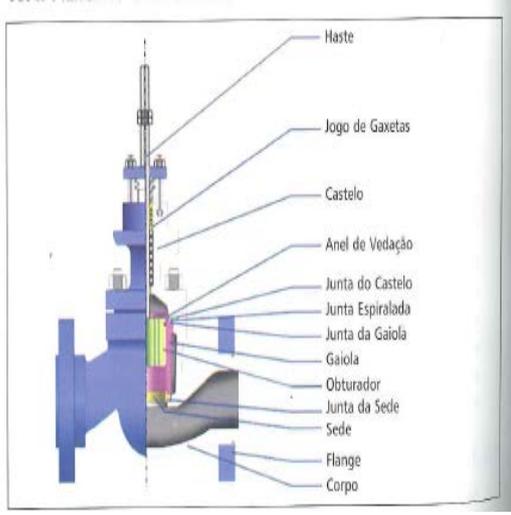
Válvula Esférica



Rotóválvula



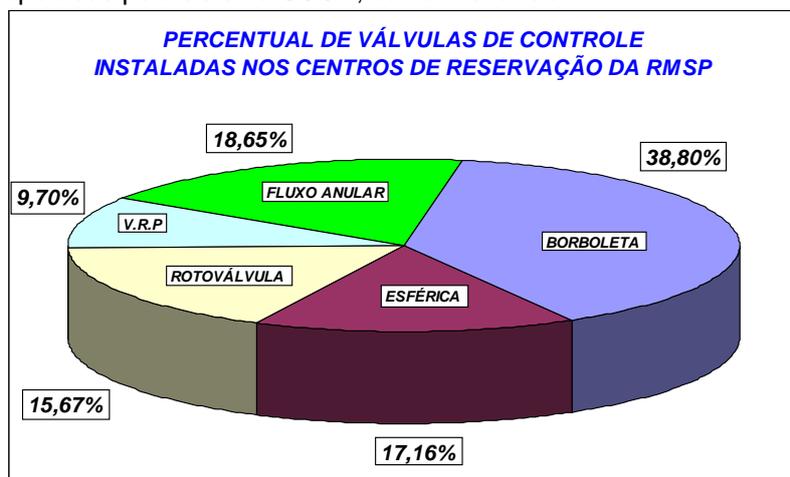
Válvula Auto Operada – V . R . P



Válvula Multijato “Fluxo Anular”



No sistema adutor metropolitano da RMSP temos as respectivas válvulas de controle instaladas e operadas pelo sistema SCOA, conforme tabela 1



Válvulas	Quantidade	Porcentagem
Borboletas	52	38,80%
Rotoválvulas	21	15,67%
Esférica	23	17,18%
VRP	13	9,70%
Fluxo Anular	25	18,65%
total	134	100%

Substituída	Quantidade
Borboleta	11
Esférica	4
Rotoválvula	5
V.R.P	5
Total	25

Válvulas	Quantidade	Porcentagem
Fluxo Anular	25	21,19%

Tabela 1

5- ANÁLISES E ESTUDOS DE ENGENHARIA PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONTROLE

Para abrir/fechar/regular a passagem de água pelas tubulações é necessária a implantação de uma estrutura de controle, onde as válvulas de controle geram em uma parte do sistema uma perda de carga localizada capaz de modular a vazão desde uma vazão zero até uma vazão de esgotamento. A frequência de uso está relacionada ao consumo do setor abastecido e da capacidade de reservação.

Para o dimensionamento desta estruturas de controle tem-se de analisar as condições de operação desta válvula em modelo de simulação hidráulica, além da controlabilidade, cavitação e transiente hidráulico.

A partir do modelo calibrado simula-se a abertura da válvula desde seu total fechamento até seu esgotamento registrando a perda de carga necessária para cada vazão registrada, observando as pressões de montante e jusante à estrutura de controle.

Abaixo tabela 2 está o resultado da simulação de uma estrutura de controle fictícia.

Resultados da modelagem				
Ponto	Q (l/s)	Hm (mca)	Hj (mca)	ΔH (mca)
1	0	47,7	7,4	40,3
2	100	44,2	7,4	36,8
3	200	40,5	7,4	33,1
4	300	36,4	7,4	29
5	400	32,3	7,4	24,9
6	500	27,9	7,4	20,5
7	600	23,1	7,4	15,7
8	700	18,2	7,4	10,8
9	800	13	7,4	5,6
10	900	9,6	7,4	2,2
11	981	7,4	7,4	0

Tabela .2

Posteriormente analisam-se os diversos modelos de cesto da válvula para certa gama de diâmetros, calibrando-se as perdas de carga distribuídas à montante e a jusante da válvula, de modo a encontrar uma combinação que se aproxime dos resultados do modelo hidráulico, sem que ocorra cavitação erosiva e com uma controlabilidade satisfatória.

A seguir podemos conferir nos resultados do programa de simulação "USECAD" da VAG uma válvula que se aproxima dos resultados da modelagem com uma controlabilidade razoável sem a ocorrência de cavitação erosiva.

UseCAD-Control

File

RKV Control Valve

Input | Flow Capacity | Cavitation | Zeta Curve | Kv Curve | Tech. info - sheet | Project

Pressure rate, PN: 10

Nominal Valve Diameter, DN: 700

Type: Standard

RKV Outlet Type: SZ 40

Static upstream pressure: 47,40 mWC

Static downstream pressure: 7,40 mWC

Pipe diameter upstream side: 700

Zeta value pipe upstream side: 150,00 Calculation

Pipe diameter downstream side: 700

Zeta value pipe downstream side: 0,00 Calculation

RKV CONTROL VALVE

System properties

Regulation with constant pressure

Tank to Tank, Outflow Upper Waterlevel

Altitude: 0 - 1000 m

Bypass Valve

Bypass Valve Diameter DN: Calculation

Zeta value of bypass pipe: 0,00 Calculation

Flowrate Maximum: 812,47 l/s

Calculated Data | Image of valve | Calculation valve throttling

Open[%]	Zeta Valve	Kv Valve	Zeta All	v(m/s)	Q(m ³ /s)	Q(l/s)	Upstream P.(mWC)	Downstream P.(mWC)	Delta P(mWC)	Sigma pipe	Sigma full Cav.	Sigma beg. Cav.	Q Corr.
10	256	4597	0,413	0,159	159	46,1	7,4	38,7	0,419	0,108	0,162		
20	568	1056	0,862	0,332	332	41,7	7,4	34,3	0,472	0,144	0,216		
30	906	508	1,2	0,478	478	35,6	7,4	28,2	0,573	0,245	0,367		
40	1261	336	1,5	0,587	587	29,6	7,4	22,2	0,726	0,331	0,497		
50	1630	263	1,7	0,664	664	24,6	7,4	17,2	0,933	0,418	0,626		
60	2010	225	1,9	0,717	717	20,8	7,4	13,4	1,2	0,490	0,734		
70	2399	203	2,0	0,754	754	18,1	7,4	10,7	1,5	0,569	0,853		
80	2797	190	2,0	0,780	780	16,0	7,4	8,6	1,8	0,626	0,940		
90	3203	181	2,1	0,799	799	14,5	7,4	7,1	2,2	0,691	1,0		
100	3616	175	2,1	0,812	812	13,3	7,4	5,9	2,6	0,720	1,1		

Resultados da modelagem

Ponto	Q (l/s)	Hm (mca)	Hj (mca)	ΔH (mca)
1	0	47,7	7,4	40,3
2	100	44,2	7,4	36,8
3	200	40,5	7,4	33,1
4	300	36,4	7,4	29,0
5	400	32,3	7,4	24,9
6	500	27,9	7,4	20,5
7	600	23,1	7,4	15,7
8	700	18,2	7,4	10,8
9	800	13,0	7,4	5,6
10	900	9,6	7,4	2,2
11	981	7,4	7,4	0

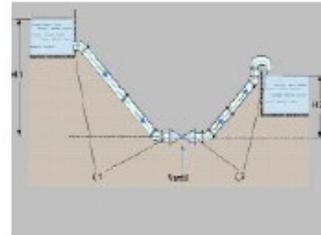
Pode-se observar também que não existe cavitação no gráfico a seguir.

RKV Control Valve - Cavitation curve

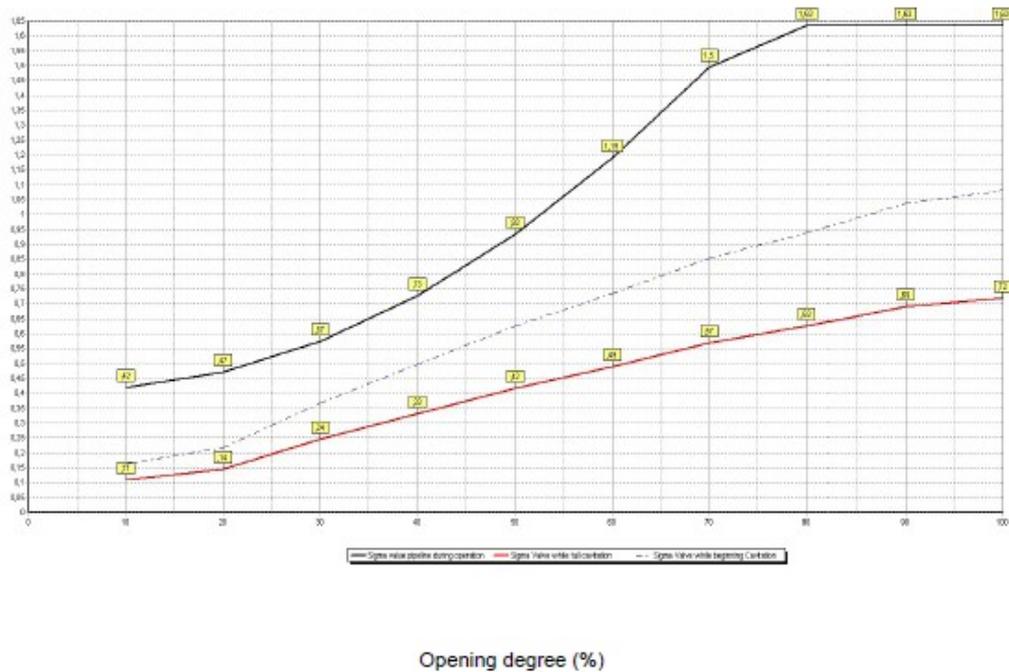


Project Name:	Projeto ET 2012
Project Note:	
Project Date:	09/03/12
User Name:	Renato
Pressure rate, PN:	10
Nominal Valve Diameter, DN:	700
RKV Outlet Type:	SZ 40
System properties	Regulation with constant pressure-Tank to Tank, Outflow Upper Waterlevel
Static upstream pressure:	47,40 mWC
Static downstream pressure:	7,40 mWC
Pipe diameter upstream side:	700
Zeta value pipe upstream side:	150,00
Pipe diameter downstream side:	700
Zeta value pipe downstream side:	0,00
Flow Qmin:	0,00 l/s - 0%
Flow Qmax:	0,00 l/s - 0%
Altitude:	0 - 1000 m
Flowrate Maximum:	812,47 l/s

Type of regulation



Cavitation diagram



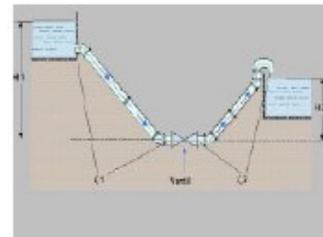
Podemos observar também que a controlabilidade é boa para a faixa de operação que a válvula deve operar.

RKV Control Valve - Flow diagram

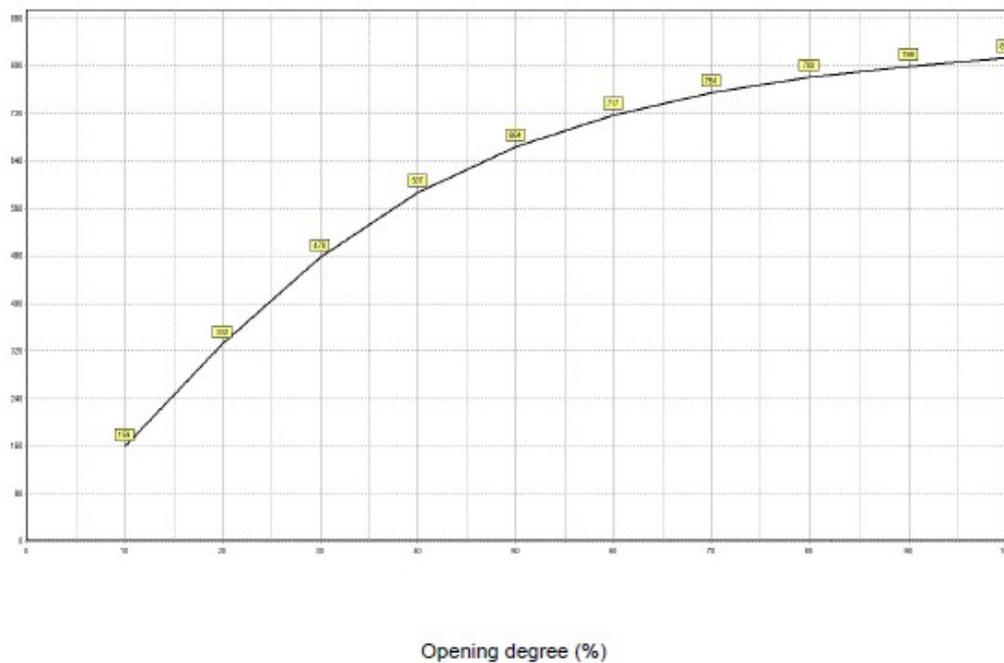


Project Name: Projeto ET 2012
 Project Note:
 Project Date: 09/03/12
 User Name: Renato
 Pressure rate, PN: 10
 Nominal Valve Diameter, DN: 700
 RKV Outlet Type: SZ 40
 System properties: Regulation with constant pressure-Tank to Tank, Outflow Upper Waterlevel
 Static upstream pressure: 47,40 mWC
 Static downstream pressure: 7,40 mWC
 Pipe diameter upstream side: 700
 Zeta value pipe upstream side: 150,00
 Pipe diameter downstream side: 700
 Zeta value pipe downstream side: 0,00
 Flow Qmin: 0,00 l/s - 0%
 Flow Qmax: 0,00 l/s - 0%
 Altitude: 0 - 1000 m
 Flowrate Maximum: 812,47 l/s

Type of regulation



Capacity in l/s



Pode-se concluir que a válvula selecionada atende bem as necessidades do sistema de abastecimento em questão. Vale salientar que qualquer válvula instalada deve propiciar um fechamento lento de modo a se evitar os transientes hidráulicos.

6- ANÁLISE CRÍTICA DAS INSTALAÇÕES

A metodologia empregada para a análise das instalações está baseada na

- Coleta de informações;
- Análise e classificação do(s) modo(s) de falha(s);
- Análise da criticidade da instalação;
- Proposta de atividade para solucionar a causa raiz ou mitigar o problema;
- Simulação hidráulica da proposta;
- Elaboração do orçamento estimativo para implantação da proposta;
- Elaboração da matriz para tomada de decisão;
- Detalhamento dos projetos conforme a priorização da matriz;
- Elaboração das especificações técnicas;
- Licitação dos equipamentos e serviços;
- Execução dos serviços;
- Testes de recebimento e treinamentos.

A coleta das informações é feita através dos relatórios de atendimento e dos relatórios de testes programados onde constam os registros das eventuais anomalias. Dependendo da gravidade, a manutenção corretiva é acionada para restabelecer o funcionamento do sistema, ainda que a causa raiz não tenha sido descoberta.

Com as informações dos relatórios é feita uma análise crítica e é verificada a causa raiz do problema. Em geral os problemas encontrados em válvulas de controle na Sabesp são:

- Desgaste dos componentes de acionamento;
- Vibração excessiva;
- Cavitação excessiva;
- Ruído excessivo;
- Travamento do obturador;
- Falta de precisão no posicionamento do obturador.

As causas destes problemas estão associadas com:

- Tempo de operação do equipamento;
- Operação fora das condições de projeto;
- Mudança nas características hidráulicas do sistema;
- Aplicação não adequada do equipamento para a função requerida;
- Dificuldade de reposição de peças originais devido à obsolescência;
- Presença de elementos sólidos na linha.

As instalações podem ser classificadas conforma a sua criticidade em função de diversos parâmetros. Com isso pode ser elaborada a lista de prioridade de atendimento se houver mais de uma situação disputando algum recurso. Os parâmetros para avaliação podem ser:

- Vazão aduzida;
- Presença de instalações sensíveis como hospitais e escolas;
- Função estratégica do reservatório para o sistema de abastecimento;
- Flexibilidade de abastecimento do setor envolvido;
- Segurança do trabalho;
- Riscos operacionais (extravasamentos e rompimentos);
- Outros.

A avaliação deve passar pela análise de diversos especialistas em manutenção, adução e distribuição e então fechar um consenso nos pesos de cada parâmetro. Para complicar a análise deve ser ressaltado que o contexto é dinâmico e os pesos podem variar de um período para outro.

A proposta para solução de um problema pode ser:

- Ajuste de parâmetros do acionamento (por exemplo, pressão do ar, velocidade de fechamento ou abertura, etc.);
- Manutenção corretiva;
- Substituição de um acionamento;
- Substituição da válvula por outra igual;
- Substituição da válvula por outra válvula com características diferentes.

A última solução implica em um estudo envolvendo a simulação hidráulica para as condições atual e futura, sendo material necessário para a elaboração da especificação técnica para aquisição do novo equipamento. Assim deve ser feita uma modelagem que considere os diversos cenários de abastecimento tanto do reservatório local como do tramo onde está inserido o mesmo, Eventualmente poderá resultar em uma modernização com várias etapas. Os principais parâmetros de análise são vazão, pressão, tempos de acionamento (abertura e fechamento), cavitação e ruído. Com o tipo de solução pode ser elaborado um orçamento estimativo, que tem por finalidade ajudar na tomada de decisão na condição em que várias instalações necessitem de intervenção, ainda mais quando houver necessidade de contratações. Por vezes uma solução que exija poucos recursos pode ser imediatamente implantada reduzindo a carteira de pendências. Outro ponto é a melhoria da gestão de recursos com a programação de despesa ou investimento.

A matriz de decisão é um quadro de suma importância para definir a estratégia de se restabelecer um sistema com problemas. A visualização dos diversos locais com as informações de custo e criticidade devem indicar estratégia de solução dos problemas quando há restrições orçamentárias e deixa claro para todas as partes que existe um critério lógico para as escolhas a serem feitas.

Com a lista de instalações, é necessária a elaboração dos projetos executivos e elaboração de listas de materiais e serviços a serem contratados. Os processos licitatórios devem contar com o auxílio dos técnicos e engenheiros no suporte da análise técnica das propostas dos equipamentos para garantir prazos, custos e a qualidade necessários.

A execução dos serviços também deve ser acompanhada, uma vez que existe a possibilidade de cadastros imperfeitos. Isso pode requerer ajustes nos projetos e até eventualmente mudança de escopo de um contrato, que nem sempre é possível devido às implicações.

Com a instalação pronta o comissionamento deve ser feito para validar os parâmetros inicialmente utilizados. Caso haja introdução de nova tecnologia, um treinamento deve ser feito para as equipes de manutenção e operação, não somente da válvula, mas dos equipamentos auxiliares da mesma.

7- EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PARA ESTRUTURAS DE CONTROLE

O sistema de abastecimento era controlado manualmente utilizando em campo homens para operacionalizar e registrar as variáveis de cada processo tais como: níveis, estado de funcionamento e ou abertura e fechamento de válvulas e as informações eram transmitidas via rádio para o operador que as repassavam aos engenheiros e aos técnicos para o acompanhamento do sistema, com a evolução tecnológica no segmento automação e controle a estrutura foi atualizada com Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), sistema de comunicação através de linhas privadas (LP's), *modem's*, roteadores e GPRS (Celulares), em seus pontos remotos, na central de operação foi implementado um sistema de supervisão e controle, composto por vários softwares, sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), banco de dados para o armazenamento das informações vindas do campo, para a geração de relatórios e estudos para a melhoria do sistema. A evolução tecnológica possibilitou uma melhora significativa na qualidade do tratamento da água através do monitoramento e controle em tempo real, com redução de custos operacionais, melhor gestão no gasto de energia elétrica e a possibilidade de controle das perdas de água tratada durante a distribuição, conforme vistos nas fotos 1, 2, 3 e 4 de quadros de automação tipo unidades remotas de telemetria!"e comando de válvulas, fotos 5, 6, 7 e 8 já instalados com as novas tecnologias em sistemas de automação.

.



Foto1



Foto2

Quadro de Unidades Remotas de Telemetria - URTs



Foto 3



Foto 4

Quadro de comandos com URTs e modem de comunicação via telefônica



Foto 5



Foto 6

Painel de controle de válvulas por acionamento elétrico de válvulas de controle de fluxo anular



Foto 7



Foto 8

Atuadores elétricos

Nesta nova concepção de automação pretende-se ter uma maior confiabilidade na operação dos equipamentos novos instalados para controle e macro medição dos reservatórios na RMSP e com sistemas de No-Break que possa garantir a continuidade da operação de faltas de energia pelas concessionárias e assim possa ter acionamento de comandos da válvula de controle via CCO e entre outros benefícios decorrentes da implantação desses sistemas tais como: maior controle das operações no sistema de reservação e na adutora, base para o planejamento de ações que visem a à otimização operacional e a melhoria da gestão do sistema.

Estas modernizações de todo o sistema elétrico de acionamento e comando com novas tecnologias, constitui-se em solução corrente para uma maior confiabilidade dos dados levantados em campo e em conjunto será instalado um novo sistema, com medidor de vazão e adequação do ponto da estação pitométrica.

8- EFETIVIDADE E CONFIABILIDADE DE CONTROLE DE VAZÕES EM CENTROS DE RESERVAÇÕES DA RMSP

8.1. Efetividade

A efetividade da operação das válvulas de controle “Autoperada, Esférica, Rotoválvula e Fluxo Anular” é essencial para eficiência da operação na região metropolitana da grande São Paulo-RMSP no que tange a controle de vazão de entrada em centros de reservação no sistema adutor e sua eficiência é fundamental para produzir efeitos positivos e com capacidade de eficiência em comandos de abertura e ou fechamentos quando acionadas seja elas por sistemas elétricos ou hidropneumáticos e conseqüentemente a resposta que necessitamos que ela seja eficaz para a segurança do sistema, sem causar efeitos hidráulicos nocivos inesperados com fechamentos e ou aberturas bruscos, desprezando assim problemas de transitórios que gerem rupturas nas adutoras.

As válvulas de fluxo anular neste novo cenário tecnológico têm apresentado resultados satisfatórios e com grande efetividade no seu controle de vazões em relação a outras válvulas, pelo fato, de ser acionada eletricamente e ter um atuador elétrico que permite comandar em passos o ciclo de fechamento e ou abertura e assim obter resultados satisfatórios em controlabilidade de vazão para reservatórios e diferente do que ocorre com os acionamentos hidropneumáticos (movidos por óleo e ar) utilizados em boa parte do parque de válvulas borboleta da região metropolitana de São Paulo. O Técnico da Sabesp revela que o parque de válvulas hoje instaladas é da década de 80 e na atual condição o sistema adutor metropolitano exige um maior controle de fechamentos do fluxo de entrada dos reservatórios operados na RMSP e com isso a necessidade de maior confiabilidade operacional para plena estanqueidade e o grau de controlabilidade de vazão. As válvulas operadas pelo sistema hidropneumático e acionamento por telemetria, tem baixa controlabilidade e um grau elevado de dificuldade para fechamentos com pressão de montante superior a 50 mca e também dificuldade para abertura pela carga estática de montante muita elevada. “O grau de dificuldade é elevado, pois sempre necessitamos dar vários comandos, ou fecha de uma vez, ou fecha e não abre o que pode resultar em rompimento de adutora devido ao transitório provocado pelo seu fechamento instantâneo e assim causar um grande acidente com risco de sinistro”.

No caso da válvula de fluxo anular, os jatos de água são direcionados para o centro da tubulação, reduzindo ou em alguns casos até eliminando completamente os riscos de danos por cavitação. O formato cilíndrico do obturados faz com que as forças hidráulicas se eliminem reduzindo a necessidade de energia para operar o equipamento. Em pressões da ordem de 100 metros é possível abrir e fechar a válvula sem nenhum problema, além disso, a cavitação, ruído e vibração é bem menor e a performance para operação em sistemas de controle de fluxo, resulta em garantia de plena estanqueidade e segurança sem causar fechamentos ou aberturas bruscas no sistema adutor pela seu alto grau de controlabilidade.

8.2. Confiabilidade das válvulas

O conceito da confiabilidade esta diretamente relacionada com a confiança que se tem em uma válvula. A análise de confiabilidade se caracteriza por uma avaliação probabilística de risco/falha de uma válvula.

Uma das finalidades da análise de confiabilidade é fornecer ao profissional de manutenção, parâmetros de confiabilidade que permitam uma analisem mais precisa de falhas e efeitos.

O estudo, a análise ou a verificação de um sistema ou, simplesmente, de uma válvula são feitos por meio da observação dos componentes desse conjunto ou da abrangência desse sistema.

A confiabilidade é uma ferramenta útil para equacionar problemas e ocorrências devido aos parâmetros que são fornecidos para a tomada de decisões, a critérios ou carências.

O conjunto de ocorrências formado pelo grau de confiabilidade é chamado de “programa de confiabilidade”. Na figura 5, a seguir, mostramos alguns exemplos nas etapas em que técnicas de confiabilidade podem ser aplicadas, bem como algumas atividades específicas.

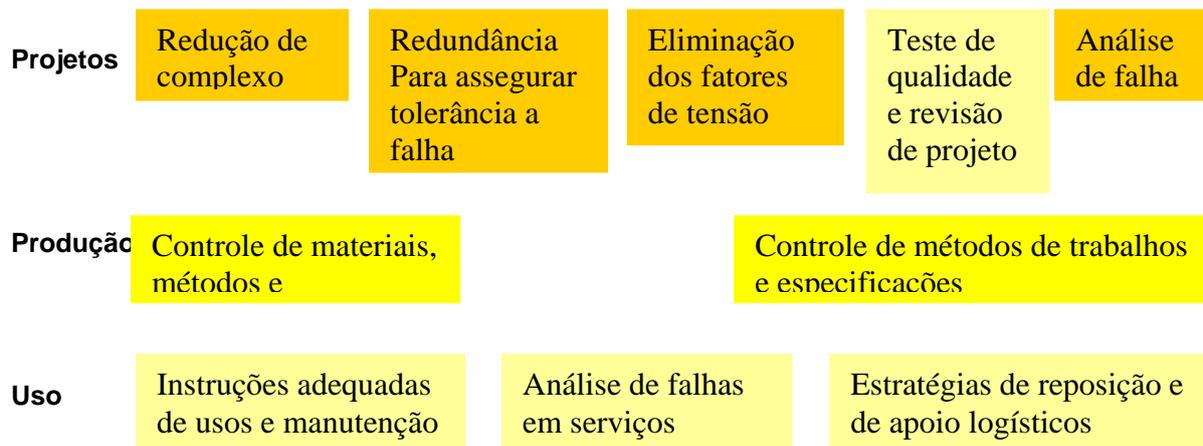


Fig. 5 Exemplos de utilização de técnicas de confiabilidade

Vantagens da Aplicação de Técnicas de Confiabilidade de Válvulas

Aumentar os lucros de:

- Menos paradas programadas;
- Menores custos de manutenção, de operação e de apoio;
- Menores perdas por lucro cessante; e
- Menores possibilidades de acidentes.

Fornecer soluções às necessidades atuais das indústrias como:

- Aumentar a produção de produtos e de unidades mais lucrativas;
- Flexibilizar a utilização de diversos tipos de cargas;
- Responder rapidamente às mudanças nas especificações dos produtos; e
- Cumprir a legislação ambiental de segurança e higiene.

Permitir a aplicação de investimento com base em informações quantitativas de:

- Segurança;
- Continuidade operacional;
- Meio ambiente.

Eliminar causas básicas de falhas em válvulas nas instalações para:

- Diminuir os prazos de paradas programadas;
- Aumentar o período entre as manutenções nas instalações.

Atuar nas causas básicas de falhas dos problemas, e não nos sintomas, através de:

- Histórico de falhas em válvulas;
- Determinação das causas básicas das falhas;
- Prevenção de falhas em equipamentos similares; e
- Determinação de fatores críticos para a manutenção de equipamentos.

Fatores Básicos de Falhas

As válvulas falham, numa visão ampla, devido a três fatores básicos

- Falha de projeto (especificação)
- Falha de fabricação;
- Falha na Utilização.

Parâmetros de Confiabilidade das Válvulas

Conceitos como confiança na válvula, durabilidade e presteza em operar sem falhas estão relacionadas com a idéia de confiabilidade.

A confiabilidade pode ser formalmente definida como “a probabilidade de que um componente ou uma válvula cumpra sua função com sucesso, por um período de tempo previsto, sob condições de operação específicas”.

O inverso da confiabilidade seria a probabilidade de o componente ou uma válvula falhar. Define-se falha na confiabilidade como “a impossibilidade de uma válvula ou seu componente cumprir com a sua função no nível especificado ou requerido”.

Definimos ainda a taxa de falhas como “a freqüência com que as falhas ocorrem num intervalo de tempo, medida pelo numero de falhas para CAD hora de operação ou pelo número de operações de uma válvula e seus componentes”.

A taxa de falhas, normalmente, é representada por λ .

O inverso da taxa de falhas é conhecido como “tempo médio entre falhas” (TMEF) ou Mean Time Between Failures (MTBF). A expressão matemática do TMEF é:

$$\text{TMEF} = 1 / \lambda$$

Curva da Banheira

As fases da vida de uma válvula são descritas pela curva da banheira, visto na figura 6.

A curva da banheira é um gráfico que apresenta, de maneira geral, as fases da vida de uma válvula. Embora se apresentada como genérica, só é válida para todos os modelos de válvulas. Nesta curva, uma válvula apresenta três períodos de vida característicos: mortalidade infantil, período de vida útil e período de desgaste.

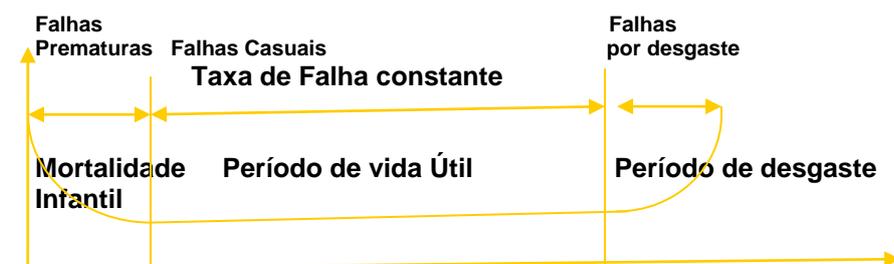


Fig. 6 Curva a banheira

Mortalidade Infantil – É caracterizada por falhas prematuras. A Taxa de falhas é decrescente, tendo sua origem em uma deficiência no processo de fabricação e no controle de qualidade, na mão de obra desqualificada, na insuficiência de amaciamento, no pré-teste, nos materiais fora de especificação, nos componentes não especificados não testados, que falham devido à estocagem e ao transporte indevido, na sobrecarga no primeiro teste, na contaminação, no erro humano, na instalação imprópria, na partida deficiente, dentre outros.

Período de Vida Útil – É caracterizado por taxa de falhas constante. Normalmente as falhas são de natureza aleatória, pouco podendo ser feito para evitá-las. As falhas casuais deste período são, dentre outras: interferências indevidas, tensão/resistência, fator de segurança insuficiente, cargas maiores do que esperadas, resistência menor do que esperada, defeitos abaixo do limite de sensibilidade dos ensaios, erros humanos durante o uso, aplicação indevida, abuso, falhas não detectáveis pelo melhor programa de manutenção, causas inexplicáveis e fenômenos naturais imprevisíveis.

Período de Desgaste – Iniciam-se quando está terminando a vida útil da válvula; a taxa de falha por desgaste cresce continuamente. São causas do período de desgaste: envelhecimento, desgaste/abrasão, degradação de resistência, fadiga, fluência, corrosão, deterioração mecânica, elétrica (atuadores), química ou hidráulica, manutenção insuficiente ou deficiente.

9- ANÁLISE PARA SUBSTITUIÇÃO E INTERVEÇÕES DAS ESTRUTURAS DE CONTROLE

Face ao tempo em operação e constantes alterações das condições hidráulicas do sistema, existem diversas válvulas em instalações da RMSP com problemas críticos de operação e manutenção que exigem ações imediatas em instalações com risco operacional mais elevado, devido ao histórico e frequência de falhas registradas pelas equipes de manutenção e operação do sistema nos últimos tempos. Também foram consideradas aquelas com impacto para o meio ambiente (geração de ruído e vibração excessivos), conforme tabela 3.

Tabela com as principais ocorrências com válvulas telecomandadas:

Data	Ocorrência	Medida
07/11/1996	Válvula não é estanque quando fechada 100%	
23/09/1997	Válvula não aceita comando local	Foi aumentada a pressão do ar comprimido
11/12/1997	Fechamento muito rápido	Foi reajustada a válvula de fluxo de ar
20/01/1998	Válvula fecha sem qualquer comando	Necessária a troca do conjunto de reparos dos cilindros (tandem)
01/02/1998	Válvula não abre	Aliviada a pressão da adutora pela graduação da válvula de bloqueio à montante
30/05/1998	Válvula fecha sem qualquer comando	Feito reparos na linha de ar.
17/07/2003	Vazamentos na tubulação a jusante da válvula	Feitos reparos na adutora a 1,3 m da válvula. Após medições de espessura, constatou-se o comprometimento de trecho de até 3,5 m a jusante da válvula.
15/08/2005	<ul style="list-style-type: none"> - Quebra de dois tirantes de fixação das camisas do cilindro atuador (de um total de oito); - Soltura da porca de fixação da haste do atuador, com comprometimento de alguns filetes da haste; - Desgaste excessivo na ponta de eixo do obturador e na bucha (guia) da tampa; - O retentor da tampa do mecanismo está danificado; - No final de curso de fechamento ocorrem estalos, devido ao deslocamento inadequado do obturador caracterizando desgaste excessivo nos mancais. 	<p>Realizadas as trocas das hastes, reinstalada a porca de fixação da haste e regulada a pressão na linha.</p> <p>Recomendada a substituição da válvula.</p>

Tabela 3

Os problemas citados na tabela acima são decorrentes do seu tempo em operação e da evolução dos parâmetros hidráulicos ao longo de 25 anos o que indica a necessidade urgente de uma completa manutenção dos seus componentes internos. Contudo não existem válvulas deste tipo, com estas dimensões, disponíveis na companhia para uma substituição que viabilize esta manutenção, tão pouco para uma situação emergencial e seus custos cada vez mais elevados e ineficientes. Desta forma conclui-se que as alternativas se resumem à compra de uma válvula nova igual a esta ou uma nova válvula com características superiores do ponto de vista hidrodinâmico e

garante a confiabilidade nas operações de fechamentos e ou abertura com uma tecnologia atualizada com controles através de informática e eletrônica avançada com cartões programáveis por CLP e visualização por meio digital, substituindo assim o parque de acionamento dos hidropneumáticos e seus acessórios, que inclusive ocupam grande área para sua acomodação e facilitação para roubos principalmente na área da periferia da RMSP.

9.1. Normas Técnicas

A norma ABNT NBR 8609 fixa diretrizes para a seleção de válvulas destinadas a instalações hidrelétricas, saneamento básico e rios. A NBR 9526 classifica as válvulas hidráulicas destinadas a instalações hidrelétricas, saneamento básico e rios. A NBR 10133 define a terminologia.

De acordo com a NBR 8609, recomenda-se o seguinte critério de seleção do tipo de válvula para a função de regular vazão e pressão:

Válvula anular	aplicável
Válvula difusora	aplicável
Válvula borboleta	não recomendável
Válvula esférica	não recomendável
Válvula gaveta	não recomendável

9.1.1. Normas da ABNT

NBR 8609 – Fixa diretrizes para a seleção de válvulas desdestinadas às dificuldades enfrentadas anteriormente com algumas das válvulas de controle do SAM:

- Não vedar;
- Provocar vibrações e ruídos elevados;
- Ficar inoperante com diferencial de pressão alto.
- Instalações hidrelétricas, saneamento básico e rios.
- NBR 9526 – Classifica as válvulas hidráulicas destinadas à
- Instalações hidrelétricas, saneamento básico e rios.
- NBR 10133 – Define os termos empregados em destinadas às instalações hidrelétricas, saneamento básico e rios.

9.1.2 Válvulas tipo Multi Jato “Fluxo Anular”

Os dispositivos para controle do fluxo (cesto ou gaiola) multi jatos são indicados quando na válvula o diferencial de pressão (Pmontante – Pjusante) é elevado com baixa contra pressão (Pjusante).

Os cestos multi jatos conhecidos até o momento são com fendas de mesmo tamanho ou não e, com furos (uma duas ou três camadas). Em testes realizados na Cia com a operação remota não foram registradas falhas na operação da válvula, foram realizados três testes de vedação, dois em oficina com pressão de 150 mca, e um no campo onde a pressão máxima foi de 66 mca. A válvula vedou plenamente, em operação rotineira foram realizadas medições de ruídos e vibrações, tendo alcançado os parâmetros previstos no Protocolo de Testes para sua aprovação. A válvula foi considerada aprovada com recomendação de uso.

9.2. Propostas dos Estudos

O conceito de válvula de controle na Sabesp evoluiu bastante desde a implantação do SAM. A necessidade de controle preciso e confiável das adutoras e reservatórios cada vez mais se mostra presente. Por outro lado o mercado vem apresentando novas soluções que têm por objetivo alta confiabilidade e custo adequado.

A primeira solução para o problema apresentado é a compra de um equipamento similar devido ao seu histórico. Devido à impossibilidade de se realizarem as paradas para serviços preventivos em oficina e alterações do comportamento hidrodinâmico do sistema de abastecimento ao longo dos anos, as Rotoválvulas têm apresentado os problemas listados. Os custos de reposição de um equipamento novo, por exemplo, pode ser considerado muito alto em detrimento de alternativa uma vez que não resolve o problema hidrodinâmico resultante das condições operacionais do reservatório e não minimizaria os problemas de vibração, ruído, cavitação, estanqueidade e perdas de faturamento nas áreas não operadas pela Sabesp, tais como: Diadema, Mauá, Mogi das Cruzes, Santo André, São Caetano do Sul.

O equipamento mais adequado no momento para as substituições destas válvulas de controle é a válvula de passagem de fluxo anular com ou sem cestos redutores (dependendo dos parâmetros operacionais). Este tipo construtivo é recomendado para este tipo de aplicação, de acordo com as normas anteriormente listadas. Devido a sua geometria e a possibilidade de adição de cestos

perfurados há possibilidade de um excelente controle da cavitação. A forma como se desloca o obturador os torques hidrodinâmico e de abertura/fechamento geram esforços consideravelmente mais baixos que as Rotoválvula, possibilitando a aplicação dos modernos atuadores elétricos. Sendo baixa a potência de acionamento é perfeitamente viável a aplicação de um sistema ininterrupto de fornecimento de energia, baseado em banco de baterias, mantendo a operação da válvula em caso de falta de energia da concessionária. Este conjunto, válvula, atuador elétrico e sistema ininterrupto de fornecimento de energia devem substituir com sucesso o sistema atual, composto de válvula, atuador óleo-pneumático, compressor, secador e pulmão, a exemplo dos testes transcorridos durante o ano de 2004 no Reservatório de Perus.

9.3. Priorização

A priorização é necessária para a tomada de decisão de onde, quanto e quando aplicar os recursos de forma a se maximizar a confiabilidade operacional do sistema e minimizar os custos envolvidos. A metodologia aplicada decorre da influência da operação (A), da manutenção (B), do estado em que se encontra o equipamento (C) e da despesa necessária (D). Desta forma tem-se a seguinte tabela 4:

Impacto da Falha A (m3/s)	Dificuldade para restabelecer B (1 a 5)	Condição atual C (1 a 5)	Custo para se resolver o problema D (x R\$1000,00)	Pontuação 100 *A*B*C/D
0,2	3	3	309,6	0,58
0,9	5	5	392,1	5,73
2,6	4	3	576,3	5,41
0,3	3	3	354,6	0,76
0,8	5	4	397,1	4,02
0,4	5	5	161,4	6,19

Tabela 4

Onde:

Impacto da falha: a perda de vazão estimada em m3/s, caso a válvula tenha que ficar fora de operação.

Dificuldade para restabelecer: graduação crescente de dificuldade, para se ter o mínimo de confiabilidade do sistema ou da vazão, conforme a escala:

- 1: substituição pura e simples existe válvula semelhante na Reserva Estratégica.
- 2: pouca dificuldade para substituição, outro modelo de válvula em Reserva Estratégica
- 3: alguma dificuldade para substituição, necessidade de adaptações de atuador
- 4: complicado, substituição discutível ou arriscada, restrição de vazão a considerar
- 5: muito complicado, necessidade de longa parada, sem substituição disponível.

Condição atual: graduação crescente do risco de falhas da válvula (com relação ao seu estado geral):

- 1: aceitável
- 2: aceitável, porém deve ficar sob observação constante
- 3: críticos iniciam de falha no médio prazo
- 4: críticos, potencialmente perigosos, iniciam de falha severa
- 5: extremamente crítico, riscos estruturais iminentes

Custo para se resolver o problema: é o valor necessário para eliminar as falhas e obter a confiabilidade do sistema de volta. Quanto mais alto o custo, maior a dificuldade de se encaixar no orçamento do ano. Está relacionado também com a oportunidade, dado um cenário de orçamento restrito e dificuldades enfrentadas anteriormente com algumas das válvulas de controle do SAM

Os primeiros resultados mostraram uma perfeita performance no quesito vibração, cavitação e ruído, quanto aos comandos de acionamentos ainda estamos na fase de ajustes com a instrumentação e telemetria, e a próxima fase de testes serão executada, medição de estanqueidade jusante e montante, velocidade do fluxo, performance de rendimento, posicionamento de comandos, comparação de operação com a outra válvula ali instalada, medição de vibração, ruído e cavitação, e elaboração de gráficos de monitoramentos de performance e também estamos constantemente conversando com os engenheiros responsáveis de Israel no sentido de solucionar e definir a melhor performance de operação para esta válvula.

10- CONCLUSÃO

As avaliações do estado das válvulas listadas indicam a necessidade urgente de um programa emergencial para substituição das mesmas sob pena de se ter desabastecimentos sérios em regiões importantes da RMSP.

Os resultados mostraram a real necessidade de investimentos no quesito de segurança para operação com vazões no sistema adutor Metropolitano e assim possam garantir que a operação pode ser feita sem riscos de rompimento nas adutoras e sem provocar transitórios bruscos que resultem em sinistros e sua performance no quesito controlabilidade seja também atendida e entre outras funções como: vibração, cavitação e ruído e em comando elétricos com sistemas interruptos e garantam a plena estanqueidade para o avanço da engenharia no segmento da hidráulica e desta forma os custos mesmo que elevados sejam plenamente compensados, portanto exigem um planejamento adequado para evitar o adiamento das soluções dos problemas apontados nestes equipamentos que são de vital importância para a confiabilidade da operação e envolve, um planejamento detalhado em: redução dos custos com manutenção, redução de perdas e maior rentabilidade associada à confiabilidade na operação da RMSP e a plena garantia do abastecimento de água à população.