

SISTEMA HIDRÁULICO PARA POSSIBILITAR A RECUPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS ELEVADOS SEM INTERRUPÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS CONSUMIDORES.

Luiz Carlos Alves de Souza¹

Resumo - Os reservatórios elevados constituem-se em importante parte de um sistema de distribuição de água para uma comunidade. Devido à operação contínua, ao longo do tempo, como em qualquer estrutura, há necessidade de realizar manutenção e/ou recuperação estrutural, impermeabilização e pintura. Por ser construído em local de relevo elevado, de maneira geral, passa a ser uma referência para comunidade, especialmente quando apresenta uma arquitetura diferenciada com desenho particularmente atraente, em vez de simples cilindros ou caixas. A recuperação deste tipo de estrutura é de fundamental importância não apenas sob o aspecto operacional, mas, também, tem como propósito resgatar e preservar obras que representam parte da história de desenvolvimento de uma cidade.

Abstract - The high reservoirs are very important constituent part of water distribution supplying system. Due the continuous operation it is necessary, like any other kind of structure, to realize maintenance services such as: structure recuperation, to render impermeable characteristics and painting. As they generally are built on the top of places, they become reference to community mainly when show an uncommon architecture. So the recuperation of this kind of structure is important not only of operation's point of view, but has the purpose of protecting buildings which are development city symbols.

Palavras-chave: reservatório; sistema hidráulico.

¹Departamento de Águas e Esgotos de Valinhos – Rua Antonio Carlos, 251, Centro, Valinhos-SP CEP 13.270-000
Fone 0xx19 38696444 Fax 0xx1938715879 E-mail luiz_carlos@daev.org.br

INTRODUÇÃO

O reservatório elevado R-5 (Castelo) como é conhecido na cidade de Valinhos, é um marco do desenvolvimento da cidade, foi construído em 1960 como parte da implantação do sistema de abastecimento da água. Atualmente, o bairro onde foi construído tem o nome de Castelo devido ao reservatório, que pode ser visto de diversos locais da cidade. Além da importância histórica, obviamente, é parte fundamental do sistema de distribuição de água para aproximadamente 35.000 pessoas.

Desta forma, objetivo do trabalho é apresentar um sistema hidráulico que permita a recuperação de reservatórios elevados sem interrupção do abastecimento de água dos consumidores.

O reservatório elevado R-5 possui volume útil de 400.000 litros e altura máxima 37 m (laje de cobertura). É abastecido por uma adutora de 250mm de diâmetro com extensão de 460m. A principal bomba de recalque de água tratada (bomba 4) tem potência de 300cv.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram instaladas três válvulas ventosas tipo “anti-slam” sendo uma junto ao reservatório, e duas outras posicionadas estrategicamente em pontos elevados da principal sub-adutora do sistema de distribuição.

Em seguida, foi feito o “by-pass” no reservatório, ou seja, interligou-se a tubulação de entrada e saída, mantendo-o fechado. Para instalação destes acessórios hidráulicos, foram utilizadas juntas tripartidas com derivação à flange. A conexão foi feita em carga utilizando-se perfurador com broca de diâmetro compatível com a tubulação existente. Tal procedimento foi de extrema importância, pois, permitiu a execução dos serviços sem interrupção do abastecimento de água.

Concluída esta etapa, foi instalado na saída do reservatório, um manômetro eletrônico com saída analógica de sinal 4 a 20 mA, proporcional à pressão atuante no sistema, que foi interligado por intermédio de cabo blindado ao indicador e retransmissor de sinal instalado na casa de bombas. A distância entre o reservatório e a casa de bombas era de 460m.

Para controle da pressão do sistema de distribuição, foi instalado um inversor de frequência comandado pelo manômetro digital, para manter a pressão praticamente constante, variando-se a rotação da bomba de recalque em função da pressão atuante no sistema de distribuição.

A Figura 1 mostra de forma esquemática a concepção dos sistemas de controle proposto. Posteriormente, concluídas as instalações hidráulicas e elétricas, e aberto o “by-pass”, foi necessário apenas uma parada no abastecimento para ajustes e parametrização do inversor de frequência.

Todavia, tal procedimento foi realizado durante a madrugada quando o consumo de água foi baixo, não causando, portanto, transtornos aos consumidores.

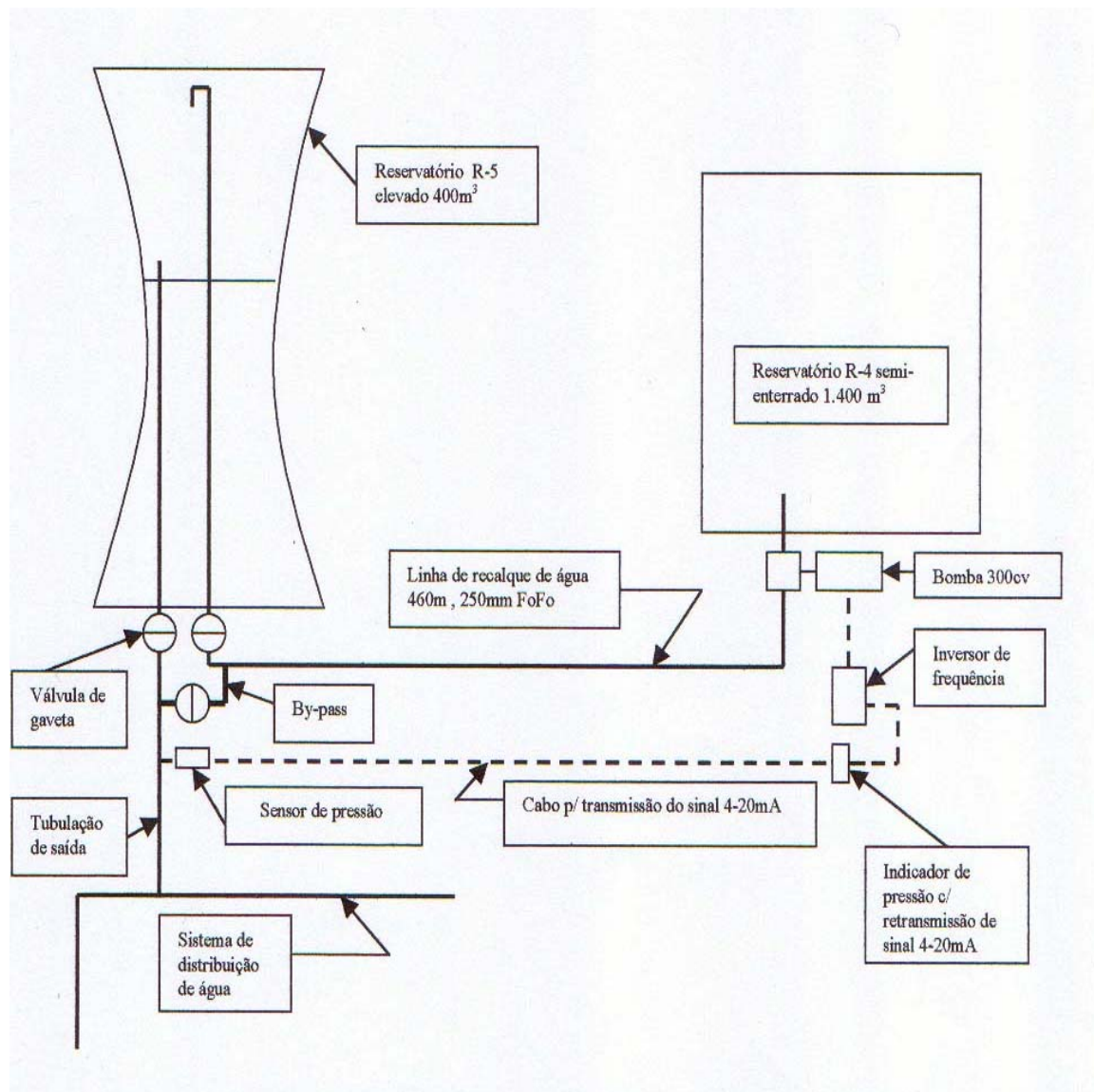


Figura –1 Esquema simplificado do sistema de controle de recalque de água

Procedidos os testes e monitoramento local do desempenho da bomba, e medidos os principais parâmetros tais como tensão de alimentação e corrente do motor, pressão na saída da bomba, no reservatório, nos pontos mais altos e baixos do sistema e vazão de recalque (lida por macromedidor), o reservatório foi liberado para recuperação.

Para segurança da operação, foi instalado um manômetro analógico com pressostato que foi calibrado para atuar desligando o sinal do sensor de pressão quando, por qualquer anomalia na instalação, a pressão atingisse o valor máximo de 37 mca na saída do reservatório, o que corresponderia ao seu nível máximo de operação.

A Figura 2 apresenta a conceituação básica do sistema de controle aplicada no presente trabalho. Nota-se que, com o controle de vazão por intermédio da variação da rotação (pela variação da frequência de alimentação do motor), impõem-se apenas a pressão necessária para escoar a vazão de demanda, ou seja, quando a demanda é máxima, a vazão de recalque da bomba deve ser alta. Por outro lado, quando a demanda é mínima, a vazão deve ser aquela que equivale à demanda.

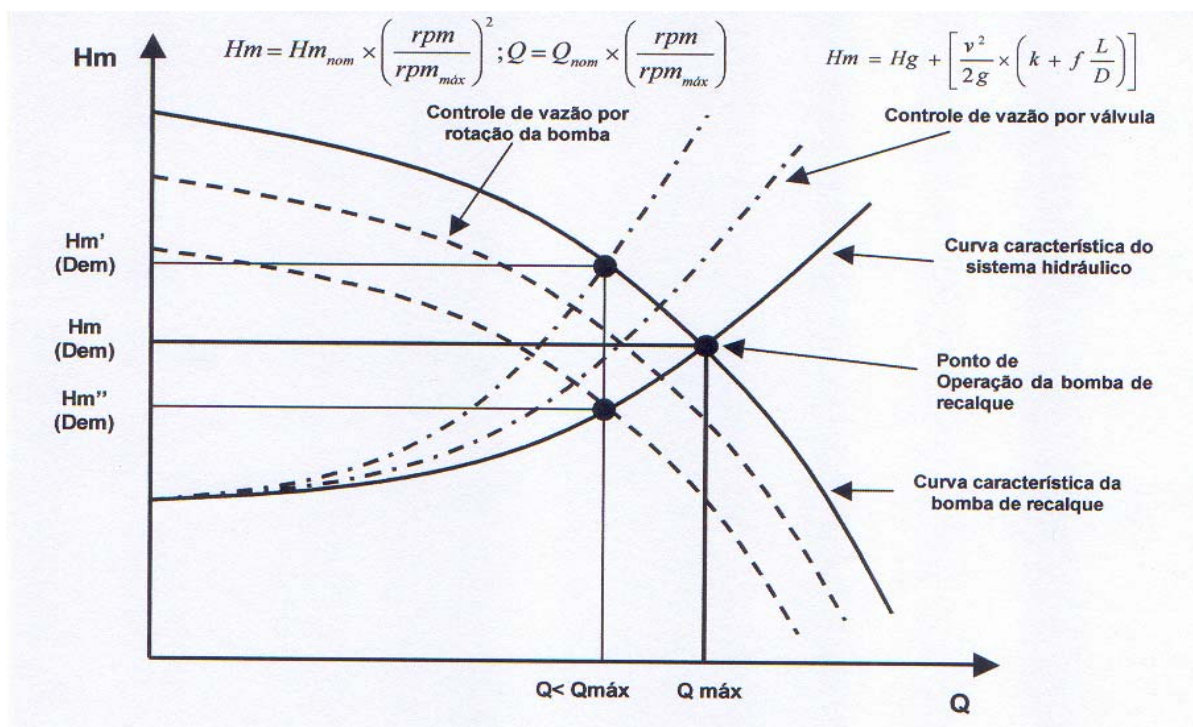


Figura – 2 Características de controle do sistema hidráulico

Desta forma, fixou-se a pressão em determinado ponto do sistema distribuidor e alterou-se a vazão (de recalque da bomba) operando, portanto, o sistema à pressão constante.

A instalação do macromedidor na adutora de água mostrou-se importante, pois permitiu o monitoramento da vazão de consumo (demanda), auxiliando os operadores na identificação de eventuais vazamentos que podem desequilibrar o sistema de distribuição.

Com a utilização do macromedidor foi possível estabelecer o perfil de consumo, e as características operacionais do sistema de recalque, ou seja, durante os períodos de alto e baixo consumo, quais eram a vazão de recalque, a pressão na saída do reservatório, a frequência de operação da bomba, etc.

RESULTADOS

Durante a execução da recuperação do reservatório, verificou-se que o sistema, operado pelo manômetro digital e inversor de frequência, permitiu o total controle do desempenho da bomba de recalque, sendo que a mesma passou a operar como booster abastecendo diretamente o sistema de distribuição de água. Durante o horário de alto consumo, a bomba operou na condição nominal, ou seja, a 60Hz, 1765 rpm, e a pressão na saída do reservatório variou de 28 a 35mca. A vazão máxima foi de 187 L/s.

A redução de 7 mca durante o período de alto consumo deveu-se a uma sobrecarga no sistema, que foi corrigida com a transferência de parte do sistema de distribuição para outro existente na cidade (setorização). Durante o período de baixo consumo, e principalmente, de madrugada, a bomba operou na frequência de 43 Hz, o que correspondeu a aproximadamente 1160 rpm, a pressão na saída do reservatório ficou em torno de 35 mca. A vazão mínima registrada foi 40 L/s.

O controle de nível do reservatório, que antes era feito manualmente pelos operadores da ETA, passou a ser totalmente automático. Desta forma, eventuais extravasamentos deixaram de ocorrer, pois, o controle de nível do reservatório dependia inteiramente da atenção do operador, que mantinha o reservatório com nível próximo ao máximo, controlando a vazão de recalque da bomba por intermédio de um registro acionado por atuador elétrico, que restringia a passagem da água (aumentando a perda de carga). Como a rotação da bomba era fixa (desconsiderando-se o escorregamento do motor), quando se restringia a abertura do registro para redução da vazão, conseqüentemente, havia aumento da pressão na saída da bomba.

Além da praticidade no controle, houve a liberação do operador para realização de outras tarefas durante a madrugada, eliminação do risco de extravasamento por falha humana, e ainda, redução no consumo de energia elétrica necessária ao acionamento da bomba de recalque.

A Figura 3 e a Tabela 1 mostram a comparação de consumo de energia elétrica da estação de tratamento de água onde está instalado o sistema de bombeamento. Os períodos comparados referem-se aos anos de 1998 e 1999. O controle foi instalado em abril de 1999.

A redução no consumo de energia elétrica pode ser notada nos meses subsequentes tais como maio, junho e julho, nos quais houve maior utilização do controle, pois são meses geralmente com temperaturas mais baixas do ano, com conseqüente redução do consumo de água. Os dados sugerem que quanto maior for o tempo de utilização do sistema, maior será a redução do consumo de energia elétrica, admitindo-se que seja utilizada a mesma bomba.

Tabela 1 – Comparação dos consumos de energia elétrica ETA-1

MÊS	CONSUMO DE ENERGIA 1998 (kwh x1000)	CONSUMO DE ENERGIA 1999 (kwh x1000)
Fevereiro	108,7	110,3
Março	108,8	118,5
Abril *	111,0	116,2
Maio	106,5	91,5
Junho	110,0	96,5
Julho	105,4	83,4
Agosto	111,7	118,4
Setembro	106,3	120,0
Outubro	119,5	97,7
Novembro	104,5	127,7
Dezembro	114,8	105,5

*início da operação com sistema automático

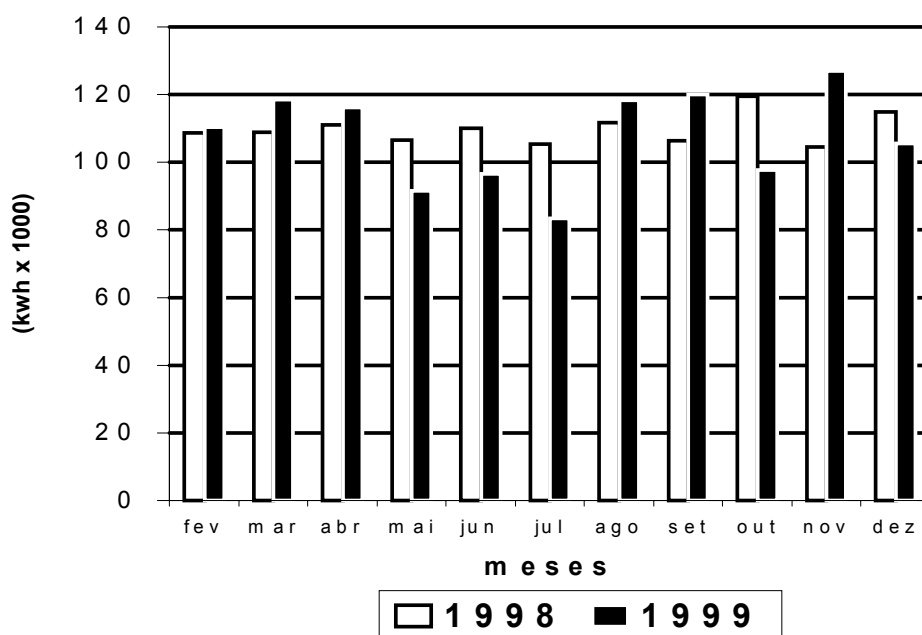


Figura – 3 Comparação do consumo de energia elétrica da ETA

Com base nos resultados verificados durante a operação do sistema, são apresentados a seguir como se deu a redução do consumo de energia elétrica durante os períodos em a bomba de recalque operou com vazão reduzida, quando comparada com o sistema de recalque antigo.

A bomba de recalque utilizada era de fabricação KSB modelo ETA 150-50, 1765rpm, rotor com diâmetro de 480mm, motor de acionamento de 300cv.

COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO ENTRE OS DOIS SISTEMAS

Sistema de recalque antigo por aumento da perda de carga do sistema (controle da vazão de recalque por intermédio do fechamento da válvula de gaveta instalada na saída da bomba):

Para o período de menor demanda (durante a madrugada) foi medida a vazão de 40 L/s. De acordo com a curva característica da bomba, para a vazão de 40 L/s, mantendo-se a rotação constante, a altura manométrica resultou em 115mca. O rendimento hidráulico para este ponto de operação é de 48%, aproximadamente, de acordo com a curva característica da bomba mostrada na Figura 4. A potência requerida para acionar a bomba nestas condições operacionais é determinada pela seguinte expressão:

$$N = \frac{Q \times Hm \times 1000}{75 \times \eta} \quad (1)$$

em que:

Q = vazão em m³/s;

Hm = altura manométrica em m;

η = rendimento da bomba.

Com os valores das variáveis medidos durante a operação do sistema temos:

$$N = \frac{0,04 \times 115 \times 1000}{75 \times 0,48} = 127cv$$

Sistema de recalque operado por controle da rotação:

Para a mesma condição de consumo, ou seja, demanda equivalente a 40 L/s, a bomba operou com rotação de 1165rpm (rotação equivalente à frequência de 43Hz).

A altura manométrica medida para a rotação de 1165 rpm pode ser calculada de acordo com a seguinte equação:

$$Hm_1 = \left(\frac{rpm_1}{rpm_0} \right)^2 \times Hm_0 \quad (2)$$

em que:

Hm₀ = altura manométrica à rotação nominal 1765rpm (60Hz) (m);

H_{m1} = altura manométrica à rotação 1165rpm (43Hz) (m).

A altura manométrica resultou em:

$$H_{m1} = \left(\frac{1165}{1765} \right)^2 \times 115 \Rightarrow H_{m1} = 50 \text{ m}$$

Com os dados para esta condição operacional, pode-se calcular a potência necessária para acionamento da bomba conforme a seguir de acordo com a expressão (1):

$$N = \frac{0,04 \times 50 \times 1000}{75 \times 0,60} = 45 \text{ cv}$$

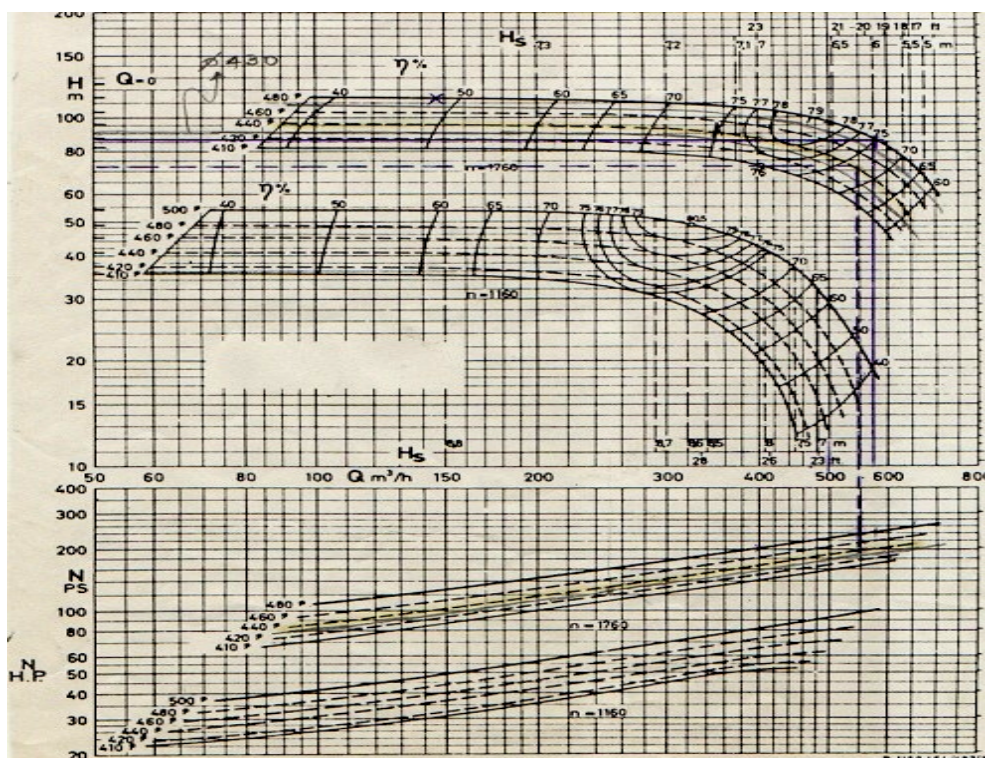


Figura 4 – Curvas características da bomba de recalque KSB ETA 150-50

Os dados acima evidenciam o benefício adicional com a implantação do sistema de controle por rotação variável, que, além de ser totalmente automático, permite economizar o consumo de energia elétrica durante os períodos de menor demanda.

A Figura 5 mostra o perfil da demanda de água antes e depois da setorização a qual foi feita com vistas a adequar a vazão aduzida pela bomba de recalque à demanda, principalmente nos horários de alto consumo. Verifica-se que, após a setorização, houve, evidentemente, redução da vazão de demanda, sendo a mesma inferior à vazão de adução da bomba de recalque. Como resultado, a pressão na saída do reservatório, ou seja, no “by-pass”, passou a ser mais estável, como demonstra a Figura 6. Foi possível, ainda, reduzir em 7mca a pressão atuante no sistema distribuidor o que contribuiu para economia adicional no consumo de energia elétrica e reduzir as

perdas físicas. A queda nas pressões às 5:00hs e às 22:00hs deveu-se ao revezamento que era feito no acionamento das bombas, pois a bomba de maior capacidade era operada durante o período entre 5:00hs e 22:00hs, enquanto que a bomba de menor capacidade era operada durante o período entre 22:00 e 5:00hs.

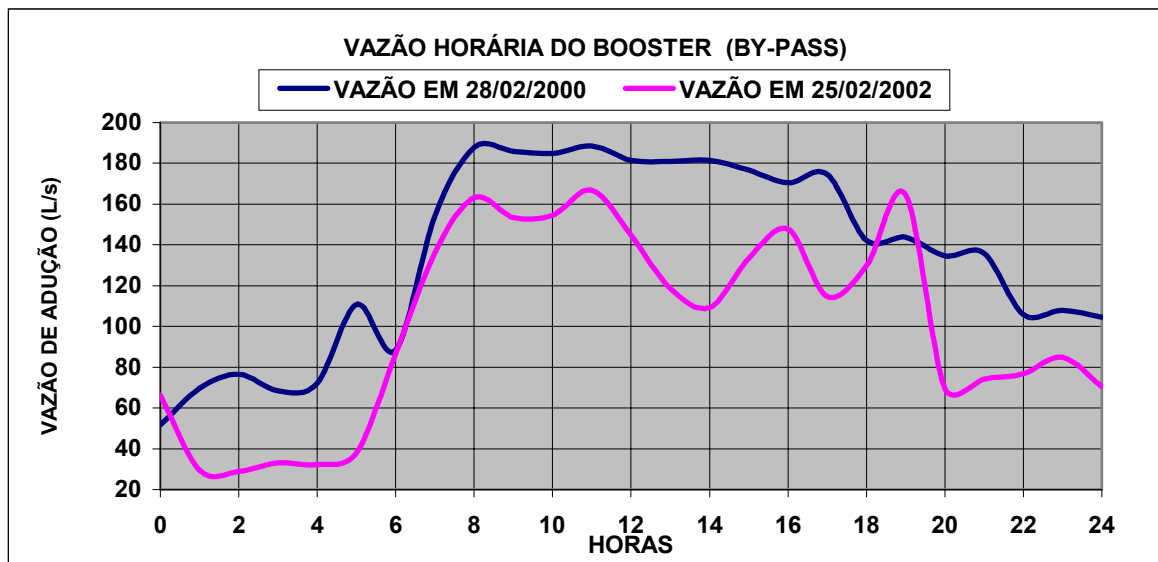


Figura – 5 Vazão aduzida pelo “By-pass” antes (28/02/2000) e depois (25/02/2002) da setorização da rede distribuidora de água.

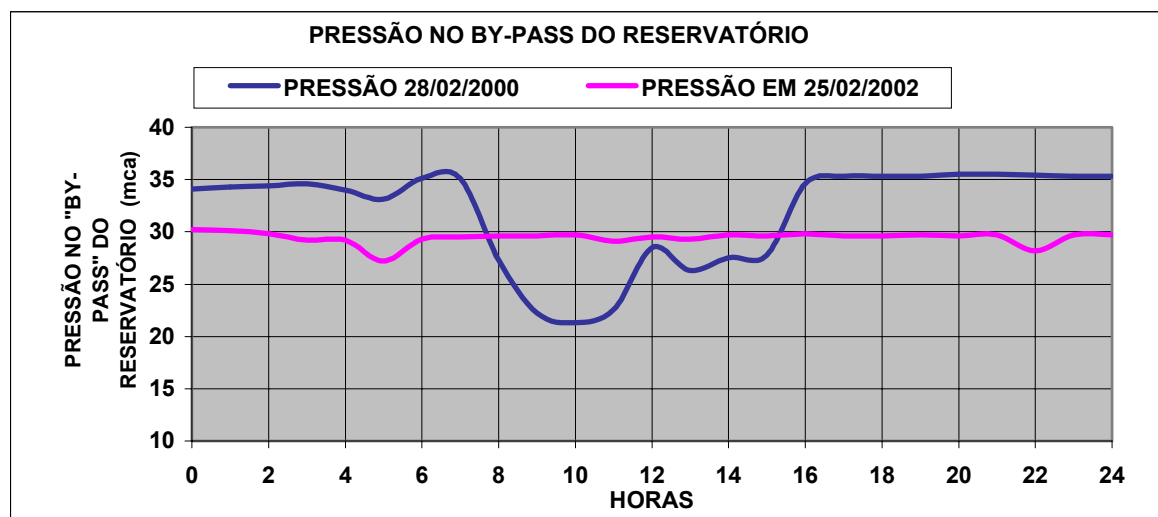


Figura – 6 Pressão no “By-pass” antes (28/02/2000) e depois (25/02/2002) da setorização da rede distribuidora de água.

O sistema automático de recalque de água operou muito bem durante a execução da recuperação do reservatório. Aos operadores cabia apenas a tarefa de revezar as bombas e anotar a cada intervalo de 1 hora a vazão e a pressão no sistema distribuidor.

A Figuras 7 e 8 apresentadas a seguir mostram as condições em que o reservatório se encontrava antes do início da recuperação do mesmo. Havia vazamentos em diversos pontos e a armadura estava exposta e corroída.



Figura 7 – Vista externa do reservatório elevado antes da recuperação.



Figura 8 – Deterioração da estrutura interna do reservatório.

Para evitar a formação de vácuo durante eventual parada no bombeamento por falta de energia elétrica junto ao “by-pass” foi instalada uma válvula ventosa tipo “anti-slam” mostrada na Figura 9. Para medição e monitoramento da pressão, foi instalado o sensor com transmissão de sinal analógico 4-20mA no “by-pass” mostrado na Figura 10.

Figura 9 – Válvula tipo “anti-slam” instalada junto ao “by-pass” do reservatório.





Figura 10 – Sensor de pressão instalado na saída do reservatório.

O indicador de pressão foi instalado na casa de bombas (Figura 11) o qual recebia o sinal por intermédio de cabo e o retransmitia para o inversor de frequência mostrado na Figura 12.



Figura 11 – Indicador e retransmissor de sinal 4-20mA.



Figura 12 – Inversor de frequência para acionamento do motor da bomba de recalque

Para recuperar o reservatório foram necessários aproximadamente 5 meses, período no qual o sistema de controle do bombeamento operou recalcando a água diretamente para a rede de distribuição. As Figuras 13 (início dos trabalhos de recuperação estrutural e impermeabilização) e 14 (fase de pintura) apresentadas a seguir mostram duas fases do trabalho de recuperação do reservatório.



Figura 13 – Início do trabalho recuperação e impermeabilização do reservatório.



Figura 14 – Fase de execução da pintura externa do reservatório.

O trabalho de recuperação estrutural e de impermeabilização foi concluído no final de 1999 e o reservatório foi liberado para operação em 1 de janeiro de 2000. A figura 15 mostra a vista externa do reservatório recuperado e pronto para operação.



Figura 15 – Reservatório recuperado e pronto para operação.

CONCLUSÕES

O sistema hidráulico proposto para permitir a recuperação do reservatório elevado R – 5 mostrou ser confiável e facilitou sobremaneira o controle operacional da distribuição de água. Uma vez ajustado, a única tarefa atribuída aos operadores era revezar os equipamentos — manobra feita durante horários previamente estabelecidos em função da demanda de água.

Como benefício adicional, houve, conforme demonstrado, economia de energia elétrica necessária ao acionamento das bombas de recalque.

A instalação automática ainda evitou extravasamento da água, fato que eventualmente ocorria principalmente durante as madrugadas.

Após a entrada em operação do reservatório já recuperado, todo o sistema implantado para controle da distribuição de água pôde ser utilizado, agora como controlador de nível do reservatório, possibilitando a completa automação desta operação.

O sistema sugerido demonstrou ser alternativa possível para os serviços de água quando necessitarem realizar a recuperação de reservatórios elevados, sem interrupção do abastecimento de água dos consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KSB. “*Manual Técnico 1150.OB/3 e Curvas Características de Bombas Centrífugas Horizontais ETA*” 1984.

SOUZA, L.C.A.2004. “*Alternativa para recuperação de reservatórios elevados sem interrupção do abastecimento de água dos consumidores*” in XI SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal – RN, Brasil, 28 de março a 02 de abril de 2004. Anais em CD-ROM.