

XI-114 - AUTOMAÇÃO NO CONTROLE DE PERDAS, IMPACTOS AMBIENTAIS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (ESTUDO DE CASO)

Rodrigo Votre⁽¹⁾

Técnico em Eletrotécnica (CEFET-PR). Tecnólogo em Automação Industrial (UTFPR). Pós Graduado em Mecatrônica (PUC-PR). Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial (UFPR/STUTTGART). Tecnólogo em Automação Industrial da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR

Endereço⁽¹⁾: Avenida Presidente Wenceslau Braz, 1893, AP 1, Torre 1 - Guaíra - Curitiba - PR - CEP: 81010-000 - Brasil - Tel: (41) 991160174 - e-mail: rvotre@sanepar.com.br

RESUMO

O conhecimento sobre os processos dos sistemas de abastecimento de água (SAA's), dos tipos de perdas existentes e das ferramentas de automação são essenciais para o entendimento das possibilidades de melhorias no desempenho desses sistemas. No saneamento, os principais atrativos para justificar o investimento em automação residem na melhoria da qualidade do tratamento e distribuição de água, por meio de monitoramento e controle em tempo real, redução de custos operacionais, como produtos químicos e substituição da operação nas unidades por operação remota, além da possibilidade de gerenciamento de energia elétrica consumida, de medições precisas dos volumes de água produzida e distribuída e do controle das variáveis de processo, como pressão, nível e vazão. Entretanto as maiores dificuldades encontradas em um (SAA), é a quantidade de água perdida e o impacto ambiental gerado, tanto na necessidade de construção de novos sistemas de abastecimento, como nos danos provocados por vazamentos e rompimentos. Para redução destes fatores, foi proposto um estudo de caso avaliativo em um sistema de abastecimento de água da SANEPAR em Curitiba - PR, Centro de Reservação (CR) Portão, antes e após a revitalização da automação, visando validar o controle de pressão automatizada via set point de pressão, que possibilita o controle da variação de velocidade dos conjuntos moto bomba (CMB's) acionados por conversores de frequência, buscando a pressão requerida, ligando ou desligando bombas complementares, se necessário. Este estudo de caso demonstra o ganho proporcionado pelo controle de pressão automatizado, tanto na redução de perdas de água, redução de manutenções nas redes de distribuição, como na redução do gasto de energia elétrica e visa a melhoria contínua dos processos, colaborando para otimizar o sistema de abastecimento, minimizando possíveis falhas, danos ambientais e financeiros.

PALAVRAS-CHAVE: SAA, CMB, CR, set point.

INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental passa por um momento de preocupação mundial sobre o uso e qualidade da água, recurso essencial à saúde da população, no qual é preciso uma reavaliação dos potenciais naturais e do comportamento de consumo, de modo a reduzir as perdas e evitar os desperdícios.

No Brasil, segundo último levantamento feito pelo SNIS (2014), 37% de toda a água produzida é perdida, fazendo com que seja necessária a exploração de novas fontes de água para o abastecimento, enquanto que no estado do Paraná, foco da pesquisa, esse índice chega à 32,49%. O advento da automação busca alterar este cenário, auxiliando na redução das perdas, fornecimento de água com qualidade e regularidade e de forma acessível, pensando na presente e nas futuras gerações.

O presente trabalho apresenta os processos existentes em um sistema de abastecimento, a questão das perdas de água, de seus indicadores e demonstra a importância em se realizar o controle de pressão, apresentando a automação como uma ferramenta importante, que permite gerenciar a medição e controle das variáveis, com o objetivo de promover a eficiência energética, reduzir os impactos ambientais, reduzir as perdas e otimizar a operação, em busca da sustentabilidade econômica, financeira e socioambiental, que podem ser evidenciadas nos resultados obtidos do trabalho. Além de subsidiar a SANEPAR na análise do custo benefício de investimentos, seja em novos sistemas ou revitalização de sistemas existentes.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR-PR).

METODOLOGIA

A pesquisa foi elaborada através de estudo de caso realizado na SANEPAR e investigou o efeito da automação no controle da pressão em um sistema de abastecimento de água com o uso de conversores de frequência nas elevatórias do CR Portão. O tipo de estudo de caso escolhido para este trabalho foi o estudo de caso avaliativo, que busca fornecer informações para a tomada de decisões.

Através do método da amostragem, foi realizado um levantamento comparativo no CR Portão, onde se definiu períodos de tempo que pudessem representar a diferença real na gestão das pressões, controle de perdas e eficiência energética do sistema antes e após o controle de pressão automatizado. Esse estudo consiste em pesquisa documental extraída de relatórios, livros e artigos, que possibilitaram avaliar o desempenho do sistema durante o período selecionado.

Para analisar o desempenho do sistema implementado, comparando o seu funcionamento com o sistema anterior, foram coletados diversos dados e gráficos do sistema SCADA, da Unidade de Serviço de Produção e Distribuição (USPD), da Unidade de Projetos Especiais (USPE), da Unidade de Receita da Região Sul de Curitiba (URCTS), do custo da água tratada da ETA Iguaçu que abastece o sistema avaliado, do valor cobrado pela SANEPAR para cada tipo de cliente, além dos dados dos sistemas de informações da SANEPAR, SIS WEB e SAPIENS, como volumes produzido e consumido, para serem utilizados em busca da quantificação de resultados da redução de perdas de água e redução de energia elétrica consumida pelo sistema de abastecimento e criar informações úteis para análise, otimização e validação do controle de pressão implementado, que permitiram calcular e demonstrar os indicadores de performance dos sistemas, além de mensurar o ganho de capital oriundo da redução de perdas de água em relação ao valor faturado pela empresa e demonstrar o retorno sobre investimento da automação no CR Portão.

É importante frisar, que durante os períodos avaliados, tanto os motores, quanto as zonas de pressão do sistema foram os mesmos e que em ambos os casos, havia comandos e *status* das bombas e da pressão pelo supervisor do centro de controle operacional (CCO), mudando apenas a forma de acionamento e controle operacional e que além da automação existem outras variáveis sobre a extensão de um sistema de abastecimento de água, como a manutenção das tubulações, substituições dos anéis de interligações hidráulicas e controle de fraudes que colaboraram para a manutenção e melhoria contínua do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema de abastecimento público de água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos (FUNASA, 2006, p.35). Ele é composto segundo a (ADASA, 2013), por diversas unidades como, captação, adução, tratamento, reservação, elevatórias de recalque e redes de distribuição.

Na **Figura 1** é possível observar as etapas de um fluxograma convencional de um sistema de abastecimento de água.



Figura 1: Fluxograma convencional de um sistema de abastecimento de água

Fonte: Adaptada da SANEPAR (2014)

Ao longo de um processo de distribuição de água tratada, uma parcela considerável de água é perdida, de maneira que ao contabilizar o volume de água bombeado no início do processo, ou seja, volume produzido (VP) e o volume medido consumido pelos hidrômetros (VM), verifica-se uma discrepância considerável. Essa diferença volumétrica é denominada perda de água no sistema, que inclui as perdas reais ou físicas, rompimentos e vazamentos e as perdas aparentes, que é a água produzida, porém que não é medida e nem faturada em decorrência de ligações inativas e fraudes (REIS; CHEUNG, 2007, p. 68).

A **Figura 2**, representa a composição dos volumes de água, produzido, micromedido e de perdas em um sistema de abastecimento de água.

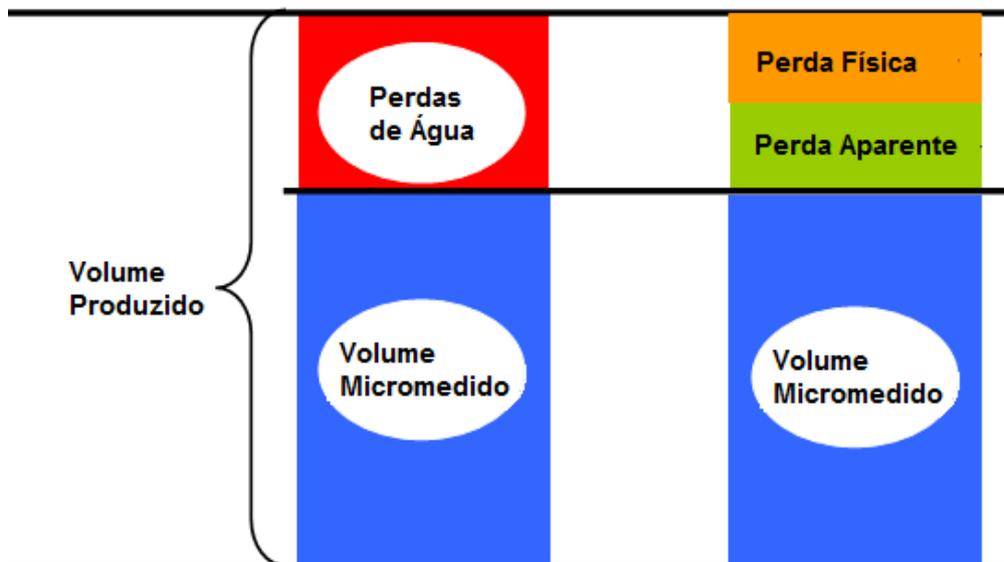


Figura 2: Representação de perdas

Fonte: Adaptado de SANEPAR.- MASPP (2013)

Para contextualizar a qualidade dos sistemas de abastecimento de água em relação às perdas, são utilizados alguns indicadores, como por exemplo: o indicador de perdas percentual (IP%) e o indicador de perdas por ligação (IPL).

O IP% relaciona o volume produzido (VP), ou seja, a água disponibilizada ao sistema, pelo volume medido (VM), que é a água consumida e devidamente registrada pelos medidores de água dos consumidores. O percentual desta diferença é a água perdida no sistema (TARDELLI FILHO, 2004, p. 465).

Já o IPL representa um indicador volumétrico de desempenho, mais preciso que os percentuais, que relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas e ao período, número de dias avaliado. Seu valor é representado em litros por ligação e dia (ABES, 2013, p. 12).

Desses dois, o indicador mais utilizado é o indicador de perdas percentual (IP%), que relaciona o volume perdido total com o volume fornecido. Eles são classificados como bons, quando abaixo de 25%, como regular entre 25% e 40% e como ruim maior que 40%. (TARDELLI FILHO, 2004, 465).

A maior concentração de perdas físicas está nas redes de distribuição de água, na forma de vazamentos visíveis e de vazamentos inerentes e mesmo que fosse possível reparar todos os vazamentos detectáveis, ainda sim as redes de abastecimento continuariam a ter perdas. Isso porque os vazamentos inerentes, provocados por registros, hidrantes, juntas mal vedadas, tubos perfurados, rachados ou partidos, são imperceptíveis aos equipamentos de detecção (REIS; CHEUNG, 2007, p. 69)

A **Figura 3** representa alguns tipos de perdas físicas em um rede de distribuição

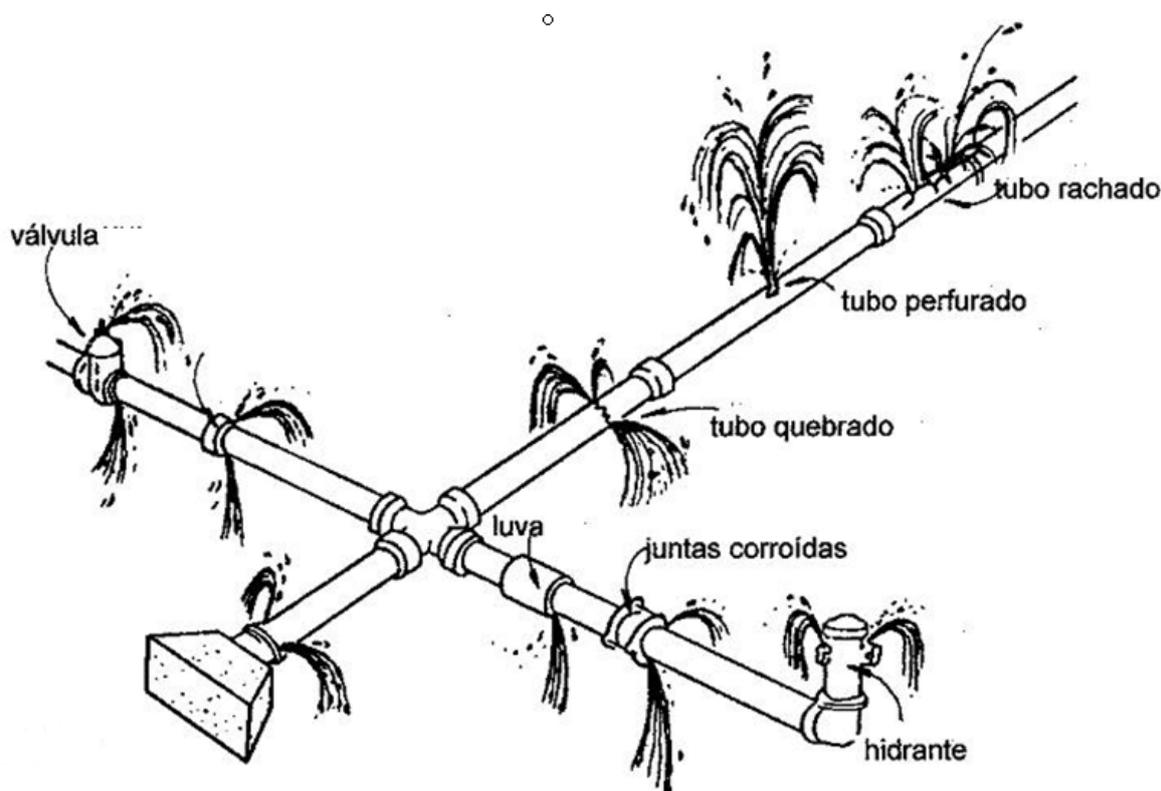


Figura 3: Perdas físicas
Fonte: SANEPAR.- MASPP (2013)

O controle da pressão de funcionamento de uma rede de distribuição, quer no que se refere ao seu valor médio ou à sua variação temporal, assume cada vez mais um papel determinante no bom desempenho técnico e econômico do sistema, na satisfação e conforto dos consumidores. Se por um lado o controle da pressão garante um nível de serviço mais uniforme e permite à entidade gestora a utilização de condutores e acessórios

mais econômicos, por outro lado reduz a frequência de ocorrência de rupturas e as perdas de água na rede (COVAS; RAMOS, 2007, p. 57).

Covas e Ramos (2007, p. 58), salientam ainda, que entidades gestoras que usam, ou pretendem usar o controle de pressão como parte de sua estratégia de controle de perdas, deverão considerar aspectos como: A importância de manter as pressões com variações mínimas, a relação entre pressão máxima e a taxa de ocorrência de novas fugas e a relação entre pressão e a vazão das fugas existentes.

Neste cenário, as empresas de saneamento estão sendo conduzidas a uma reflexão porque precisam se reinventar para reduzir ou antecipar os problemas de vazamentos, buscando soluções e inovações tecnológicas que viabilizem o aumento de eficiência nos sistemas de abastecimento de água. (SILVA; TSUTIYA, 2004, p. 607).

Os sistemas de automação e as variáveis de medição constituem-se como base fundamental e ferramenta indispensável para esse propósito, especialmente quando tratamos do controle de perdas, pois possibilitam conhecer o funcionamento da rede de abastecimento através da mensuração e controle de seus principais parâmetros de processo, vazão, pressão e nível, viabilizando assim o aumento da eficiência da operação dos sistemas de abastecimento (VOTRE *et al.* 2014, p. 14). Somente através dos processos de medição é possível conhecer, diagnosticar, alterar e avaliar as diversas situações operacionais em um sistema de abastecimento de água (TARDELLI FILHO, 2004, p. 479).

Segundo Rocha (2011, p.7), uma empresa de saneamento sob a óptica operacional é uma fábrica, onde seus diversos processos unitários estão espalhados dentro de uma área geográfica extensa, devendo ser integradas suas respectivas operações, de forma que o chamado ciclo do abastecimento atinja seus objetivos.

Sendo assim, a automação de sistemas de abastecimento de água pode contribuir para um melhor aproveitamento de vários recursos naturais, seja no simples controle de liga e desliga de uma bomba ou no controle operacional de um sistema de abastecimento de água complexo de uma cidade, solucionando também uma série de dificuldades operacionais, como manter operadores nas unidades de tratamento, ligando e desligando bombas, que podem ser feitos por meio de comandos remotos, realizados principalmente por telemetria, onde várias unidades podem ser assistidas a partir de um centro de controle operacional (CCO), com funções de operação, otimização e planejamento, com menor custo e maior segurança (SILVA; TSUTIYA, 2004, p. 577).

A automação consiste em um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência maximizada pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. (SENAI-PE, 2008, p. 9).

Quando há variações nas condições físicas de operação, estas alteram os dados brutos dos instrumentos de campo, que enviam um sinal elétrico referentes a estes valores para a entrada do sistema de automação, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada para a execução algorítmica de um programa, na etapa de programação e disponibiliza na saída o comando para acionamento dos equipamentos de campo, conforme programação executada (SENAI-PE, 2008 p. 9).

A **Figura 4** representa o ciclo de processamento da automação.

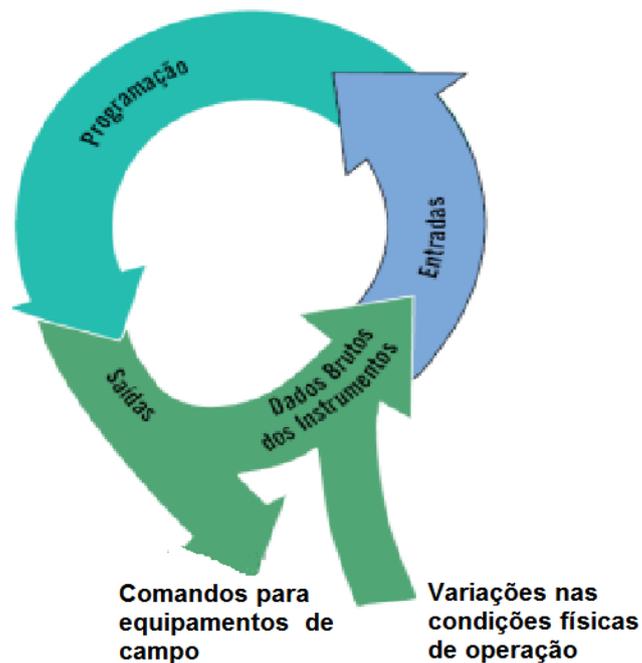


Figura 4: Ciclo de processamento da automação

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2012)

O Conversor de frequência é a forma mais eficiente de se controlar a pressão em um sistema de abastecimento de água, através do controle de velocidade da bomba, principalmente quanto mais elevada for a componente de perda de carga dinâmica em relação à carga total do sistema. Este controle permite a modulação da pressão de acordo com o consumo ao longo do dia, o que, entre outras vantagens, reduz a ocorrência de sobrepensões na rede, reduzindo as perdas reais. (WINNISCHOFER 2013, p. 42).

Com a utilização de bombas com controle de velocidade, para cada grupo de eletrobomba existe uma relação bem definida entre a vazão e a altura de elevação, curva característica, devendo cada grupo ser escolhido de modo a responder eficientemente, com consumo mínimo de energia e eficazmente, satisfazendo as necessidades às variações de consumo. O funcionamento de um grupo com velocidade de rotação variável é caracterizado por um conjunto de curvas. Estes grupos permitem que, sempre que a vazão diminua a altura de elevação diminua também através da diminuição da velocidade de rotação por forma a manter a pressão quase constante numa secção de referência a jusante. Assim o grupo ajusta a sua velocidade de rotação às necessidades de consumo, garantindo uma pressão uniforme ao longo do dia (COVAS; RAMOS, 2007, p. 60-61).

Através de um sensor de pressão na linha de recalque, o sinal elétrico, geralmente 4 a 20 mA, é enviado para o controlador lógico programável (CLP), que a partir do controle proporcional, integral, derivativo (PID) ao perceber um aumento de pressão na rede de água, reduz automaticamente a velocidade de rotação do motor para manter o valor desejado de pressão, e quando a pressão é menor que a estabelecida pelo usuário, o conversor aumenta a velocidade de rotação do motor. (ROCHA, 2011, p. 10). Esse controle possibilita também a eliminação do excesso de pressão no sistema e reduz proporcionalmente as perdas reais de água e de consumo, obtendo-se assim um duplo ganho: redução da demanda e consumo elétrico e redução do volume disponibilizado. (BEZERRA, SILVA, 2009, p. 237).

A eliminação do excesso de pressão no sistema reduz proporcionalmente as perdas reais de água e o consumo, obtendo-se assim um duplo ganho com o uso do conversor de frequência: redução da demanda e consumo elétrico e redução do volume disponibilizado, perdas reais de água. Em relação à pressão de jusante, o conversor de frequência produz o mesmo efeito que uma válvula redutora de pressão, só que ajustando a velocidade de rotação do conjunto de bombeamento para produzir maior ou menor vazão conforme a demanda exija (GOMES; OTERO; COURA, 2009, p. 311).

A estabilização da pressão reduz a fadiga do material, reduzindo a probabilidade de rompimentos na rede de distribuição. Além de que a redução da pressão é a forma mais rápida e eficaz de reduzir a perda real (TARDELLI FILHO, 2004, p. 471).

No estudo a seguir, é possível validar a bibliografia apresentada e demonstrar os resultados obtidos após a implementação do controle de pressão automatizado no CR Portão.

A **Figura 5** demonstra a pressão do sensor PT01, referente à maio de 2012 e 2013, escala de 0 à 50 mca, variações, amplitudes e picos máximos e mínimos.

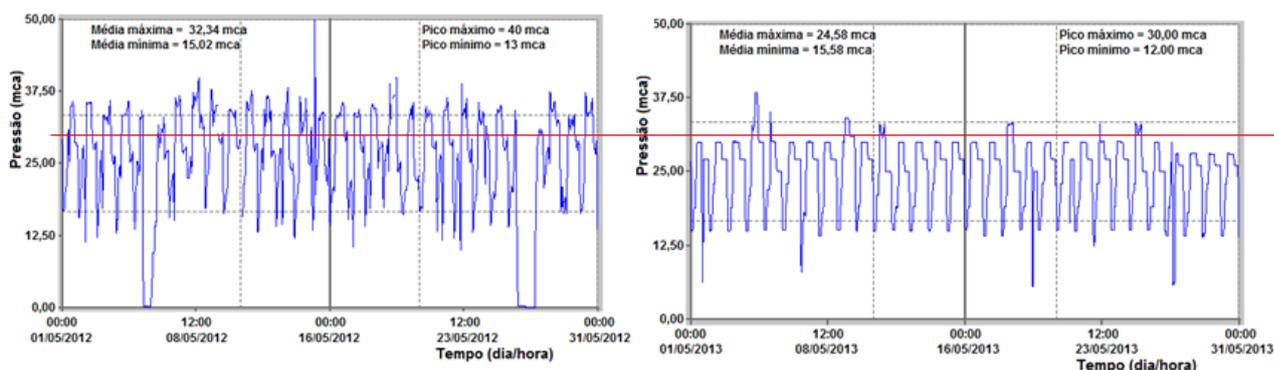


Figura 5: Pressão maio 2012 / 2013

Fonte: adaptado de SCADA, 2016

Nota: 1 mca, (metro de coluna de água) equivale a 9806,65 Pa ou a 0,0980665 bar

A partir da análise do gráfico de maio de 2012, foi possível encontrar várias causas citadas na revisão bibliográfica por Tardelli Filho (2004, p. 471) e Covas e Ramos (2007, p. 58), que identificam situações inadequadas no funcionamento de um sistema de abastecimento de água e aumento da probabilidade de fugas e rupturas nas tubulações da rede de distribuição, tais como: oscilações de pressão, amplitude entre a pressão mínima e máxima durante os regimes transitórios e a frequência das oscilações de pressão. Enquanto que após a automação, gráfico de maio de 2013, a pressão obedeceu a padrões pré-estabelecidos quanto aos seus valores e variações temporais, se estabilizando e formando um gráfico uniforme.

Comparando-se os gráficos, é possível fazer a analogia entre as médias de maior e menor pressão dos períodos avaliados, onde a redução da amplitude entre as pressões após revitalização da automação representou um percentual de 48,04% em comparação ao período anterior, além de uma redução em torno de 24,44% em relação ao número de oscilações, que segundo os autores Gomes, Otero e Coura (2009, p. 311), garantem um nível de serviço mais uniforme à população e reduzem a frequência de ocorrência de rupturas e perdas de água na rede de distribuição.

Essa redução de danos à tubulação, assim como o aumento de vida útil dos materiais e equipamentos dos ramais e das redes de distribuição, podem ser verificados na **Tabela 1** e demonstram o número de manutenções realizadas na rede de distribuição nos períodos de tempo selecionados para a análise, que além de reduzir o custo de manutenção, ajudam a preservar a imagem da SANEPAR e os impactos ambientais decorrentes desses danos.

Tabela 1: Manutenção de redes e ramais de distribuição

	Conserto de redes	Conserto de ramais
Maio 2012	38	93
Maio 2013	34	50
Diferença	- 04	- 43
Redução (%)	- 10,52	- 46,23

Fonte: Adaptado de SANEPAR - SAPIENS (2016)

Na bibliografia, Rodriguez e Luvizotto Junior (2013, p. 4), salientam ainda que a variação da rotação do motor, além de preservar tubulações e equipamentos, que antes da automação recebiam pressão e vazão a

plenas cargas fornecidos pelos CMB's, com necessidade de restringir válvulas com enorme perda de carga e desgastes para tentar controlar a pressão, propiciam também a redução do gasto energético no funcionamento e controle dos conjuntos moto bombas do sistema.

No estudo, também é possível analisar os resultados da eficiência energética do novo sistema, comparando o funcionamento dos volumes de água distribuída, do gasto energético e do funcionamento do sistema com os conversores de frequência, que alteraram a forma de operação do processo, pois apesar de o sistema antigo ter *status* remoto do funcionamento das bombas, estas trabalhavam a plena carga, com controle de pressão feito por operadores via estrangulamento de válvulas.

O gráfico a seguir, **Figura 6**, mostra os valores de corrente elétrica dos CMB's em maio de 2013, escala de 0,00 a 300,00 A e a variável de pressão, escala de 0 a 50 mca, delimitadas a um período de 3 dias, no qual é possível fazer uma analogia entre a corrente dos motores em relação a pressão requerida pelo sistema e analisar a importância deste tipo de controle para a eficiência energética, controle dos equipamentos e processos no sistema de abastecimento.

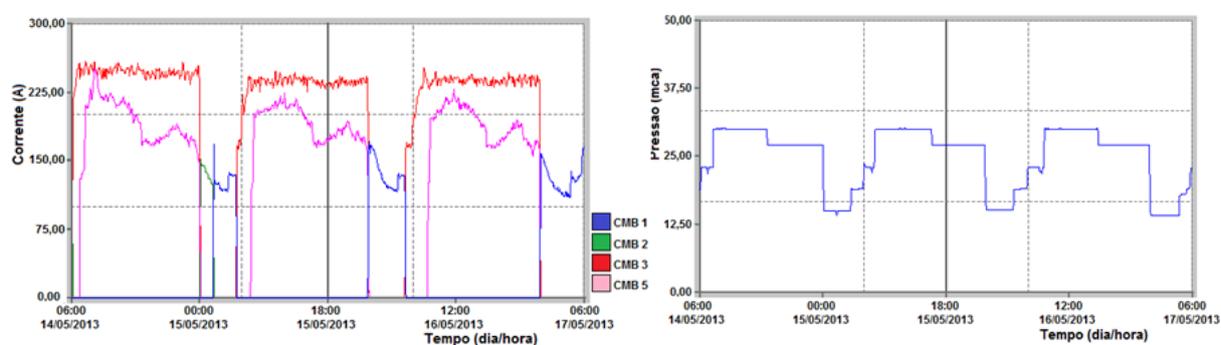


Figura 6: Corrente e pressão maio 2013 (3 dias)
Fonte: Adaptado de SANEPAR – SCADA (2016)

A análise dos gráficos acima, atesta que o controle de pressão automático, além de diminuir o patamar e diferença entre as variações de pressão, reduziu o nível de consumo energético, pois segundo Silva (2009, p. 149), quando o motor trabalha com uma frequência menor em busca da pressão requerida, também trabalha com uma corrente menor, o que diminui o consumo de energia elétrica.

Esses resultados podem ser verificados na **Tabela 2** e incluem os dados calculados do IP% e IPL do CR Portão, aos demais ganhos do sistema.

Tabela 2: Resultados do controle de Pressão

Resultados gerais	Maio 2012	Maio 2013	Aumento/Redução (%)
Amplitude pressões médias (mca)	17,32	9,00	- 48,04
Amplitude pressões de pico (mca)	27,00	18,00	- 33,33
Volume produzido (m ³)	1.532.266	1.454.856	-5,05
Volume consumido (m ³)	972.266	995.947	+ 2,43
Volume perdido (m ³)	560.000	458.909	-18,05
Número de ligações ativas	39.314	39.860	+ 1,38
IP (percentual de perdas) (%)	36,54	31,54	-5
IPL (perdas litros/ligação*dia) (%)	474,80	383,76	-19,17
Consumo de energia (KWh)	157.923	143.342	- 9,23
Fatura de energia elétrica (R\$)	49.770,96	39.597,27	-20,44
Custo (KWh/m ³)	59,04	46,21	-21,73

Fonte: O Autor (2016)

Nota: 1 mca equivale a 9806,65 Pa ou a 0,0980665 bar

Com as informações do trabalho apresentado, junto ao custo da água da ETA Iguaçu e do valor faturado para cada tipo de ligação ativa do CR Portão, também foi possível mensurar o ganho financeiro em relação a redução das perdas com o controle de pressão automatizado, conforme **Tabela 3**.

Tabela 3: Retorno sobre investimento

	Faturamento proporcional ao valor cobrado em relação a redução de perdas de água	Faturamento proporcional ao custo de produção em relação a redução perdas de água
Valor da economia (R\$)	394.373,38	155.689,82
Economia de energia (R\$)	10.174,69	10.174,69
Custo da Automação (R\$)	576.913,31	576.913,31
Retorno sobre investimento (Mês)	1,42	3,47

Fonte: O Autor (2016)

CONCLUSÕES

A partir do controle de pressão automatizado apresentado nesse artigo, foi possível reduzir as perdas de água, IP%, no CR Portão de 36,54% em maio de 2012 para 31,54% em maio de 2013, reduzir o IPL em 19,17%, a oscilação de pressão em 48,04%, a manutenção das redes de distribuição em 10,52%, a manutenção de ramais de distribuição em 46,23%, o consumo de energia elétrica em 15,08%, além da diminuição proporcional da fatura de energia para o sistema de bombeamento em 25,57%, o que representou um valor de R\$ 13.607,45 no período de um mês, o que valida esse método de controle como uma excelente medida para a redução de perdas de água, eficiência energética e dos impactos ambientais relacionados a essas perdas, como rompimentos e vazamentos de água no meio ambiente.

A consequência da redução do IPL, junto aos valores cobrados pela SANEPAR em 2013 para cada tipo de cliente, possibilitou calcular o valor do potencial de ganho monetário em maio de 2013 pela empresa em relação à redução de perdas de maio de 2012, que representou o valor de R\$ 394.329,93. Enquanto que em relação aos custos de fornecimento de água ao cliente final, essa redução de perdas com o controle de pressão automatizada representou R\$ 155.689,82.

Com o cálculo desses valores, junto ao custo de implantação da automação no sistema de R\$ 576.913,31, foi possível mensurar a viabilidade financeira do sistema de automação implementado no CR Portão. Extrapolando os resultados obtidos para os meses seguintes, o retorno sobre investimento deu-se em aproximadamente 2 meses sobre o valor faturado pela SANEPAR e em aproximadamente 4 meses sobre o custo da água distribuída pela mesma.

Além dos dados que comprovaram a eficiência em se investir na automação e controle dos processos, este trabalho pode ser usado como referência na justificativa do uso de ferramentas tecnológicas para o saneamento, na qual as empresas que aderirem a este tipo de ferramenta contarão com um diferencial que garantirá redução de custos, redução de perdas e aumento da produtividade, pois a utilização de informações em tempo real permite a correção de problemas de forma rápida e precisa, aumentando a eficiência dos processos.

Mais importante que o retorno financeiro obtido com o controle de pressão, é a mitigação das perdas, que além de aumentar a oferta de água à população, sem a necessidade de novas obras e danos ao meio ambiente, diminuem as incidências de rompimentos ou vazamentos de água e dos impactos ambientais por estas geradas.

A situação vivida em 2014 no estado de São Paulo, que segundo o SNIS (2014) possuía 32,95% de perdas de água no sistema de abastecimento, justifica as ações em relação ao controle de perdas, como mostra este trabalho. A redução da quantidade de água perdida nesse sistema, talvez fosse o suficiente para manter a disponibilidade de fornecimento de água a população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate**. São Paulo. 2013. 43 p. Disponível em < <http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>>. Acesso em 28 de Junho de 2014.
2. ADASA Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em:<<http://www.adasa.df.gov.br>>. Acesso em 23 de janeiro de 2013.
3. BEZERRA, S. de. T. M. ; SILVA, S. A. da. Automação e controle. In: GOMES, H. P. (Org.). **Sistemas de bombeamento – Eficiência energética**. João Pessoa: Editora UFPB, 2009. p.203-250.
4. COVAS, D.; RAMOS, H. Minimização de perdas de água em sistemas de abastecimento. In: GOMES, H. P.; GARCÍA, R. P.; REY, P. L. I. (Org.). **Abastecimento de água**. João Pessoa: Editora UFPB, 2007. p. 47-66.
5. FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. 4 edição – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006 núcleo de editoração e mídias de rede / Ascom/Presi/Funasa/MS.
6. GOMES. A. S; OTERO, O. L. C. de; COURA, S. P. de. Ações de eficiência energética. In: GOMES, H. P. (Org.). **Sistemas de bombeamento – Eficiência energética**. João Pessoa: Editora UFPB, 2009. p. 297-334.
7. REIS, L. F. R.; CHEUNG, P. B. Os vazamentos nas redes de distribuição de água. In: GOMES, H. P.; GARCÍA, R. P.; REY, P. L. I. (Org.). **Abastecimento de água**. João Pessoa: Editora UFPB, 2007. p.67-84.
8. RIBEIRO, M. A. **Simbologia e Identificação da Instrumentação**. Curitiba: 2012. Curso Modular de Automação e Instrumentação Industrial - ISA Curitiba.
9. ROCHA, A. M. P. da. R. **Automação na SABESP**. São Paulo: Revista Intech, 2011. Número 135, p. 7-9.
10. RODRIGUES, W.; LUVIZOTTO JUNIOR, E. **Inversor de frequência em sistemas de bombeamento**. São Paulo, fevereiro 2013. Disponível em: <<http://www.saneamentobasico.com.br/portal/wpcontent/uploads/2013/02/INVERSOR-SISTEMAS-BOMBEAMENTO.pdf>>. Acesso em: 20/02/2014.
11. SANEPAR - Sistemas de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados - SCADA . Curitiba, 2016 – Aquisição dos gráficos de pressão e corrente.
12. SANEPAR - Sistema de Informações da Sanepar – SIS. Curitiba, 2016. Banco de dados da SANEPAR.
13. SANEPAR. - Sistema de Análises e Solução de Problemas de Perdas da Sanepar - SAPIENS. Curitiba, 2016. Banco de dados da SANEPAR.
14. SANEPAR. Portal da Diretoria de Operações – DO. Desenvolvimento operacional, treinamentos – MASPP. Curitiba, 2013.
15. SANEPAR. Dados do custo de produção de água e consumo energético . Curitiba, 2016. USPD.
16. SANEPAR. Custos de implantação da Automação. USPE. Curitiba 2016.
17. SANEPAR. Dados do volume macromedido. URCTS. Curitiba 2016.
18. SENAI-PE, **Automação Controladores Lógicos Programáveis. Recife: 2008**. SENAI.PE/DITEC/DET. 126p. il.
19. SNIS Sistema nacional de informações sobre Saneamento (2014). Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em 30/06/2016
20. SILVA, S. A. da. Acionamentos de motores elétricos. In: GOMES, H. P. (Org.). **Sistemas de bombeamento – Eficiência energética**. João Pessoa: Editora UFPB, 2009. p. 113-166.
21. SILVA, C. A. M. de.; TSUTIYA, M. T. Automação de sistemas de abastecimento de água. In: TSUTIYA, M. T (Ed.). **Abastecimento de água**. São Paulo: Editora , 2004. p. 577-643.
22. TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M. T (Ed.). **Abastecimento de água**. São Paulo: Editora, 2004. p.457-525.
23. VOTRE, R.; NEUFFER, D.; MARQUES, T. M. P.; KROIN, E. A. **Automação e Ferramentas para controle de perdas em um sistema de abastecimento de água**. São Paulo: 2014. Revista Intech, número 153, p.12-20.
24. WINNISCHOFER, G. **Inversores de frequência x válvulas de controle: uma comparação sob o ponto de vista do custo incorrido durante o ciclo de vida.**, São Paulo: 2013. Revista Intech, número 149, p. 37-42.