



XI-097 - PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA DE LAGOA SANTA ÁGUA (ESTUDO DE CASO)

Paulo Roberto Cherem de Souza ⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico - PUC-MG; é pós-graduado em Telecomunicação e Redes de Computadores, e Controle e Automação Industrial, entre outros cursos. Foi Gerente de Divisão de Tecnologia da Informação, de Controle do Abastecimento da RMBH, Coordenador do Programa de Redução de Perdas de Água e um dos coordenadores dos projetos Lagoa Santa/PROCEL e Montes Claros/PMSS. Hoje é o gerente da Divisão de Eficiência Energética, responsável pelo programa de eficiência energética e coordenador da CICE Central.

Vanir Augusto de Assis Oliveira

Engenheiro Mecânico/UFGM, é pós-graduação em Análise de sistemas de processamento de dados – UFGM, entre outros. Foi um dos coordenadores dos projetos de efficientização em Lagoa Santa/PROCEL e Montes Claros/PMSS, e coordenador do programa de investimento em eficiência energética de 2007. É o gerente da Divisão Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, responsável pelos programas de gerenciamento integrado da manutenção eletro-mecânica, SIPSAP, de automação, cadastro de redes, entre outros operacionais.

Denise Pereira Barros

Engenheira de Produção pela Universidade Federal Fluminense – UFF. MBA em Economia e Gestão em Energia pelo Instituto COPPEAD de Administração – COPPEAD/UFRJ. Mestre em Administração Pública pela Fundação Getúlio Vargas – EBAPE/FGV. Doutoranda em Economia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – IE/UFRJ. Gerente de Projeto do PROCEL SANEAR/ELETROBRÁS.

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira

Engenheiro Eletricista pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ. MBA Executivo pelo Instituto COPPEAD de Administração – COPPEAD/UFRJ. Mestre em Ciências em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ. Gerente da Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio – DTPI/ELETROBRÁS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Mar de Espanha, 453 – CEP 30 330 270, Santo Antônio, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Telefones: (31) 3520 1051, (31) 9989 7841 e (31) 8756 9068 - Fax: 31 3520 1026e (31) 32501586 - **E-mail: Paulo.cherem@copasa.com.br.**

RESUMO

O presente trabalho destina-se a apresentar uma síntese de todas as ações realizadas e dos resultados obtidos ao longo do projeto desenvolvido pela COPASA e PROCEL SANEAR, para desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologia simplificada e adequada para elaboração, acompanhamento e avaliação de projetos de efficientização de água e energia, aplicável na maioria dos sistemas de distribuição de água. Foi escolhido o sistema de abastecimento da localidade de Lagoa Santa para desenvolvimento do projeto.

O projeto Lagoa Santa teve como objetivos específicos a aplicação e avaliação de software de modelagem hidráulica, em especial o EPANET 2.0, tanto para a busca de soluções consistentes de efficientização de água e energia quanto para o suporte à operação e projeto; bem como a produzir material de divulgação da metodologia e dos trabalhos desenvolvidos no projeto. Além de promover a integração das equipes e ações de racionalização e efficientização do uso da água e energia em um único programa de gestão com características de atuação permanente.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética, redução de perda de água, modelamento de sistema, controle operacional, controle de pressão.



INTRODUÇÃO

O projeto de melhoria da eficiência de água e energia em Lagoa Santa se constituiu em projeto demonstração de aplicação de medidas de otimização energética em sistemas de distribuição de água, tendo sido resultado de chamada pública ECV 014-A/2006 do PROCEL/SANEAR, em 2004. Seu desenvolvimento aconteceu entre janeiro de 2005 e dezembro de 2007.

O sistema de Lagoa Santa foi escolhido pela COPASA devido à sua baixa eficiência energética, elevado índice de perdas de água, perspectiva de expansão em futuro próximo e sendo a malha não é integrada a outros sistemas. As medidas de efficientização previstas no projeto foram a implantação de um sistema de telemetria, controle e supervisão, e a redução de perdas de água. O mesmo foi implantado com recursos do projeto, propiciando o controle da operação da elevatória de Confins (principal unidade de produção de água) e dos três principais reservatórios do sistema de distribuição de água (Aeroporto de Confins, Várzea e Lundcéia).

A partir do modelo hidráulico foi realizado um diagnóstico no sistema de produção e distribuição que identificou oportunidades de recuperação de perdas reais de água ao longo das adutoras, subadutoras e redes de distribuição, bem como perdas por extravasamento nos principais centros de reservação da localidade de Lagoa Santa. O modelo apontou que em uma região específica da cidade de Lagoa Santa (região formada por vários bairros em torno da Vila Maria) a vazão mínima horária noturna era elevada. Então, concluiu-se pela necessidade de se priorizar a redução das perdas reais de água no âmbito do projeto. Em paralelo foi feito um trabalho de análise das possíveis causas das perdas aparentes (fraudes e imprecisão da micromedição) em todo o sistema. Todas as ações realizadas ao longo do projeto e os resultados derivados cujo conjunto resultou no alcance parcial das metas propostas, qual seja, a redução do índice de perdas de água e a conseqüente melhoria do consumo específico de energia no sistema de Lagoa Santa, fazem parte integrante de um relatório específico sobre o assunto.

METAS DO PROJETO

Reduzir o consumo de energia elétrica em 440 MWh/ano e as perdas de água em 32,4 m³/ano.ligação (88,8 L/ligação.dia)

METODOLOGIA UTILIZADA

PASSO 1: DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA

O abastecimento de água da cidade de Lagoa Santa é realizado a partir do aproveitamento de manancial subterrâneo local, por meio da utilização de vários poços profundos, sendo a bateria de poços de Confins a unidade mais importante do sistema e é parte integrante do Sistema de Produção de Confins, com capacidade de cerca de 170,00 L/s. É também responsável pelo abastecimento de água do Aeroporto de Confins e do seu Distrito Industrial, com demanda máxima de 3% e 8% da produção, respectivamente.

O estabelecimento dos procedimentos que permitiram à COPASA atingir e manter níveis elevados de eficiência no uso racional da água e energia teve como base a investigação das causas das despesas evitáveis com energia elétrica com as respectivas ações administrativas e de engenharia.

As ações administrativas relacionam-se com a administração de contrato, a identificação de oportunidades de redução de perdas de energia elétrica e perdas aparentes de água e com o apoio operacional necessário antes e após a execução das mesmas. As ações de engenharia foram direcionadas para a administração e controle do abastecimento, modelamento hidráulico do sistema de abastecimento de água, identificação de oportunidades de redução de perdas hidráulica e perdas reais de água.



Tabela 1: Informações básicas do sistema

Período 08/2005 a 07/2006	Ligações (99,99% medida)		Economias		Extensão de Rede (m)			Vazamentos de Água Corrigidos		Falta D'água
	Água	Esgoto	Água	Esgoto	Redes	Ramal	Rede	Redes	Ramais e Padrões	
Total do Período	14.621	3.413	16.234	3.985	187.584	73.105	59.203	1.748	2.302	657
Média do Período	14.306	2.520	15.921		175.773	71.530	55.020	146	192	56
Variação Anual (%)	4,72	51,62	4,19		10,42	4,72	19,40	-1,46	-15,31	-39,66

Período 08/2005 a 07/2006	Volume Distribuído m³			Vazão Média	Volume Consumido m³			Volume de ANCR
	Macro medido	Estimado	Total	L/s	Micro medido	Estimado (Básico)	Total	m³
Total do Período	4.661.658	0	4.661.658		2.970.563	146	2.970.709	1.690.949
Média do Período	388.472	0	388.472	147,9	247.547	18	247.559	140.912
Variação Anual (%)	16,68	0	16,68		0,84	-100	0,84	

Período 08/2005 a 07/2006	Vazamentos Totais		Vazamentos		ANCR		Índice de Medição de Volume	
	Redes e Ramais		Rede	Ramal e Padrão				
	Km de Rede	Km de Rede e Ramais¹	Km de Rede	1.000 Ramal	L/lig./dia	%	Distribuído	Consumido
Total do Período	23,04	16,38	9,94	160,91	323,84	36,27	100%	99,99

PASSO 2: DIAGNÓSTICO

Foi realizado um diagnóstico preliminar no sistema que, a partir do modelo hidráulico primário, identificou oportunidades de recuperação de perdas reais de água ao longo das adutoras, subadutoras e redes de distribuição, bem como perdas por extravasamento nos principais centros de reservação. Concluiu-se também pela necessidade de se trabalhar a redução das perdas reais de água em uma região específica (Vila Maria), onde estas estavam mais concentradas. Em paralelo foi feito um trabalho de análise das possíveis causas das perdas aparentes (fraudes e imprecisão da micromedição) em todo o sistema.

As principais ações executadas foram: instalação e/ou adequação de medidores de energia elétrica; instalação de estações pitométrica e macromedidores; modelamento hidráulico, simulando as condições reais de funcionamento do sistema produtor e macrodistribuidor; manutenção nos equipamentos de rede, tais como, ventosas e válvulas em geral; redução na incidência de vazamentos, através da identificação das áreas de maior incidência de vazamentos visíveis, estudo da vazão mínima noturna, controle da pressão e, por fim, a pesquisa de vazamentos não visíveis.

No campo das perdas aparentes o diagnóstico buscou localizar as oportunidades de recuperação de água/receita através da gestão do parque de micromedidores (Gestão de Demanda). Aquisição e instalação de um Sistema de Telemetria e Supervisão

PASSO 3 - MODELAMENTO HIDRÁULICO

Os modelos de simulação constituem os instrumentos computacionais mais consagrados no campo do projeto e do diagnóstico de funcionamento de sistemas de distribuição de água em todo o mundo, assumindo-se como um complemento à experiência dos técnicos envolvidos. Permitem calcular as vazões nas tubulações, as pressões nos pontos notáveis, bem como as concentrações de determinada substância ou o tempo de percurso da água entre dois pontos, entre muitas outras grandezas hidráulicas e elétricas.

Para a simulação do comportamento hidráulico do principal sistema de produção e distribuição de água de Lagoa Santa foi utilizado o programa de computador EPANET 2.0, versão em Inglês, desenvolvido pela Water Supply and Water Resources Division (formerly the Drinking Water Research Division) of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory.



Para facilitar o desenvolvimento da simulação hidráulico do sistema existente, adotou-se a estratégia de desenhar um modelo hipotético que foi melhorado e otimizado a partir das medições das grandezas hidráulicas e elétricas realizadas em campo, resultando no modelo mais próxima da condição real de funcionamento.

A metodologia para desenvolvimento do modelo do sistema de distribuição de água prevê as seguintes etapas:

- **Esquema de rede:** O desenho do esquema altimétrico de rede representativo do sistema de distribuição de água foi importado diretamente do Cadastro de Rede em meio magnético – CAD - Computer Aided Design. Para tanto, foi gerado um arquivo no formato Windows enhanced metafile – wmf e carregado no EPANET como pano de fundo – backdrop, a partir do qual foi desenhado e configurado o modelo do sistema de rede.
- **Objetos:** Foram definidos somente o objetos imprescindíveis para a análise de performance e operação do sistema de distribuição, tais como, fonte de produção, reservatórios, tubos, bombas, válvulas, junções notáveis, bem como o estabelecimento dos seus respectivos parâmetros e propriedades necessárias para funcionamento do modelo.
- **Funcionamento do sistema:** Para se conhecer a forma pela qual o sistema é operado foi necessária a realização de medições de vazão pressão em diversos pontos do sistema de rede, e, investigação e esclarecimento de pontos duvidosos – sucessivas reuniões e execução de testes em campo. A partir daí, as regras de contorno e os coeficientes K_1 e K_2 .
- **Calibração do modelo:** Seleção do ponto de controle do sistema de redes que representa per si o *modus operandi* do sistema de rede.
- **Análise de funcionamento:** Verificação final do modelo é representativo da situação real.

A calibração do modelo baseou-se nas medições de vazão e pressão realizadas em diversos pontos notáveis do sistema de abastecimento. A partir daí, foi investigada a possível existência de vazamentos não-visíveis no sistema de transporte e em determinadas áreas de alta incidência de vazamentos noturnos no sistema distribuidor, tendo com base indicador Fator de Pesquisa de vazamento e a vazão mínima noturna.

PASSO 4 - SETORIZAÇÃO

A implementação da atividade de setorização do sistema de distribuição de água da cidade de Lagoa Santa está sendo feita de forma gradativa, uma vez que depende de uma série de intervenções no mesmo para readequação das suas redes. Foi priorizada a região dos bairros da Vila Maria em função de sua elevada vazão mínima noturna o que indica alta incidência de vazamentos noturnos – visíveis e/ou não visíveis.

A setorização do sistema de distribuição de água da cidade de Lagoa Santa foi projetada para atender em primeira instância as necessidades requeridas para a elaboração do diagnóstico do sistema, bem como para a calibração do modelo hidráulico, com medições das grandezas elétricas, hidráulicas e mecânicas. Depois, as ações foram priorizadas para as áreas com maior potencial de recuperação de perdas reais de água e por consequência de energia elétrica. A Tabela 2 apresenta um resumo das ações de setorização.



Tabela 2: Resumo das ações de setorização

Ponto de Medição	DN	Tipo Medidor	Caixa de Proteção Medidor	Medidor/ Transmissor	Observação
Saída da EEAT Confins	300	EM	Existente	Existente	Diagnóstico e Calibração
Entrada Res. Aeroporto	250	HD	Existente	Existente	Diagnóstico e Calibração
EP Chegada Res. Lundcéia	250	EP	Existente	-	Diagnóstico e Calibração
EP Rodovia	300	EP	Concluída	-	Diagnóstico e Calibração
EP Saída Lundcéia	300	EP	Concluída	-	Diagnóstico e Calibração
EP Rua Senador Câmara	250	EP	Concluída	-	Diagnóstico e Calibração
Vila Maria/Palmital	150	HD	Concluída	Instalado	Projeto de Setorização
Vila Maria/Campinho	150	HD	Concluída	Instalado	Projeto de Setorização
CDI MG-10	150	HD	Concluída	Instalado	Projeto de Setorização
Confins/Várzea	250	EM	Concluída	Instalado	AV Acadêmico
Entrada Res. Lundcéia	250	EM	Concluída	Instalado	Projeto de Setorização
Saída BST Architec	150	HD	Concluída	Instalado	Projeto de Setorização
EP1 Rua Pinto Alves	150	EP	Concluída	-	Pesquisa de Vazamentos
EP2 Rua Pinto Alves	150	EP	Concluída	-	Pesquisa de Vazamentos
Rua dos Expedicionários	150	EM	Concluída	Instalado	Vila Maria 1
Rua dos Expedicionários	150	EM	Concluída	Instalado	Vila Maria 2

PASSO 5 - CONTROLE DE PRESSÃO

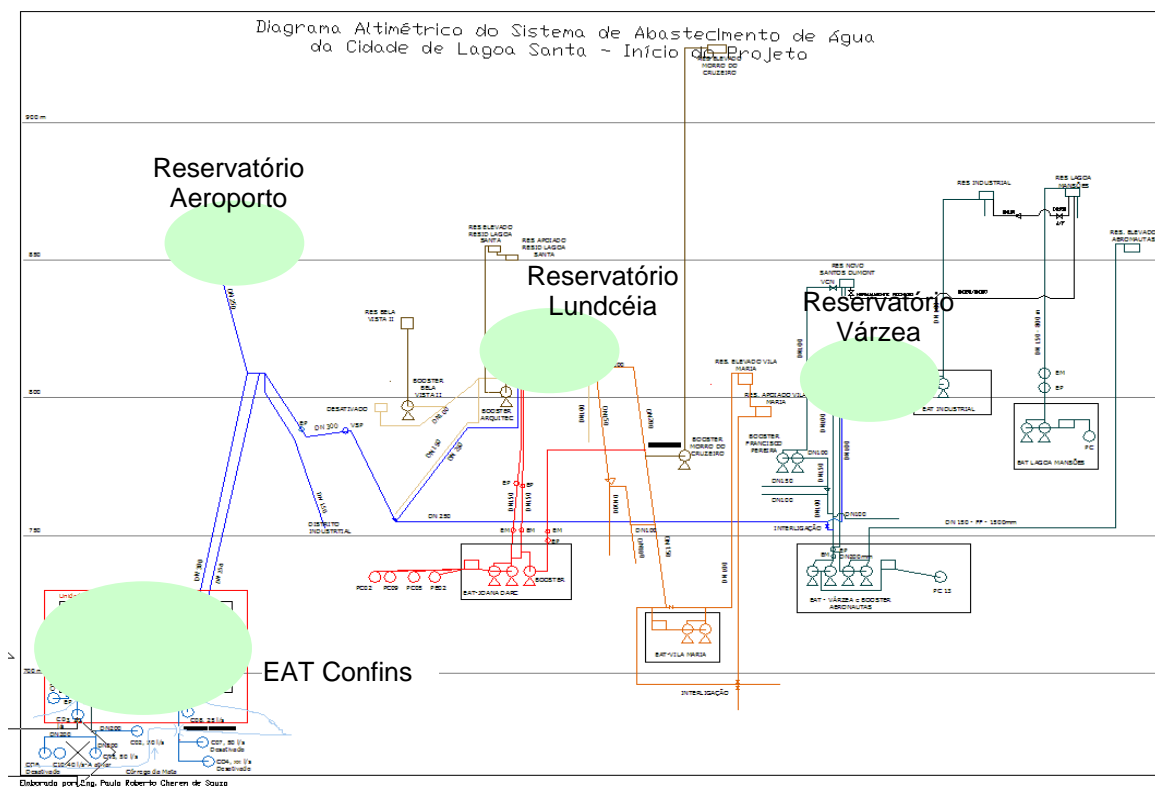
A proposta fundamental do gerenciamento de pressões tem por objetivo minimizar as pressões do sistema distribuidor e a faixa de duração das pressões máximas, enquanto assegura os padrões mínimos de serviço para os consumidores. Estes objetivos duais são atingidos por projeto específico de setorização do sistema de distribuição pela introdução de válvulas redutoras de pressão - VRP, com reflexo diretamente proporcional nas perdas reais e aparentes de água.

A partir da análise da geometria das redes de distribuição de água do SCP Vila Maria – área de maior incidência de vazamentos cuja causa fundamental é o excesso de pressão na rede de distribuição - bem como de constatações realizadas in loco foram instaladas nas redes de distribuição da região da Vila Maria cinco válvulas redutoras de pressão.

PASSO 6 - MELHORIA DO CONTROLE OPERACIONAL

A implantação do sistema de automação da elevatória de Confins e dos três principais reservatórios de distribuição possibilitou que o melhor controle da operação do sistema, já implantado ao longo do desenvolvimento do projeto, fosse efetivamente adotado evitando situações de desabastecimento de água, extravasamentos de reservatórios e outras anomalias decorrentes da falta de controle sobre o processo em geral. Esta otimização do controle foi fundamental para que o consumo específico de energia elétrica e o índice de perdas de água fossem reduzidos. A Figura apresenta o diagrama altimétrico do sistema de abastecimento de água da cidade de Lagoa Santa, com indicação das unidades contempladas com o projeto automação.

Figura 1: Unidades do SAA contempladas com o projeto de automação



PASSO 7 - CONTROLE ATIVO DE VAZAMENTO - PESQUISA DE VAZAMENTOS

A partir da análise dos resultados das medições de vazão e pressão no Sistema Distribuidor foi definida uma área para execução da pesquisa de vazamentos não-visíveis. A área escolhida se localiza na região norte do município, compreendendo os bairros de Moradas da Lapinha, Palmital, Vila Rica, Acácias, Benedito dos Santos, Vila Maria, Vila Santa Helena e Vila Verde. A região possui perfil de ocupação predominantemente residencial com baixa densidade demográfica. O abastecimento é feito a partir de duas redes com diâmetros 150 mm existentes na Rua Pinto Alves. As pressões de abastecimento são elevadas durante a noite e baixas durante o dia, com ocorrência de intermitência nas cotas mais elevadas.

A pesquisa de vazamentos não-visíveis apresentou resultado muito satisfatório, como era de se esperar em uma área com ocorrência tão elevada de vazamentos. A vazão mínima noturna sofreu forte queda, de 8,7 L/s, caindo de 13,6 para 4,9 L/s. O fator de pesquisa que anteriormente calculado em 0,57 foi reduzido imediatamente depois da correção dos vazamentos, para 0,27.

Foram localizados pela equipe contratada 35 (trinta e cinco) vazamentos em uma extensão total pesquisada de 30,0 quilômetros de rede, o que dá uma média de 1,16 vazamentos por quilômetros. Dos trinta e cinco vazamentos localizados, 22 (vinte e dois) foram localizados na primeira varredura e 13 (treze) na segunda varredura.

Dentre os vazamentos localizados, 25 (vinte e cinco) vazamentos eram não visíveis e 10 (dez) eram visíveis. Os vazamentos foram localizados predominantemente em ramais (dezesseis vazamentos), pé de cavalete (oito) e colar de tomada (sete).



FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO

A licitação do sistema de automação foi bastante comprometida seja por problemas de cumprimento de prazos legais e recursos ou por uma necessidade de se compatibilizar sua arquitetura com um sistema maior que estava em processo de aquisição pela empresa.

Durante o período de medições anteriores ocorreram acidentes geológicos com poços da bateria de Confinos que comprometeram o abastecimento de água da cidade e, conseqüentemente, o desenvolvimento normal das atividades do projeto.

RESULTADOS OBTIDOS

O Projeto foi extremamente benéfico e relevante para a COPASA. Seus resultados propiciaram a Redução de custos operacionais, melhor segurança no abastecimento, postergação de novos investimentos no sistema e disseminação da metodologia adotada para outros sistemas da empresa. Tais resultados podem ser expressos em termos dos seguintes indicadores de desempenho:

- Índice de água não convertida em receita (l/lig./dia) caiu cerca de 30 % ao longo do período, de média móvel anual de 450 l/lig./dia para 300 l/lig./dia, perfazendo 55 m³/ano/ligação.
- Consumo global de energia (kWh/mês) foi reduzido em 146 MWh/ano, com as ações do projeto com destaque para a redução do consumo em horário de ponta.
- Os consumos específicos de energia caíram cerca de 10 % ao longo do período do projeto, de 1,1 para 1,0 kWh/m³ de água consumida.
- A população da cidade, bem como o número de ligações ativas de água, cresceu em torno de 15 % nos últimos 2 anos.
- O número de vazamentos de água na região selecionada para as ações do projeto apresentou significativa redução.
- O pagamento de multas por baixo fator de potência foi totalmente eliminado ao longo do projeto.

O total de investimento foi de R\$ 225.853,93 e o benefício econômico obtido com os resultados do projeto ao longo do período apresentado no gráfico acima totalizam cerca de R\$ 190.000,00. O resultado da análise financeira está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados da análise econômica

	OBTIDOS	PROPOSTOS
TIR	193,25%	58,83%
VPL (taxa desc. 15% aa)	338.272	384.469
Retorno do capital	3º. Ano	
Relação custo/benefício (RCB)	0,35	0,24

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

O projeto de eficiência de água e energia em Lagoa Santa foi de fundamental importância para a COPASA, não apenas no tocante aos resultados obtidos para o próprio sistema, mas, principalmente, porque se constituiu em modelo de gestão integrada de perdas de água e eficiência energética, o que será adotado em toda a empresa.

A partir dos resultados obtidos no projeto ficou clara a necessidade da COPASA investir ainda mais neste sistema, e em outros semelhantes, no que diz respeito aos principais fatores observados causadores de perdas de água e ineficiência energética como:

- Redução de pressões na rede – Em Lagoa Santa foram instaladas 4 válvulas redutoras de pressão. Outras mais serão adquiridas e instaladas.
- Controle operacional – O sistema de automação da elevatória propiciou melhor controle sobre a operação do sistema de produção e distribuição de água. Porém, mesmo que este não tivesse sido instalado, seria muito prudente, em outros sistemas similares, avaliar e otimizar as regras de operação em busca de uma operação energeticamente mais eficiente.



- Eficiência de bombeamentos – Algumas unidades operacionais apresentam baixos rendimentos que podem ser melhorados com a aplicação de medidas aparentemente simples tais como redimensionamento, ou manutenção nos motores e bombas, por exemplo, aplicação revestimento cerâmico, ou ainda instalação de inversores de frequência.
- Melhoria do transporte – O aumento da vazão recalcada da EAT Confins mostrou, conforme modelo hidráulico, que o transporte da água tratada entre esta e a cidade de Lagoa Santa poderia ser bastante otimizado para as condições atuais. As Simulações demonstram que se a adutora de água tratada fosse duplicada (em parte) poder-se-ia operar com um máximo de duas bombas em paralelo na EAT Confins.
- Setorização – A partir dos resultados do modelo hidráulico, foi projetada a setorização completa do sistema a qual será fundamental para o efetivo controle das perdas de água na distribuição.

Consideramos que, os resultados obtidos com este projeto de demonstração, embora quantitativamente não sejam tão relevantes, foram bastante positivos no aspecto qualitativo em especial quando consideramos a possibilidade de disseminação das boas práticas empregadas e validadas em seu desenvolvimento para toda a Empresa. Acreditamos que, a partir desta disseminação e com o desenvolvimento de projetos semelhantes em outros sistemas, a COPASA poderá caminhar efetivamente no sentido de melhorar cada vez mais seus indicadores de recuperação de perdas de água e eficiência energética.

O combate a perdas de água e energia elétrica – enquanto insumo em sistemas de distribuição de água constitui-se em ações permanentes, com reflexos diretos na medida de eficiência operacional, otimização do sistema de distribuição e na gestão econômico - financeira da COPASA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Programa de Redução de Perdas de Água no Sistema de Distribuição COPASA
2. Losses in Water Distribution Networks: A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control, Malcolm Farley and Stuart Trow – 2003, IWA Publishing.
3. Norma Técnica Brasileira, NBR 12218/1994, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.
4. Gestão Energética. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.