

XI-037 – ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS OPERACIONAIS DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE GURJAÚ - PE

Hudson Tiago dos Santos Pedrosa⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. Mestrando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos no PPEC/UFPE.

Bruno Roberto Gouveia Carneiro da Cunha

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Pernambuco - UPE. Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e Gestão da Manutenção

João Luiz Dias Medeiros

Técnico em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Pernambuco. Técnico Operacional da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. Graduando de Gestão Ambiental na Faculdade dos Guararapes-PE

Hugo Fagner dos Santos Pedrosa

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pelo PPGRHS/UFAL. Analista em Desenvolvimento Regional da Companhia dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – Codevasf.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Cruz Cabugá, 1387, - Santo Amaro - Recife - PE - CEP: 50040-905 - Brasil - Tel: (81) 8182-2335 - e-mail: hudsonpedrosa@hotmail.com

RESUMO

O crescimento da população vem demandando água em quantidades maiores, no entanto, a água disponível no sistema nem sempre atende a essas exigências, o que obriga as empresas de saneamento a encontrarem alternativas técnicas que sejam viáveis economicamente para o defect. de água das áreas urbanas. Na sua maioria essas alternativas modificam o comportamento operacional do sistema de bombeamento, geralmente aumentando o tempo de bombeamento e/ou aumentando os números de conjuntos motor-bombas em funcionamento, assim elevando o custo de energia das estações elevatórias existentes. A energia elétrica é necessária para transportar a água através dos sistemas, apesar de garantir a confiabilidade do abastecimento de água, o grande consumo de energia elétrica dificulta o equilíbrio financeiro das empresas de saneamento. Esta situação tem motivado os gestores a planejarem programas de eficiência hidráulica e energética em sistemas de saneamento. Desta forma, o presente trabalho mostra o sistema atual de bombeamento do abastecimento de água do sistema Gurjaú, Jaboatão do Guararapes-PE, com uma análise econômica a partir da variação de operação no funcionamento dos conjuntos motor-bombas da Estação Elevatória do sistema, visando à diminuição dos custos com energia elétrica sem comprometer o abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Modelagem Hidráulica, Sistema de Abastecimento de Água.

INTRODUÇÃO

Com o alcance da projeção da população dos projetos, somadas ao envelhecimento das redes de distribuição, cada vez mais vem demandando água em quantidades maiores, contudo, os sistemas de abastecimento de água nem sempre atende essas exigências, o que obriga as empresas de saneamento a encontrarem alternativas técnicas que sejam viáveis economicamente para o abastecimento de água de áreas urbanas obrigando os gestores de saneamento a adequarem e/ou melhorarem os sistemas de distribuição de água.

Em muitas ocasiões, as reservas de água são distantes e em cotas inferiores dos pontos de consumo, unidades de tratamento e acumulação, exigindo elevação destas águas, para tanto, são utilizados equipamentos eletromecânicos, como os conjuntos motor.

Com o aumento da demanda, muitas vezes, torna-se necessário exceder a oferta de água da região que, somado a deteriorações dos sistemas, como aumento de rugosidade das tubulações, vazamentos, entre outros,

comprometem a confiabilidade do abastecimento, assim estes sistemas passam a trabalhar em condições distintas do projeto inicial. Muitas vezes, estas mudanças afetam a operação das estações elevatórias, aumentando o custo de energia elétrica.

A energia elétrica é necessária para transportar a água através dos sistemas, por isto, tão importante quanto às medidas de diminuição do consumo de água, são as ações operacionais no processo de melhoria dos sistemas de distribuição (GOMES, 2005).

Então, para cada volume (m^3) de água transportada para o abastecimento existe uma demanda energética, logo, quanto mais eficiente for seu transporte, menores serão os custos associado a energia (MARTINS, 2006).

Apesar da permanente utilização desses equipamentos garantirem a confiabilidade do abastecimento de água, o grande consumo de energia elétrica dificulta o equilíbrio financeiro, já que esta é a segunda maior despesa das empresas de saneamento e 90% desta energia elétrica devem-se as estações elevatórias (TSUTIYA, 2004).

Essa situação tem motivado a implementação de programas na busca da eficiência hidráulica e energética em sistemas de saneamento. A utilização de softwares como ferramenta na gestão operacional de sistemas de distribuição de água tem se tornado cada vez mais frequente, visto que os mesmos nos fornecem uma visão sistêmica do abastecimento de água e o acompanhamento contínuo dos parâmetros hidráulicos.

Dentre os modelos de simulação hidráulica, já desenvolvidos, o EPANET se destaca pela confiabilidade e quantidade de usuários existentes em muitos países. Esse modelo é um software de domínio público, desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency – EPA, que pode ser utilizado livremente por qualquer usuário.

O presente trabalho mostra o sistema atual de bombeamento do abastecimento de água do sistema Gurjaú, Jaboatão do Guararapes - PE e uma análise econômica a partir da variação de operação no funcionamento dos conjuntos motor bombas da Estação Elevatória do sistema, visando à diminuição dos custos com energia elétrica sem comprometer o abastecimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de Gurjaú entrou em operação em 1918, e hoje ele atende às regiões Ponte dos Carvalhos, Pontezinha, Anel da Muribeca, Candeias, Piedade, Barra de Jangada e Vila da Muribeca, todos pertencentes ao município de Jaboatão dos Guararapes-PE. A captação é feita em uma barragem, situada na localidade de Gurjaú, no Cabo de Santo Agostinho. Esta foi construída com uma vazão de regularização de 1100 l/s e cuja função é de elevar o nível da água até a cota da estação de tratamento (Figura 1).



Figura 1: Barragem Gurjaú

As águas captadas na barragem são reunidas na caixa de areia existente a jusante da mesma, a partir da qual são aduzidas, por gravidade, através de um canal de concreto armado, até as duas estações de tratamento. As águas provenientes das E.T.A.s Matapagipe e Gurjaú são conduzidas para um reservatório (poço de sucção) a partir do qual será promovido o recalque para o reservatório de água tratada, construído em morro próximo às duas estações de tratamento.

A partir do reservatório de água tratada uma linha de DN 1000 mm abastece o reservatório denominado Ponte dos Carvalhos, estes também recebem água da ETA Pirapama. A figura abaixo mostra o fluxograma do sistema.

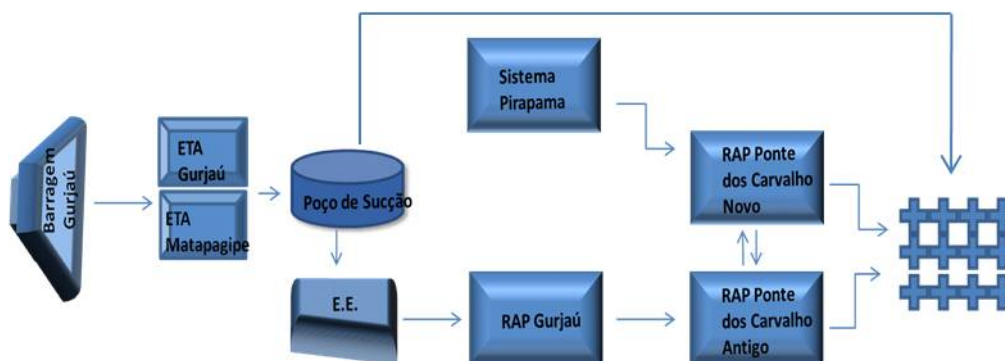


Figura 2- Fluxograma do sistema

MODELO HIDRAULICO

O modelo hidráulico (Figura 3) foi construído a partir de informações obtidas de cadastro técnico, visita a campo e do Manual de Operação, já a calibração do modelo concedeu através de dados da telemetria e de planilhas adquiridas da Coordenação de Controle Operacional – CCO, permitindo a comparação entre vazões simuladas e medidas. A seguir, descreveremos as características físicas das unidades representadas no modelo.

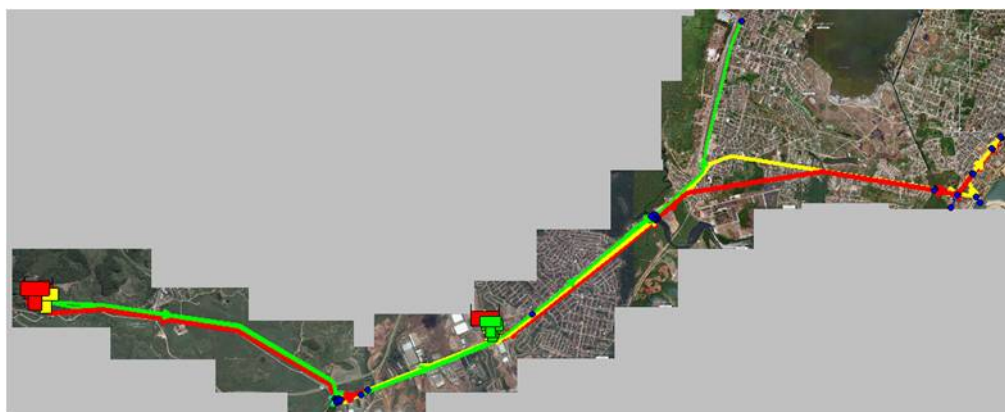


Figura 3- Esquema do Modelo Hidráulico de Gurjaú

CARACTERISTICAS FÍSICAS

ETA GURJAÚ E MATAPAGIPE– A representação da ETA no modelo estar representada por um reservatório de nível fixo com cota 65 m. A água captada da barragem de Gurjaú é transportada através do um canal livre para a ETA Gurjaú e ETA Matapagipe (Figura 4). Após o tratamento, as duas ETAs lançam a água tratada no poço de sucção.



Figura 4-ETA Gurjaú

POÇO DE SUCÇÃO – O poço de sucção está em uma cota de fundo 56,5 e recebe água tratada das ETAs Gurjaú e Matapagipe, o poço distribui para a Estação Elevatória e para duas linhas de 750 mm que abastecem prazeres. De forma circular, seu diâmetro é de 20 m e tem uma altura de 6 m (Figura 5) e seus níveis de operação de mínimo e máximo de 3,5 e 5,5, respectivamente.



Figura 5- Poço de sucção

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – localizada em uma cota de 60 m é composta por 4 conjuntos motor- bombas com potência de 250 cv (Figura 6), com diâmetro de sucção de 800 mm. A vazão nominal de cada conjunto é de 463 l/s com a altura manométrica de 29 mca, a Figura 7 mostra a curva de funcionamento usada no modelo para cada bomba. A Figura 8 mostra o consumo energético horário das bombas, extraído da fatura da CELPE para a unidade.



Figura 6- Estação Elevatória de Gurjaú

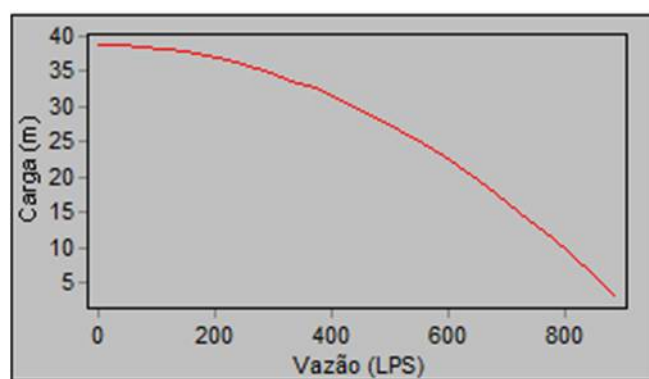


Figura 7- Curva das Bombas da EE Gurjaú

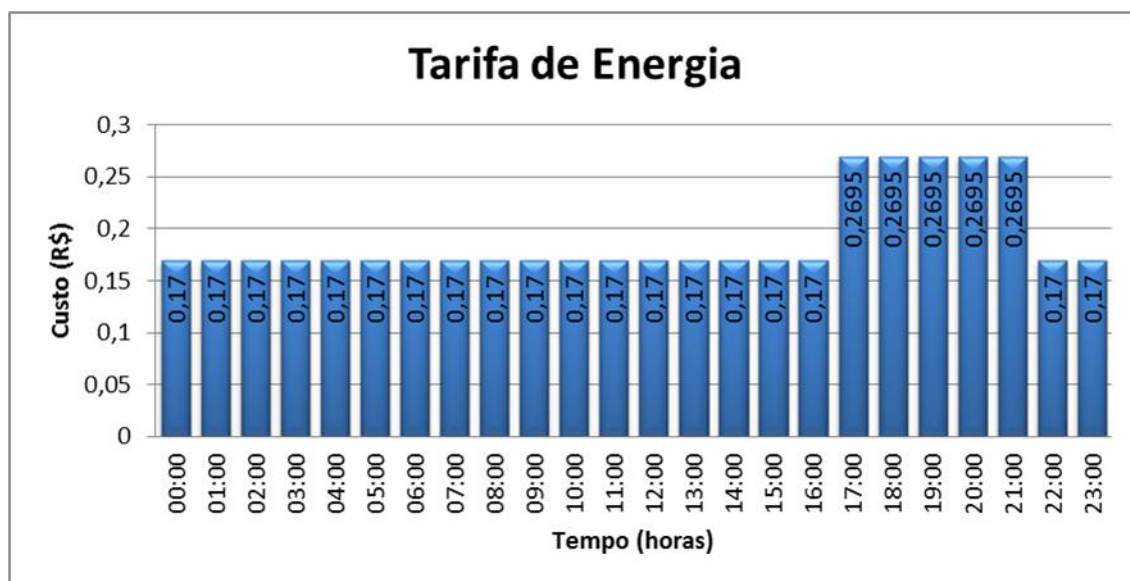


Figura 8 - Tabela da tarifa energética R\$/hora.

RAP DE SAÍDA – Localizado na cota de 71, sua operação fica entre os níveis mínimo de 1 m e máximo de 4 m e sua forma é retangular com dimensões de 46 m x 30 m. O RAP de saída recebe água da Estação elevatória e distribui por uma linha de 1000 mm que manda água para o reservatório Ponte dos Carvalhos.

RAP PONTE DOS CARVALHO – Os reservatório de Ponte dos Carvalhos, novo e antigo, estão localizados na cota de 46,5, com seus nível de operação mínimo de 1 m e máximo de 4 m. Os reservatórios Ponte dos Carvalho recebe água de Gurjaú, como também da ETA Pirapama e distribui por duas linhas, de 1000 mm e 800 mm, que abastecem a região de Curcurana e Prazeres.

CALIBRAÇÃO DO SISTEMA

O modelo foi calibrado através de dados coletados na Coordenação de Controle Operacional - CCO e da telemetria, para os dias 1 a 4 de agosto de 2014. Os trechos usados para a calibração foram da Saída da ETA Gurjaú (calha parshall), saída do RAP de Gurjaú, Saída do poço de sucção pelas linhas 1 e 2 de 750 mm, chegada do Reservatório de Ponte dos Carvalhos por Pirapama e nos pontos existentes da telemetria na nas quatro linhas, de 1000 mm, 800 mm e duas de 750 mm (Figura 9). A tabela abaixo apresenta os valores médios das vazões simuladas e observadas, e mostra a correlação entre as médias de 0,999, bem como a Figura 10 mostra a comparação dos valores observados, pontos verdes, com os valores simulados, linha vermelha, assim demonstrando o balanço de vazões no sistema.



Figura 9- Localização dos pontos de medição

Tabela 1-Quadro resumo de calibração

Localização	Números Observados	Média Observada (l/s)	Média Simulada (l/s)	Erro Médio (l/s)	Desvio Padrão
L_800	95,0	756,7	768,1	13,7	20,5
L_1000	95,0	489,2	492,4	6,9	13,4
L2_750	77,0	111,7	111,6	1,7	2,0
L1_750	95,0	93,8	93,8	1,0	1,5
S_ETA	80,0	950,6	950,0	0,6	2,5
SPS_L1	80,0	111,5	112,1	1,7	2,1
SPS_L2	80,0	93,9	104,1	10,2	10,3
SR_1000	80,0	451,8	450,0	46,9	57,7
E_RPC_P	31,0	933,8	768,1	48,7	58,8
S_RPC	80,0	755,9	768,1	13,3	20,5
SRPC100	80,0	488,8	492,2	7,2	14,3
Rede	873,0	450,2	452,9	11,6	23,7
Correlação entre Medidas			0,999		

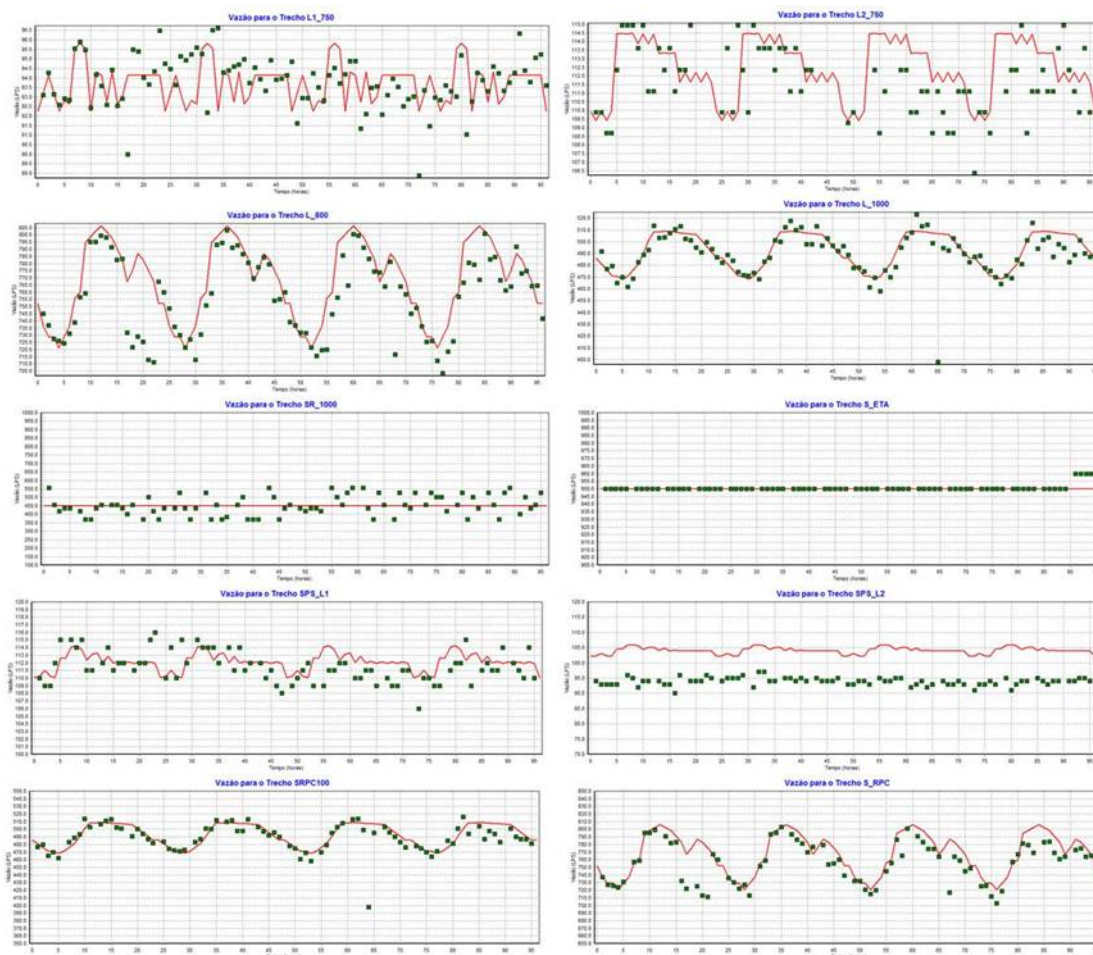


Figura 10-Vazões observadas x simuladas

CENÁRIOS

Para as simulações foram considerados quatro possíveis cenários, o cenário atual consiste no entendimento do sistema em funcionamento no presente momento, o balanço de vazões, seu comportamento dos níveis dos

reservatórios, bem como, a operação dos CMBs da estação elevatória. Este cenário servirá de comparação com os cenários posteriores. O segundo cenário verifica a economia de energia elétrica com a instalação de um inversor de frequência, mantendo as características das demandas e níveis dos reservatórios do sistema atual. Mantendo as características do cenário atual, o terceiro cenário apresenta a economia na energia elétrica proposta pela diminuição da coluna de água recalçada se caso a entrada do reservatório de partida de Gurjaú fosse por baixo. O quarto e ultimo cenário apresenta a junção dos cenários anteriores, a integração da entrada do reservatório por baixo e usando o inversor de frequência simultaneamente.

Cenário 1 - Atual - O cenário atual funciona com dois conjuntos motor-bombas ligados 24 horas. Atualmente as ETAs contribuem com uma vazão de 1200 l/s, neste cenário verifica-se que o poço de sucção e os reservatórios Ponte dos Carvalhos apresentam níveis constantes, trabalhando sempre cheio ao longo do dia, enquanto reservatório da saída da ETA permanece com níveis baixos (Figura 11). Para manter este equilíbrio, uma das bombas é estrangulada, válvula a jusante do CMBs meio fechada, fazendo com que o CMB estrangulado tenha um consumo de 0,09 kWh/m³ enquanto o outro conjunto opera com um consumo de 0,06 kWh/m³, assim a estação elevatória gera um custo de R\$ 1090,62 por dia com energia elétrica.

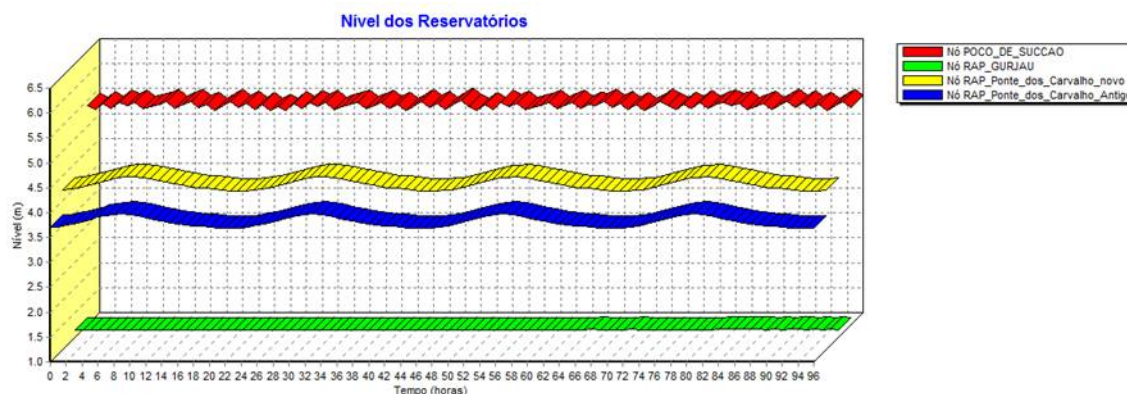


Figura 11- Níveis dos reservatórios, Cenário Atual.

Cenário 2 - Com Inversor de Frequência – Este cenário contempla a instalação do inversor de frequência em um dos conjuntos motor-bombas. Permanecendo com as condições do cenário atual, ou seja, ETAs contribuindo com uma vazão de 1200 l/s, o poço de sucção e os reservatórios Ponte dos Carvalhos apresentando níveis constantes, trabalhando sempre cheios ao longo do dia e reservatório da saída da ETA permanecendo com níveis baixos (Figura 11). No sistema atual, o controle de vazão que contribui para o equilíbrio do sistema, dá-se através de estrangulamento das válvulas a jusante dos CMBs, assim, desperdiçando a energia elétrica. O presente cenário substitui as válvulas de estrangulamento por Inversores de frequência para o controle das vazões de equilíbrio, contudo, os CMBs passaram a consumir de 0,06 kWh/m³ energia elétrica.

Dentro deste cenário, houve alternância entre os CMBs com o inversor de frequência, no sistema em estudo, as bombas são instaladas em paralelo (Figura 12), assim mostrando a melhor posição para a instalação do equipamento. O quadro abaixo mostra o custo no dia para cada bomba com o inversor de frequência.



Figura 12 - Estação Elevatória de Gurjaú sistema em paralelo

Tabela 1 - Custo de energia entre os CMB com inversores

Conjunto c/ Inversor		% utilização	kWh/m ³	Custo/dia	Custo Total/dia
CMB 01	CMB4	33,33	0,06	187,10	899,94
	CMB3	33,33	0,06	187,00	
	CMB2	33,33	0,06	186,96	
	CMB1	100	0,06	338,89	
CMB 02	CMB4	33,33	0,06	187,16	899,89
	CMB3	33,33	0,06	187,06	
	CMB2	100	0,06	338,73	
	CMB1	33,33	0,06	186,94	
CMB 03	CMB4	33,33	0,06	187,22	899,76
	CMB3	100	0,06	338,61	
	CMB2	33,33	0,06	187,01	
	CMB1	33,33	0,06	186,93	
CMB 04	CMB4	100	0,06	338,51	899,56
	CMB3	33,33	0,06	187,12	
	CMB2	33,33	0,06	187,00	
	CMB1	33,33	0,06	186,93	

Cenário 3 - Entrada do reservatório por baixo – A maioria dos reservatórios dos sistemas de abastecimento de Pernambuco apresentam suas entradas por cima (Figura 5). Neste cenário, admite-se a entrada por baixo do reservatório. Mantendo as condições do cenário atual, ou seja, ETAs produzindo uma vazão de 1200 l/s, o poço de sucção e os reservatórios Ponte dos Carvalhos apresentando níveis constantes, trabalhando sempre

cheio ao longo do dia e o reservatório da saída da ETA permanecendo com níveis baixos (Figura 11), contudo, a estação elevatória passará a gerar um custo de R\$ 985,05 por dia com energia elétrica.

Cenário 4 - Inversor de frequência e Entrada do reservatório por baixo – Neste cenário, admite-se a entrada através da cota de fundo do reservatório e o inversor de frequência instalado na bomba número 01. Mantendo as condições do cenário atual, os CMBs passaram a consumir de 0,05 kWh/m³, assim a estação elevatória passará a gerar um custo de R\$ 718,08 por dia com energia elétrica.

RESULTADOS

Denominamos eficiência energética como a capacidade de realizar um serviço ou produzir algo com a quantidade de energia inferior à que era consumida anteriormente, sem comprometer sua quantidade e qualidade (MARTINS, 2006). Neste contexto, Eficiência energética seria produzir consumindo menos energia na Elevatória de Gurjaú, sem prejudicar o abastecimento de água, atendendo assim a demanda por água da região. Para quantificar a melhoria nos cenários acima, foram considerados como indicadores, consumo específico de energia, custo médio da energia e custo total do dia. A tabela abaixo evidencia a comparação dos cenários com o sistema atual.

Cenário	CMB	Consumo específico de energia (kWh/m ³)	Custo Médio de Energia (R\$/kWh)	Custo /Dia (R\$/dia)	Custo /mês (R\$/mês)	Economia / mês (R\$/mês)	% de Economia (%/mês)
Atual	CMB4	0,09	0,38	1090,68	32720,4	0	0,00%
	CMB3	0,09					
	CMB2	0,09					
	CMB1	0,06					
Com Inversor de frequência	CMB4	0,06	0,17	899,56	26986,8	5.733,60	17,52%
	CMB3	0,06					
	CMB2	0,06					
	CMB1	0,06					
Entrada por baixo do reservatório	CMB4	0,10	0,38	985,05	29551,5	3.168,90	9,68%
	CMB3	0,10					
	CMB2	0,10					
	CMB1	0,05					
Com Inversor de frequência e entrada por baixo do reservatório	CMB4	0,05	0,31	718,08	21542,4	11.178,00	34,16%
	CMB3	0,05					
	CMB2	0,05					
	CMB1	0,05					

O cenário Atual gasta, em média, R\$ 32720,40 por mês (1090,68 R\$/dia), como eficiência energética é produzir a mesma quantidade com menor custo de energia, assim os demais cenários foram comparados com as condições atuais. Inserindo o inversor de frequência a economia com o custo de energia é de aproximadamente 17,5% comparado com o cenário atual. Isso ocorre por estes CMB's trabalharem estrangulados para manter o balanço de vazões no sistema.

Neste estudo, também demonstra a economia de aproximadamente 9,68% se alterarmos a entrada do reservatório. O reservatório de saída de Gurjaú, atualmente, trabalha com o nível baixo, assim diminuindo a coluna d'água a ser vencida pela bomba quando a sua entrada ocorre pela cota de fundo do reservatório.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O modelo hidráulico é uma importante ferramenta para um melhor gerenciamento das Estações Elevatórias, em termos hidráulicos e energéticos, fornecendo índices que nos auxilia nas tomadas de decisão para um sistema mais eficiente. A calibração obteve uma correlação entre medidas de 0,99 para vazão, trazendo mais confiabilidade para o balanço das vazões do sistema, assim validando o modelo que alcançou uma representação bem satisfatória do sistema real com o auxílio dos modelos computacionais.

O modelo contribui para um diagnóstico do sistema atual. No cenário Atual, mostra-se que a estação elevatória de Gurjaú funciona dois conjuntos motor-bombas ligados 24 horas, gastando, em média, R\$ 32718,60 por mês (1090,62 R\$/dia). Como nas maiorias das estações elevatórias, os CMB's trabalham estrangulados, fazendo com aumento o custo do metro cúbico da água, atualmente o consumo é de 0,09 kWh/m³.

Buscando a eficiência energética das estações elevatórias, o presente estudo traz um comparativo econômico com o cenário atual. O modelo mostra que instalando um inversor de frequência no CMB diminui o custo do metro cúbico da água, passando a consumir 0,06 kWh/m³, o inversor de frequência reduz a velocidade do motor do conjunto assim trazendo uma economia de 17,5% comparada ao custo atual, passando a gastar R\$ 26.986,80 por mês, uma economia de R\$ 5.733,60 por mês nos custos da empresa. Com o modelo devidamente calibrado também auxilia na escolha de qual CMB instalar o inversor de frequência, fazendo assim um sistema ainda mais eficiente.

O estudo também exhibe a economia alterando a entrada dos reservatórios. A entrada por baixo dos mesmos traz uma economia 9,68 %, significando R\$ 3.168,90 por mês (985,05 R\$/dia) em comparação ao cenário atual.

Com a integração das duas alternativas, a economia é ainda maior, chegando a 34,16 % comparado aos gastos atuais, a estação elevatória, em estudo, passaria a gastar R\$ 21.542,40 por mês (718,08 R\$/dia), trazendo uma economia de R\$ 11.178,00 por mês.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GOMES, H. P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos, ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 2005, 114p.
2. MARTINS, V. A.; PEREZ, A. M. A.; BARDELES, K. L. N.; GONÇALVES, F. V.; CHEUNG, P. B.; IDE, C. N. Modelagem Computacional como Ferramenta para Estudo de Eficiência Energética no Saneamento. VI SEREA – Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa (Brasil), 2006.
3. TSUTUYIA, M. T. Abastecimento de Água, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 2004. 634p.