

AVALIAÇÃO HIDROENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO INDICADORES DE DESEMPENHO

Daniel Rossoni Rocha¹, Marcelo Giulian Marques²

¹ Aluno, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/UFRGS – danielrossoni5@gmail.com

² Professor orientador, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/UFRGS – mmarques@iph.ufrgs.br

INTRODUÇÃO

Grande parte da população desconhece que os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) no Brasil movimentam quantias enormes de recursos hídricos, energéticos e financeiros. No Brasil, em 2015, as despesas com energia elétrica dos prestadores de serviço de saneamento atingiram R\$ 5,14 bilhões, tendo sido consumidos 11,0 TWh com abastecimento de água (BRASIL, 2017). Um Diagnóstico Hidroenergético (DH) visa o aperfeiçoamento desses sistemas, através do monitoramento de parâmetros elétricos e hidráulicos. Entre as diversas ferramentas utilizadas em um DH, é comum a utilização de indicadores de desempenho como forma de mensurar a eficiência hidroenergética de um SAA.

INDICADORES DE DESEMPENHO

Indicadores são ferramentas de representação de sistemas complexos e possuem três funções básicas: avaliar e controlar o desempenho dos recursos disponíveis, demonstrar o desempenho da organização, e apontar falhas entre o desempenho e as metas estabelecidas (FRANCESCHINI et al. 2007). Portanto, indicadores podem ser aplicados de maneira direta à operação de um SAA, visando a quantificação da eficiência na utilização dos principais insumos utilizados no processo (energia elétrica e água). A International Water Association (2000) apud Kuritza (2017) propõe os seguintes indicadores de desempenho para avaliação hidroenergética de um SAA:

•Consumo Específico (CE): É utilizado para fazer comparações em um mesmo período de tempo, entre a relação do consumo de energia elétrica para operar o sistema pelo volume bombeado.

$$CEE = \frac{\text{Consumo Ativo Total (kWh)}}{\text{Volume Total Bombeado (m}^3\text{)}}$$

•Consumo Específico Normalizado (CEN): Normaliza, através da altura manométrica(H), diferentes SAA. Compara a quantidade de energia utilizada para elevar 1m³ de água a 100m de altura.

$$CEN = \frac{\text{Consumo Ativo Total (kWh)}}{\text{Volume Total Bombeado (m}^3\text{) H (m)}} \cdot 100$$

•Custo Médio da Energia Elétrica (CMEE): Representa o custo de energia elétrica, em unidade monetária (considerando impostos, tarifas, e etc.), por kWh de energia consumida para operar o sistema.

$$CMEE = \frac{\text{Custo tarifário (R\$)}}{\text{Consumo Ativo Total (kWh)}}$$

•Custo Médio por Metro Cúbico Bombeado (CMEM): Representa o custo de energia elétrica, em unidade monetária (considerando impostos, tarifas, e etc.), para bombear 1m³ de água.

$$CMEM = \frac{\text{Custo tarifário (R\$)}}{\text{Volume Total Bombeado (m}^3\text{)}}$$

O valor da tarifa é separado em demanda (kW) e em energia (kWh), ambos referentes ao horário de ponta

$$\text{Custo tarifário (R\$)} = \frac{P \left(\frac{\text{R\$}}{\text{kWp}} + \frac{\text{R\$}}{\text{kWh}_{fp}} + \frac{\text{R\$}}{\text{kWh}_{fp}} t_p + \frac{\text{R\$}}{\text{kWh}_{fp}} t_{fp} + \frac{\text{R\$}}{\text{kWhb}} t \right)}{(1 - \text{ICMS} - \text{PIS} - \text{COFINS})}$$

ou fora da ponta, dependendo da modalidade tarifária da unidade consumidora de energia elétrica. Além disso, alguns dos impostos que compõe a tarifa variam mensalmente (PIS e COFINS).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é elaborar e analisar indicadores de desempenho gerados a partir de dados de parâmetros elétricos e hidráulicos obtidos no sistema de abastecimento de água do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A elaboração dos indicadores foi realizada de maneiras distintas com o objetivo de apresentar uma maneira mais eficaz de avaliação hidroenergética por meio de indicadores.

METODOLOGIA

Durante o ano de 2013, foram coletados dados de parâmetros hidráulicos e elétricos no SAA do Campus do Vale (UFRGS), com objetivo de realizar um diagnóstico hidroenergético do sistema, verificando possíveis deficiências e potencial de redução de consumo de energia elétrica na operação do SAA. Este estudo fez parte do projeto REDECOPE – Desenvolvimento de Tecnologias e Procedimentos Eficientes para a Gestão Hidroenergética em Sistemas de Abastecimento de Água.

O presente trabalho propõe a avaliação da eficiência hidroenergética do SAA-UFRGS através da elaboração dos indicadores de desempenho apresentados anteriormente. A abordagem de elaboração dos mesmos utilizou duas maneiras distintas: a primeira com os parâmetros reais e de fato medidos pelos equipamentos durante o diagnóstico e a segunda utilizou-se o conceito de energia mínima apresentado por Duarte et al. (2008). No caso da energia mínima, se considerou como condição de contorno um sistema sem perdas de carga, com fator de potência igual a 1, rendimento do conjunto motobomba igual a 100%, bandeira verde e bombeamento totalmente fora da ponta. Cabe lembrar que bombear água em horários de ponta (18h-21h) é em torno de 5 vezes mais caro que fazer o mesmo nos períodos considerado fora de ponta.

Calculou-se o custo da tarifa de energia, utilizando a classe A4, com a modalidade tarifária horária verde, impostos variáveis e bandeira vigente em setembro de 2018, obtidos no site da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE).

ESTUDO DE CASO

Os dados utilizados foram coletados no SAA do Anel Viário do Campus do Vale da UFRGS, apresentado de forma esquemática na Figura 1. A altura geométrica da estação de bombeamento (desnível geométrico entre os reservatórios superior e inferior) é de 65 m. O material da tubulação é ferro fundido, com diâmetro na linha de recalque de 145,8 mm e comprimento de aproximadamente 1062 m e a capacidade nominal de armazenamento dos reservatórios RI e RII é de 700 m³. A estação de bombeamento possui dois conjuntos motobomba que operam de maneira intermitente, sendo que, o conjunto motobomba 1 (CMB1) é o que possui prioridade de operação. O Quadro 1 apresenta os parâmetros coletados durante as medições e que são utilizados na elaboração dos indicadores.

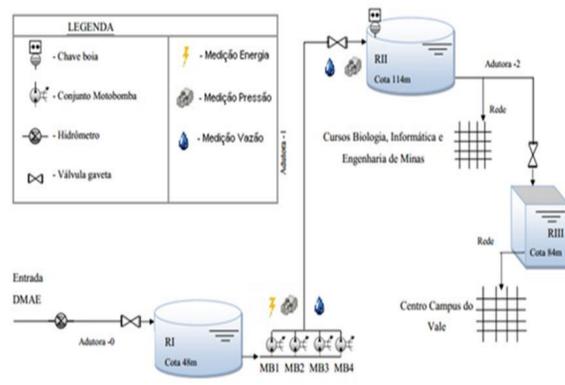


Figura 1 – Esquema do SAA do Campus do Vale da UFRGS (TONIAL, 2014)

Parâmetros Coletados na Estação de Bombeamento	
Período de Operação dentro do horário de ponta (h)	
Período de Operação fora do horário de ponta (h)	
Tempo Total de Operação (h)	
Volume Total Transportado de Água (m ³)	
Vazão Média do Sistema (m ³ /h)	
Altura manométrica - H (m)	
Consumo Ativo Ponta (kWh)	
Consumo Ativo Fora de Ponta (kWh)	
C. Reat. Exced. Ponta (kVAr)	
C. Reat. Exced. Fora de Ponta (kVAr)	
C. Aparente (kVA)	
Demanda (kW)	
Fator de potência	

Tabela 1 – Parâmetros hidráulicos e elétricos coletados

O estudo realizado limitou-se a analisar as condições de bombeamento de água do RI para o RII utilizando os dados coletados entre os meses de abril e setembro de 2013. Nos meses de abril, maio, junho e julho, foram elaborados indicadores com base no conjunto motobomba 1 (CMB1), pois este estava operando no período, e para os meses de agosto e setembro, com base no conjunto motobomba 2, pelo fato de o CMB1 estar em manutenção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados através do comparativo de indicadores reais e indicadores de energia mínima apresentados nos gráficos das Figuras 2, 3, 4 e 5.

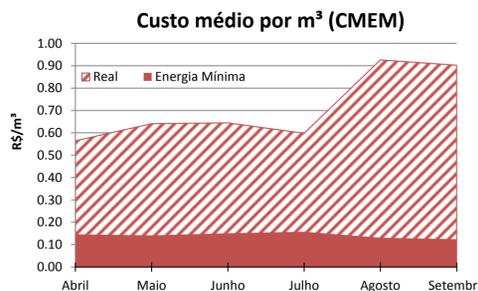


Figura 2 – Comparativo entre o CMEM Real e o elaborado por Energia Mínima

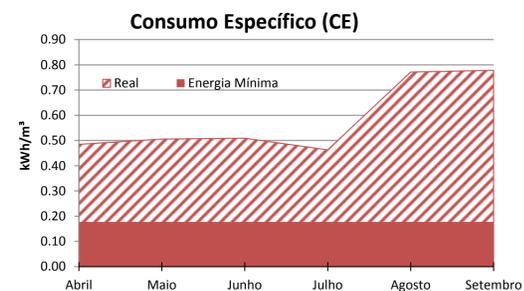


Figura 3 – Comparativo entre o CE Real e o elaborado por Energia Mínima

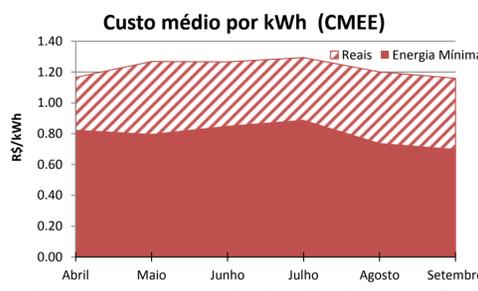


Figura 4 – Comparativo entre o CMEE Real e o elaborado por Energia Mínima

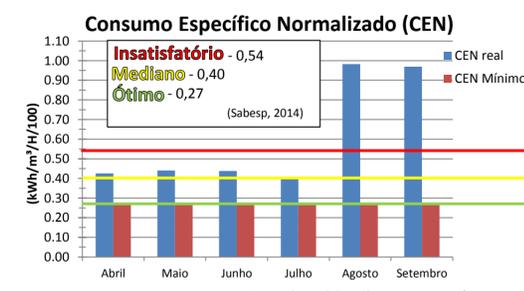


Figura 5 – Comparativo entre o CEN Real e o elaborado por Energia Mínima

Observa-se que, de maneira geral, há um potencial de redução de consumo e de custos em todos os indicadores elaborados, evidenciando que a análise de Indicadores Reais x Mínimos, fornece um grande subsídio técnico aos gestores de SAA, enriquecendo a avaliação de intervenção no sistema. Percebe-se uma grande defasagem de eficiência no momento que o conjunto motobomba 2 entra em operação no mês de julho, evidenciando que seu rendimento está abaixo do CMB1, elevando todos os indicadores. Verifica-se também que o CEN, para o conjunto motobomba 1 é o que menos apresenta potencial de redução de consumo, tendo em vista que opera em condição ótima, fato que não ocorre quando o CMB 2 entra em operação, elevando o indicador de maneira significativa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à FINEP, CNPQ, CAPES e toda equipe de professores e alunos do Laboratório de Obras Hidráulicas e Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento.

REFERÊNCIAS

- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 21º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2015. Brasília: Ministério das Cidades, 2017.
- FRANCESCHINI, F.; GALETTO, M.; MAISANO, D. *Management by measurement: Designing key indicators and performance measurement systems*. Heidelberg: Springer, 2007.
- DUARTE, P.; ALEGRE, H.; COVAS, D. I. C. Avaliação do Desempenho Energético em Sistemas de Abastecimento de Água. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DRENAGEM, 8, Portugal, 2008.
- KURITZA, Joice Cristini. *METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS DE BOMBAMENTO DE ÁGUA COM VELOCIDADE DE ROTAÇÃO VARIÁVEL*. 2017. 161 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Iph, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- TONIAL, Fernanda de Carli. *Eficiência Energética de Estações de Bombeamento: Estudo de Caso do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*. 2014. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Iph, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- SABESP (2014). "Eficiência Energética e Gestão de Energia na Sabesp". Acesso em 23 de junho de 2017.