

XI-092 - PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO

Luis Henrique Pereira da Silva⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Tecnologia da Energia pela Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Coordenador de Eficiência Energética da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz⁽²⁾

Engenheiro Eletricista pela UFPE. Mestre e Doutor em Economia também pela UFPE. Coordenador de Manutenção Elétrica da COMPESA.

Leonardo Nascimento de Oliveira⁽³⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Especialista em Energia Solar e Eólica pela POLI/UPE. Engenheiro Eletricista da COMPESA.

Milton Tavares de Melo Neto⁽⁴⁾

Engenheiro Eletricista pela UFPE. Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica também UFPE. Especialista em Eficiência Energética da COMPESA.

Hudson Tiago dos Santos Pedrosa⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Tecnologia ambiental e Recursos Hídricos pela UFPE. Gerente de Planejamento Operacional da COMPESA.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Saturnino de Brito, 472 - Cabanga - Recife - PE - CEP: 50090-310 - Brasil - Tel: (81) 3412-9139 - e-mail: luishenrique@compesa.com.br

RESUMO

Grande parte do consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água está relacionado com a operação de conjuntos moto-bomba. É uma situação comum nas companhias de saneamento a falta de acompanhamento dos desempenhos eletromecânico e hidroenergético de sistemas elevatórios de água. Por conta disso, existem custos significativos que são desconhecidos e, como consequência, não são evitados de forma efetiva.

O presente trabalho foi realizado com base no método desenvolvido entre a Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do extinto Ministério das Cidades do Brasil, agora Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, com a cooperação do projeto de “Eficiência Energética no Abastecimento de Água” (ProEESA). A coordenação do parceiro alemão ficou a cargo da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável - *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), sendo a entidade executora o consórcio AKUT/SKAT.

O método em questão é pautado no cálculo do Consumo Específico Normalizado (CEN), em [kWh/(m³x100m)], ou em (%) de rendimento do conjunto motor-bomba e compara os rendimentos diagnosticados com valores de referência relativos a bombas e motores. O método é indicado para o controle do rendimento de estações elevatórias usando as informações existentes e disponíveis. O processo é considerado um pré-diagnóstico da operação de estações elevatórias, que identificará aquelas com maior potencial de economia. Obviamente, para efeitos de justificar investimentos avultados é necessário sustentar a decisão com um diagnóstico embasado em valores medidos e com elevada exatidão por meio de auditorias energéticas e diagnósticos em campo.

Para realização de tal pré-diagnóstico das eficiências eletromecânicas e hidroenergéticas, foram selecionadas dez unidades elevatórias de água com características distintas operacionais tanto em alturas manométricas, quanto em capacidade de produção. As unidades ficam localizadas na Região Metropolitana do Recife (RMR) e pertencem à Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Foi possível identificar que as estações elevatórias EEAT VIANA e EEAT BOTAFOGO II destacam-se com os valores CEN de 0,38 kWh/(m³x100m), o que significa uma eficiência média da ordem de 72% para ambas as unidades.

PALAVRAS-CHAVE: Conjuntos Moto-bomba, Pré-diagnóstico, Consumo Específico Normalizado.

INTRODUÇÃO

O insumo energia elétrica é bastante significativo para as companhias de saneamento. No Brasil, quase a totalidade dessas companhias (98%), tem entre seus três maiores custos, as despesas com energia elétrica (GOMES, 2010). De acordo com os dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), em 2016 estas empresas gastaram R\$ 5,42 bilhões com energia elétrica, e foram responsáveis pelo consumo de aproximadamente 2,5% de toda a energia elétrica demandada do país, tendo sido consumidos cerca de 11,8 bilhões de kWh.ano⁻¹ (SNIS, 2016).

A necessidade de otimização de custos com energia elétrica tem sido uma preocupação constante entre as empresas prestadoras de serviços públicos de água e esgotamento sanitário, sejam elas pequenas ou grandes corporações. Um aspecto importante é o incremento de demanda de água e esgoto no setor de saneamento, criação de novos sistemas, etc. Dessa forma, mesmo com o subsídio de 15% aplicados pelas concessionárias de energia às tarifas, a tendência do setor é a de operar com elevação do consumo de energia elétrica e, como consequência disso, aumento de custos.

De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), é possível diminuir o consumo de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água em cerca de 4,7 bilhões de kWh.ano⁻¹, apenas com a redução de perdas e aumento da eficiência eletromecânica de bombas e motores (SPE, 2010). De acordo com Tsutiya (2006), existem quatro áreas de oportunidades para melhorias da eficiência energética em sistemas de abastecimento de água: 1) O uso racional de água no consumidor; 2) A configuração e operação do sistema; 3) A otimização da eficiência eletromecânica de bombas e motores; 4) A redução de perdas de água na distribuição.

Segundo a NBR ISO 50001 (2018), eficiência energética é o *quantum* da relação entre uma saída de desempenho e uma entrada de energia. Portanto, o Consumo Específico (CE), que relaciona quantidade de energia consumida (kWh) com a quantidade de volume de água fornecido (m³), é um bom indicador para a eficiência energética do sistema. Um “problema” em relação ao CE é o fato de que esse índice não considera a altura manométrica a ser superada por cada sistema, o que pode provocar interpretações equivocadas.

O indicador de Consumo Específico Normalizado (CEN), desenvolvido pelo Projeto de Eficiência Energética (ProEESA) permite o controle do rendimento de estações elevatórias, considerando, além da quantidade de energia consumida (kWh) e do volume de água fornecido (m³), a altura manométrica (mca). Dessa forma, o CEN é capaz de captar peculiaridades de sistemas elevatórios cujas alturas manométricas são diferentes, calculando puramente o rendimento do conjunto motor-bomba (CAVALEIRO *et al.*, 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

Na tabela 1, segue relação de dez unidades estudadas, bem como as informações relativas aos conjuntos moto-bomba.

Tabela 1: Unidades selecionadas para o estudo.

Dados Base		Conjunto Moto-Bomba Atual		
Código	Estação elevatória	Tipo de motor	Qtde. bombas em operação simultânea	Potência de cada motor [kW]
A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	externo	3	257,00
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	externo	2	331,00
C	EEAB BOTAFOGO I	externo	2	552,00
D	EEAT BOTAFOGO II	externo	2	257,00
E	EEAB TIÚMA	externo	3	441,00
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	externo	2	316,00
G	EEAT VIANA	externo	2	220,50
H	EEAT MORROS	externo	2	184,00
I	EEAB PARATIBE	externo	2	257,00
J	EEAB ARATACA	externo	2	257,00

Na tabela 2, seguem as informações relativas à volume de água elevado, altura manométrica e energia elétrica consumida. Os dados de volume e energia elétrica são referentes ao ano de 2017.

Tabela 2: Dados das unidades estudadas utilizados para o cálculo dos indicadores CE e CEN.

Código	Estação elevatória	Volume elevado em 2017 [m³]	Altura manométrica média [m]	Energia elétrica consumida em 2017 [kWh]
A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	17.660.000,00	71,10	6.231.840,00
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	11.107.920,00	118,80	5.340.751,00
C	EEAB BOTAFOGO I	20.848.604,00	88,00	8.691.648,00
D	EEAT BOTAFOGO II	22.064.364,00	45,00	3.767.407,00
E	EEAB TIÚMA	22.387.632,00	44,70	5.912.786,00
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	21.083.170,00	45,80	4.648.303,00
G	EEAT VIANA	13.937.886,00	83,00	4.362.503,00
H	EEAT MORROS	7.295.976,00	79,20	3.084.369,00
I	EEAB PARATIBE	6.865.044,00	94,00	3.267.392,00
J	EEAB ARATACA	10.244.112,00	97,50	5.102.333,00

O consumo específico de energia (CE), dado em kWh/ m³, para as informações contidas na tabela 2, estão representados na figura 1.

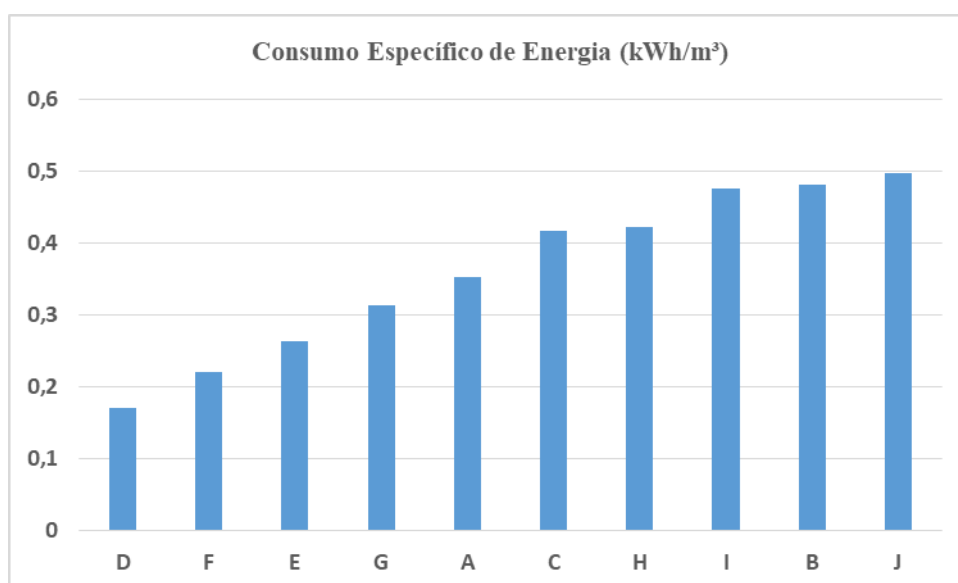


Figura 1: Consumo específico de energia das unidades estudadas.

Ocorre que o CE por si só não indica eficiência energética. As condições orográficas individuais em cada sistema de abastecimento exigem uma exploração com maior ou menor intensidade energética, porém, a avaliação do histórico de cada sistema pode trazer informações se os serviços estão se aproximando ou afastando de regimes de eficiência energética.

Para avaliar o desempenho energético dos equipamentos eletromecânicos o indicador mais adequado é o da IWA Ph5 ou CEN – Consumo de Energia normalizado expresso em [kWh/(m³x100m)] e facilmente convertível em rendimento do conjunto moto-bomba η (%). Este indicador corresponde ao inverso da eficiência média de bombeamento do grupo motobomba.

O cálculo do indicador CEN envolve três variáveis de entrada: o volume total de água bombeado no período de referência; a altura manométrica média a ser superada pelo sistema e o total de energia elétrica consumida pelos conjuntos moto-bomba também no período de referência, conforme poder ser verificado na equação 1.

$$CEN = \frac{E}{F_{unif}}$$

equação (1)

Onde:

- E é o total de energia elétrica consumida para bombeamento (kWh);
- Funif é o fator de uniformização (m³x100m).

O fator de uniformização é utilizado para que seja feita a normalização pela altura geométrica, conforme equação 2.

$$F_{unif} = \frac{V \times H}{100}$$

equação (2)

Onde:

- V é o volume total de água elevado no período de referência em (m³);
- H é a altura manométrica média verificada no período de referência (mca).

Resulta-se na equação 3, abaixo:

$$CEN = \frac{E \times 100}{V \times H}$$

equação (3)

O cálculo do indicador CEN resulta em um valor em [kWh/(m³x100m)], que representa o rendimento do sistema de bombeamento. A magnitude deste resultado é inversamente proporcional ao rendimento expresso em (%), ou seja, sistemas pouco eficientes apresentam valores elevados de CEN, enquanto sistemas mais eficientes apresentam valores de CEN mais baixos.

O mínimo valor teórico é 0,2725, ($\eta = 100\%$) que corresponde a um sistema capaz de converter toda a energia elétrica fornecida em pressão hidráulica na tubulação de saída do conjunto moto-bomba. Tal sistema é apenas teórico, visto que perdas por vibração, aquecimento, escorregamento, etc., no motor e na bomba sempre ocorrerão, mesmo que possam ser reduzidas a um mínimo.

O indicador CEN pode ser convertido em rendimento percentual, conforme equação 4:

$$CEN \left[\frac{kWh}{m^3 \times 100m} \right] = \frac{E}{F_{unif}} = \frac{P \times t[h]}{V \times H/100} = 3,6 \times 10^5 \times \frac{P}{Q[m^3/s] \times H} = \frac{0,2725}{\eta} \quad (\%)$$

equação (4)

O rendimento obtido a partir do CEN é, no âmbito desta metodologia, um pré-diagnóstico do nível de eficiência do sistema de bombeamento. Estes resultados devem ser encarados como orientadores para decisões preliminares e não para decisões definitivas sobre investimentos ou intervenções de elevado valor.

RESULTADOS OBTIDOS

O consumo de energia normalizado das instalações elevatórias corresponde ao rendimento eletromecânico dos conjuntos moto-bomba. Este indicador consiste na quantidade média de energia consumida por m³ de água elevada a uma altura manométrica de 100m. Sobre o indicador em questão, são feitas as seguintes considerações:

- Um valor bom para este indicador é entre 0,27 e 0,411 kWh/(m³x100 m) (correspondentes a eficiências médias entre 63 e 100%).
- Um valor mediano encontra-se entre 0,411 e 0,586 kWh/(m³x100 m) (correspondentes a eficiências médias entre 47 e 63%).
- Valores insatisfatórios são superiores a 0,586 kWh/(m³x100 m) (correspondentes a eficiências médias inferiores a 47 %).

Em realidade, cada estação elevatória tem os seus próprios valores de referência de acordo com a sua potência e as especificações dos fabricantes. Estes valores de referência genéricos estão representados em faixas na figura 2, relativa aos valores de CEN das unidades estudadas.

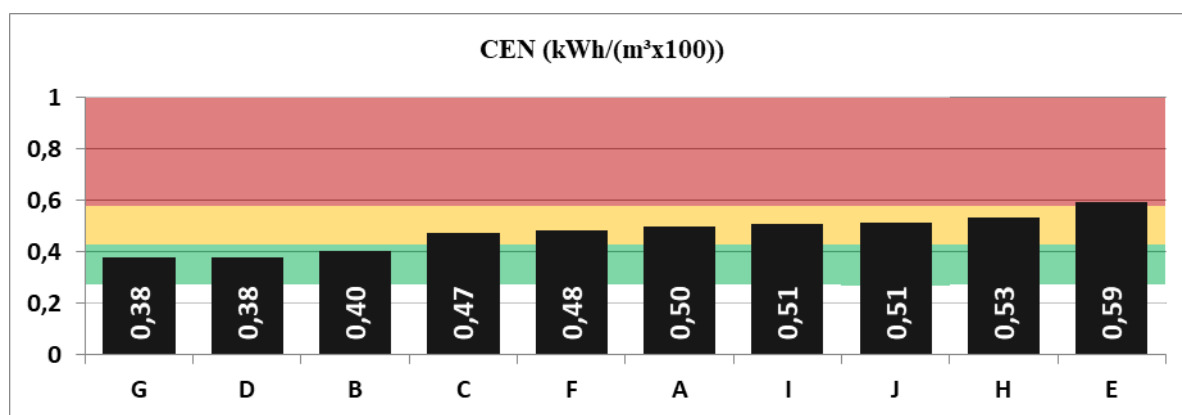


Figura 2: Consumo específico normalizado de energia das unidades estudadas.

Com base nos valores de CEN indicados na figura 2, é possível calcular os valores dos rendimentos dos sistemas elevatórios, conforme tabela 3.

Tabela 3: Rendimentos das estações elevatórias de água estudadas.

Código	Estação elevatória	CEN [kWh/ (m³x100m)]	η (%)
A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	0,50	54,90
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	0,40	67,33
C	EEAB BOTAFOGO I	0,47	57,52
D	EEAT BOTAFOGO II	0,38	71,82
E	EEAB TIÚMA	0,59	46,12
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	0,48	56,61
G	EEAT VIANA	0,38	72,26
H	EEAT MORROS	0,53	51,05
I	EEAB PARATIBE	0,51	53,82
J	EEAB ARATACA	0,51	53,34

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao comparar as figuras 1 e 2, nota-se que, como esperado, as elevatórias com os menores consumos específicos (CE), não necessariamente são as mais eficientes na análise do consumo específico normalizado (CEN). No estudo realizado, verificou-se a coincidência para a estação elevatória EEAT BOTAFOGO II para ambos os índices, porém o mesmo não ocorreu para a EEAT VIANA.

Obviamente, trata-se apenas de um pré-diagnóstico, mas que serve para balizar uma possível definição de regime operacional e de priorização nas intervenções, quando das manutenções preventivas e corretivas, bem como nas substituições de equipamentos.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Embora o CEN seja adequado para a realização de pré-diagnósticos, sobretudo porque diagnósticos mais detalhados requerem mais informações e maiores precisões, pode-se considerar que é uma ferramenta interessante e de fácil manuseio para a realização de estudos de eficiência energética em sistemas. É importante atentar para o fato de que o fator de uniformização não distingue perdas de cargas de alturas geométricas. Como sugestão, fica a possibilidade de realização de cálculos estimativos de potencial de economia de redução de energia e *payback* de investimentos, uma vez que a partir do CEN e do rendimento calculado é possível estimar investimentos para o aumento da eficiência energética de cada sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50001:2011: Sistemas de gestão de energia – requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: 2018.
2. CAVALEIRO, R., POSSETTI, G., NETO, J., SILVEIRA, A., LIMA, J. Artigo – XII-013 Método para monitoramento e pré-diagnóstico das eficiências eletromecânicas e hidroenergética de sistemas elevatórios de água – ABES-FENASAN (out. 2017).
3. H. P. GOMES. Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética. Editora Universitária, João Pessoa-PB, p.3, 2010. 1ª edição. 366p.
4. SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) (Comp.). Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2015. [s.l.], 2016. (Diagnóstico Anual Água e Esgotos). Compilação e cálculos baseados em series históricas e indicadores por abrangência disponibilizados. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 31 out. 2018

5. SPE (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético). Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2010. 156 p.
6. TSUTIYA, M.T., Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. 2. Ed. São Paulo: Abes, 2006b. 183