

XI-055 - O USO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Priscila Oliveira de Souza Donadello Figueiredo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestranda em Engenharia Ambiental pelo PPGERHA/ UFPR. Engenheira da Unidade de Serviços de Projetos Especiais da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Daniel Costa dos Santos

Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutor em Engenharia Civil pela escola Politécnica da USP.

Gustavo Rafael Collere Possti

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Engenheiro Eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Ciências e Doutor em Ciências pela UTFPR. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Professor do Programa de Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul (ISAE-FGV).

Mauro Obladen de Lara

Técnico em Mecânica pelo CEFET-PR. Engenheiro Industrial Elétrico pelo CEFET-PR. Especialista em automação pela PUC-PR. Engenheiro da Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Endereço⁽¹⁾: UFPR, Caixa Postal 19011 – Jardim das Américas – Curitiba – Paraná. CEP: 81531-990 – Brasil
- Tel: +55 (41) 3361-3434 - e-mail: prisciladonadello@gmail.com

RESUMO

O trabalho tem como objetivo apresentar a avaliação do desempenho hidroenergético de um sistema elevatório que recalca água bruta para uma estação de tratamento de água, por meio do uso de indicadores de eficiência energética, para o período entre Novembro de 2011 a Dezembro de 2014. Para tanto, inicialmente, realizou-se um diagnóstico preliminar por meio do levantamento dos dados de projeto e de operação do sistema. Na sequência, calcularam-se os consumos específico e normalizado de energia elétrica, assim como o rendimento do sistema de recalque. Os menores valores de CE e CEN (respectivamente 0,361 e 0,588) e os maiores rendimentos do conjunto motobomba (~46%) foram obtidos nos meses de março e abril do ano de 2012 e para o mês de março para o ano de 2014. Os resultados obtidos mostraram que os indicadores de eficiência energética aqui abordados podem retratar o desempenho da elevatória e que eventuais desvios podem ser facilmente detectados se forem rotineiramente empregados para avaliar suas condições de operação.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Sistemas Elevatórios, Indicadores de Eficiência.

INTRODUÇÃO

Segundo os dados para o ano de 2012 divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2014), o setor de saneamento é responsável pelo consumo de aproximadamente 3% de toda a energia elétrica demandada no Brasil, o que representa cerca de 11,95 bilhões de kWh/ano. Os gastos com energia elétrica normalmente são os maiores custos operacionais das companhias de saneamento, sendo que, normalmente, mais de 90% da demanda de energia elétrica está associada com sistemas de recalque de água (Tsutiya, 2005).

Nesse contexto, buscar a eficiência energética no dimensionamento e na operação de sistemas de abastecimento de água e de esgoto tem como consequências ganhos de ordem financeira, de forma a diminuir o custo final com energia elétrica das empresas, ambiental, de modo a evitar o desperdício dos recursos, e social no que tange a universalização dos serviços sanitários.

O diagnóstico hidroenergético possibilita verificar o desempenho operacional de um sistema de bombeamento. Para isso, faz-se necessário o uso de indicadores de eficiência energética. Um indicador muito utilizado no

setor de saneamento é o consumo específico de energia elétrica (CE), o qual é expresso, tipicamente, em kWh/m³. Esse indicador relaciona a energia consumida com o volume de água bombeado e, por consequência, avalia a eficiência do conjunto motobomba aliada à eficiência hidráulica do sistema. Valores elevados desse indicador podem representar, por exemplo, grande perda de carga na linha de recalque.

Este indicador é muito útil para monitorar o desempenho de uma determinada estação elevatória. Em 2012, o CE das Companhias de Saneamento do Paraná, de São Paulo e do Distrito Federal foi, respectivamente, de 0,82, 0,64 e 0,92 kWh/m³ (SNIS, 2014). No entanto, esse indicador não é recomendado para efetuar a comparação entre sistemas que tenham que operar, por exemplo, com diferentes desníveis geométricos. Nesses casos, deve-se empregar o consumo específico de energia elétrica normalizado (CEN). Esse indicador foi proposto pela International Water Association (IWA), por meio da publicação “Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água” (Alegre, 2004), e tem como objetivo solucionar as limitações do indicador CE, possibilitando a comparação entre sistemas com características diferentes. Esse indicador é definido como a quantidade média de energia necessária para elevar a 100 metros de altura manométrica a quantidade de 1 metro cúbico de água por meio do uso dos conjuntos motobombas.

Sendo assim, este artigo tem como objetivo apresentar o diagnóstico hidroenergético de um sistema em escala real que recalca água bruta para uma estação de tratamento de água por meio do uso de indicadores de eficiência energética.

MATERIAIS E MÉTODOS

O diagnóstico hidroenergético foi realizado na elevatória de água bruta da captação superficial do Sistema de Abastecimento de Água Cotia (SAA Cotia), a qual se localiza no município de São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. O SAA Cotia é constituído por uma captação superficial (CSP-01), uma elevatória de água bruta (EEB-01), uma adutora de água bruta (AAB-01), uma estação de tratamento de água (ETA-01), dois reservatórios de água tratada (RAP-01 e REL-01), uma elevatória de água tratada (EET-01), além de adutoras e redes de distribuição de água tratada, conforme ilustrado na Figura 1.

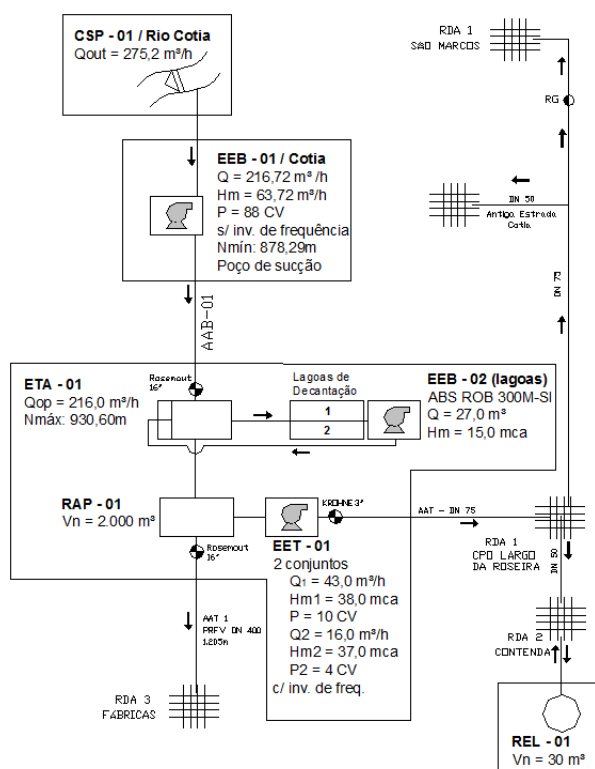


Figura 1: Representação esquemática do SAA Cotia (Fonte: Adaptado Sanepar, 2015).

A água captada no Rio Cotia é recalçada pela EEB-01 até a ETA-01. Após o tratamento, a água é armazenada no Reservatório Apoiado (RAP-01) com capacidade de 2.000 m³ e, em seguida, é distribuída por gravidade até o reservatório da fábrica Audi-VW. Já a EET-01 recalca água para a rede de distribuição RDA Fábricas do complexo industrial e, também, para as comunidades de Campo Largo da Roseira, São Marcos e Contenda. A água excedente de Contenda vai para o Reservatório Elevado (REL-01). A EEB-01, objeto deste estudo, foi projetada para recalcar 60 L/s de água bruta e vencer uma altura manométrica de 63,3 mca. Para isso, foi definida uma configuração de duas bombas instaladas em paralelo, sendo que uma delas funciona como reserva. As bombas instaladas são do tipo submersível, modelo 3300.180 HT 462, 1770 rpm.

A AAB-01 possui um comprimento aproximadamente de 4.636 m e possui trechos em ferro dúctil com diâmetro nominal de 150, 200, 250 e 300 mm e em PVC DEFoFo com diâmetro nominal de 300 mm, conforme detalhado na Tabela 1. A vazão de água bruta recalçada é mensurada com o auxílio de um sensor eletromagnético, o qual está instalado na entrada da ETA.

Tabela 1: Características da AAB-01 (Fonte: Sanepar, 2015).

Trecho	Comprimento (m)	DN	Diâmetro interno (mm)	Material	Acessórios	
					Tipo	Quantidade
1	8,92	250	263	Ferro Dúctil	ampliação gradual	1
					curva 90°	1
					curva 45°	1
					junção	1
					válvula borboleta aberta	1
					válvula de retenção	1
2	1,75	300	314,6	Ferro Dúctil	curva 45°	2
					tê de passagem direta	1
3	4.601	300	299,8	PVC DEFoFo	curva 90°	2
					curva 22°	18
					tê de passagem direta	8
4	20,5	250	263	Ferro Dúctil	curva 45°	2
					medidor	1
					tê de saída bilateral	1
5	4,46	200	211,2	Ferro Dúctil	Redução gradual	1
					tê de passagem direta	1
					tê de saída de lado	1
6	0,2	150	159,6	Ferro Dúctil	saída de canalização	1
					válvula borboleta aberta	1

Para avaliar o desempenho hidroenergético da estação elevatória, inicialmente, levantou-se o histórico dos volumes aduzidos e o tempo de funcionamento do conjunto motobomba, bem como o consumo de energia elétrica, para o período entre novembro de 2011 a janeiro de 2014. A seguinte tabulação dos dados levantados elencou, para diversos meses, os volumes mensais de água aduzidos e os respectivos consumos de energia elétrica. A partir desses dados calculou-se o consumo específico de energia elétrica (CE), dado em kWh/m³, por meio da equação 1.

$$CE = \frac{EEcons}{V_{bomb}} \quad (1)$$

na qual $EEcons$ é a energia elétrica consumida (kWh) e V_{bomb} é o volume bombeado (m³). Na sequência, procedeu-se o cálculo do consumo específico de energia elétrica normalizada (CEN), conforme reportado na equação 2.

$$CEN = \frac{EEcons}{(V_{bomb} \times \frac{h_{man}}{100})} \quad (2)$$

Entretanto, como esse indicador depende da altura manométrica (h_{man}), fez-se necessário, preliminarmente, construir a curva do sistema inerente a cada registro de vazão. Para tanto, calcularam-se as alturas

manométricas das tubulações de recalque por meio da somatória das estimativas das respectivas perdas de carga contínuas e localizadas, e considerou-se o desnível.

Para as estimativas das perdas de carga contínuas (H_c) foi utilizada a fórmula de Hazen-Williams, a qual é representada pela equação 3.

$$H_c = 10,64 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \quad (3)$$

em que, Q é a vazão (m^3/s), D é o diâmetro interno da tubulação (mm) e C é o coeficiente adimensional que depende do material e das condições da tubulação.

Para este estudo foram utilizados os coeficientes inerentes à uma tubulação com aproximadamente 10 anos de operação. Nesse sentido, atribuiu-se valores de literatura de $C = 120$ para o trecho com ferro fundido e $C = 135$ para o trecho de PVC (Azevedo Netto et al, 1998). Adicionalmente, adotou-se um intervalo de vazões entre 0 e 70 L/s.

Já para as perdas de cargas localizadas (H_l), foi utilizada a equação sugerida pela NBR 12214 (1992), dada pela equação 4, cuja representação é:

$$H_l = k \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

sendo v a velocidade da água na seção de interesse (m/s), g a aceleração da gravidade (m/s^2) e k é o coeficiente de perda do acessório (adimensional).

Para este cálculo foram levantadas todas as peças existentes na topologia, como apresentado anteriormente na Tabela 01, bem como foram consideradas vazões variando entre 0 e 70 L/s. Os valores para k da equação 4, foram obtidos da literatura, conforme Tabela 02.

Tabela 2: Valores aproximados de k (Fonte: Azevedo Netto et al, 1998).

Acessório	k
Ampliação Gradual *	0,3
Bocais	2,75
Comporta aberta	1
Controlador de vazão	2,5
Cotovelo 45°	0,4
Cotovelo 90°	0,9
Crivo	0,75
Curva 22,5°	0,1
Curva 45°	0,2
Curva 90°	0,4
Entrada de Borda	1
Entrada normal em canalização	0,5
Existência de pequena derivação	0,03
Junção	0,4
Medidor Venturini **	2,5
Redução Gradual *	0,15
Saída de canalização	1
TÊ, passagem direta	0,6
TÊ, saída bilateral	1,8
TÊ, saída de lado	1,3
Válvula borboleta aberta	0,3
Válvula de ângulo aberto	5
Válvula de gaveta aberto	0,2
Válvula de globo aberto	10
Válvula de retenção	2,5
Válvula-de-pé	1,75
Velocidade	1
* Com base na velocidade maior (seção menor)	
** Relativa à velocidade na canalização	

O desnível geométrico, por sua vez, foi obtido pela diferença entre o nível de água mínima no poço de sucção (878,29 m) e o nível de água na ETA (930,60 m).

Com a curva do sistema determinada e com as alturas manométricas calculadas, estimou-se o CEN.

Para determinar a eficiência do conjunto motobomba (h), utilizou-se a equação 5.

$$\eta = \frac{9,8 \times Q \times h_{man}}{P} \quad (5)$$

em que, Q é a vazão (m^3/s), h_{man} é a altura manométrica (mca) e P é a potência elétrica (kW).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 3 apresenta os volumes mensais de água bruta recalçada e os respectivos consumos de energia elétrica na estação elevatória durante o período de realização do diagnóstico.

**Tabela 3: Tabulação dos dados de consumos de energia elétrica e volume aduzido de água
(Fonte: Sanepar, 2015).**

Mês	Referência	Consumo de energia no mês (kwh)	Volume total aduzido no mês (m³)	Tempo de funcionamento no mês (h)	Vazão média diária (m³/h)
1	Nov_2011	23.774	59.541	381,31	156,15
2	Dez_2011	24.755	65.450	390,36	167,67
3	Jan_2012	27.875	72.319	443,04	163,23
4	Fev_2012	25.565	67.131	402,73	166,69
5	Mar_2012	28.872	79.895	453,98	175,99
6	Abr_2012	28.639	79.245	448,88	176,54
7	Mai_2012	26.156	70.402	410,38	171,55
8	Jun_2012	29.079	75.268	462,30	162,81
9	Jul_2012	28.787	75.139	443,91	169,27
10	Ago_2012	22.284	60.307	346,74	173,93
11	Set_2012	25.548	67.716	397,16	170,50
12	Out_2012	27.554	74.324	430,96	172,46
13	Nov_2012	25.176	66.767	400,06	166,89
14	Dez_2012	27.081	71.429	427,19	167,21
15	Mar_2013	28.233	73.998	436,09	169,69
16	Abr_2013	29.219	73.909	443,94	166,48
17	Mai_2013	27.859	69.392	404,63	171,49
18	Jun_2013	26.923	68.378	421,42	162,26
19	Jul_2013	23.022	58.719	348,73	168,38
20	Ago_2013	24.352	61.476	368,30	166,92
21	Set_2013	25.941	66.456	395,03	168,23
22	Out_2013	23.486	60.317	360,35	167,38
23	Nov_2013	21.592	54.927	328,86	167,02
24	Dez_2013	22.346	57.264	340,34	168,26
25	Jan_2014	31.581	83.411	500,32	166,72
26	Fev_2014	23.276	60.261	351,58	171,40
27	Mar_2014	27.654	76.583	453,19	168,99
28	Abr_2014	21.674	57.430	343,01	167,43
29	Mai_2014	23.601	61.945	366,97	168,80
30	Jun_2014	21.851	56.399	339,50	166,12
31	Jul_2014	25.430	66.694	396,67	168,13
32	Ago_2014	25.070	67.907	404,44	167,90
33	Set_2014	24.835	65.398	385,26	169,75
34	Out_2014	24.724	64.525	394,15	163,71
35	Nov_2014	26.092	67.343	409,78	164,34
36	Dez_2014	23.303	59.223	358,39	165,25

Os comportamentos do consumo de energia e do volume de água aduzido em função do tempo estão também apresentados na Figura 2. O comportamento do consumo de energia é similar aquele registrado para o volume aduzido, incluindo os efeitos de sazonalidade. Observou-se que, além dos meses de março e abril (5 e 6) de 2012, ocorreram também picos de bombeamento nos meses de Janeiro e Março (25 e 27) de 2014.

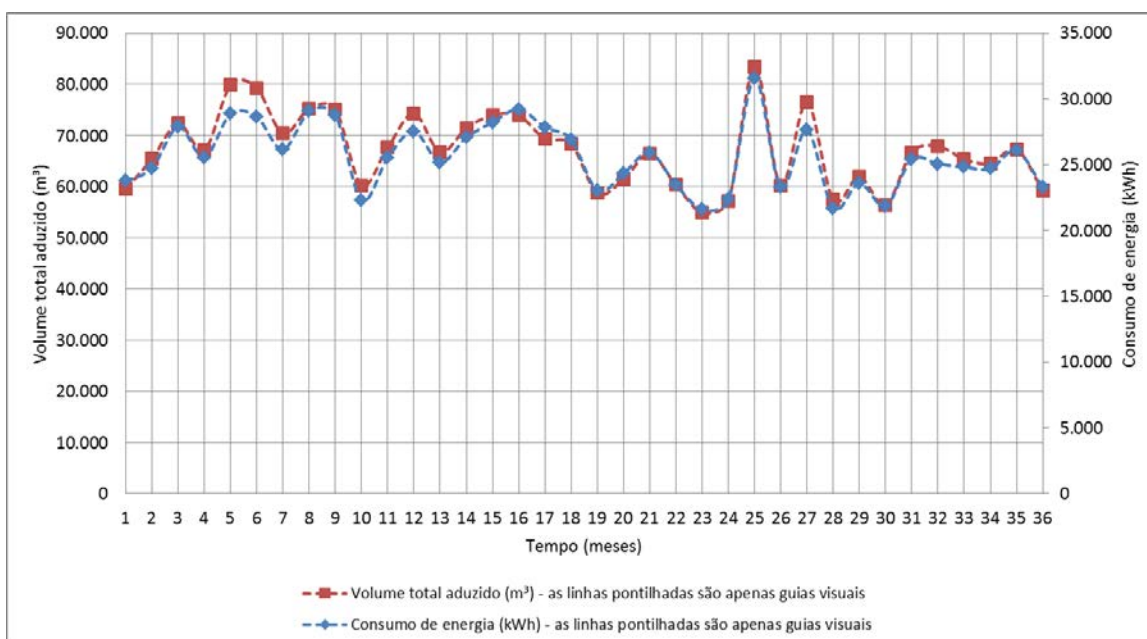


Figura 2: Comportamento do consumo de energia e do volume de água recalcada pelo conjunto motobomba em função do tempo.

Os resultados obtidos do cálculo das perdas de carga contínua (H_c) e localizada (H_l), para cada trecho da AAB-1, estão representados na Tabela 4.

Tabela 4: Cálculo das perdas de carga de cada trecho da AAB-01.

Vazão			Trecho 01		Trecho 02		Trecho 03		Trecho 04		Trecho 05		Trecho 06	
(l/s)	(m³/s)	(m³/h)	H_c	H_l	H_c	H_l	H_c	H_l	H_c	H_l	H_c	H_l	H_c	H_l
0	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,005	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,010	36	0,00	0,01	0,00	0,00	0,39	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
15	0,015	54	0,00	0,02	0,00	0,00	0,82	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04
20	0,020	72	0,01	0,03	0,00	0,00	1,40	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,07
25	0,025	90	0,01	0,04	0,00	0,01	2,12	0,05	0,02	0,05	0,01	0,05	0,01	0,10
30	0,030	108	0,01	0,06	0,00	0,01	2,96	0,07	0,03	0,07	0,02	0,08	0,02	0,15
35	0,035	126	0,02	0,09	0,00	0,01	3,94	0,09	0,04	0,10	0,03	0,10	0,03	0,20
40	0,040	144	0,02	0,11	0,00	0,01	5,05	0,12	0,05	0,13	0,03	0,14	0,03	0,26
45	0,045	162	0,03	0,14	0,00	0,02	6,28	0,15	0,07	0,16	0,04	0,17	0,04	0,34
50	0,050	180	0,03	0,18	0,00	0,02	7,64	0,19	0,08	0,20	0,05	0,21	0,05	0,41
55	0,055	198	0,04	0,21	0,00	0,03	9,11	0,23	0,10	0,25	0,06	0,26	0,06	0,50
60	0,060	216	0,05	0,25	0,00	0,03	10,70	0,27	0,11	0,29	0,07	0,31	0,07	0,60
65	0,065	234	0,06	0,30	0,00	0,04	12,41	0,32	0,13	0,34	0,08	0,36	0,08	0,70
70	0,070	252	0,06	0,35	0,01	0,04	14,24	0,37	0,15	0,40	0,09	0,42	0,09	0,81
Diâmetro interno			Di = 0,263		Di = 0,315		Di = 0,300		Di = 0,263		Di = 0,211		Di = 0,160	

Já a Tabela 5 apresenta os valores compilados para as variáveis que compõem a curva do sistema para diferentes vazões.

Tabela 5: Estimativa da curva do sistema para diferentes vazões.

Vazão		Desnível Geométrico (m)	Perda de Carga Contínua (mca)	Perda de Carga Localizada (mca)	Perda de Carga Total (mca)	Altura Manométrica Total (mca)
(L/s)	(m³/h)					
0	0	52,31	0,00	0,00	0,00	52,31
5	18	52,31	0,11	0,01	0,12	52,43
10	36	52,31	0,40	0,05	0,45	52,76
15	54	52,31	0,84	0,11	0,95	53,26
20	72	52,31	1,44	0,19	1,63	53,94
25	90	52,31	2,18	0,30	2,48	54,79
30	108	52,31	3,05	0,44	3,49	55,80
35	126	52,31	4,06	0,60	4,65	56,96
40	144	52,31	5,20	0,78	5,97	58,28
45	162	52,31	6,46	0,99	7,45	59,76
50	180	52,31	7,86	1,22	9,07	61,38
55	198	52,31	9,37	1,47	10,84	63,15
60	216	52,31	11,01	1,75	12,76	65,07
65	234	52,31	12,77	2,06	14,83	67,14
70	252	52,31	14,65	2,38	17,03	69,34

A partir desses dados, estimaram-se os valores das alturas manométricas para as vazões registradas mensalmente e do CEN conforme Tabela 6.

Tabela 6: Estimativa da altura manométrica e do CEN para as vazões registradas.

Mês	Referência	Vazão média diária (m³/h)	Vazão média diária (L/s)	Altura manométrica (mca)	CEN (Kwh/m³/100m)
1	Nov_2011	156,15	43,37	59,55	0,671
2	Dez_2011	167,67	46,57	60,58	0,624
3	Jan_2012	163,23	45,34	60,18	0,641
4	Fev_2012	166,69	46,30	60,49	0,630
5	Mar_2012	175,99	48,89	61,37	0,589
6	Abr_2012	176,54	49,04	61,43	0,588
7	Mai_2012	171,55	47,65	60,95	0,610
8	Jun_2012	162,81	45,23	60,14	0,642
9	Jul_2012	169,27	47,02	60,73	0,631
10	Ago_2012	173,93	48,31	61,17	0,604
11	Set_2012	170,50	47,36	60,85	0,620
12	Out_2012	172,46	47,91	61,03	0,607
13	Nov_2012	166,89	46,36	60,51	0,623
14	Dez_2012	167,21	46,45	60,54	0,626
15	Mar_2013	169,69	47,13	60,77	0,628
16	Abr_2013	166,48	46,25	60,47	0,654
17	Mai_2013	171,49	47,64	60,94	0,659
18	Jun_2013	162,26	45,07	60,09	0,655
19	Jul_2013	168,38	46,77	60,65	0,646
20	Ago_2013	166,92	46,37	60,51	0,655
21	Set_2013	168,23	46,73	60,64	0,644
22	Out_2013	167,38	46,50	60,56	0,643
23	Nov_2013	167,02	46,40	60,52	0,650
24	Dez_2013	168,26	46,74	60,64	0,644
25	Jan_2014	166,72	46,31	60,49	0,626
26	Fev_2014	171,40	47,61	60,93	0,634
27	Mar_2014	168,99	46,94	60,71	0,595
28	Abr_2014	167,43	46,51	60,56	0,623
29	Mai_2014	168,80	46,89	60,69	0,628
30	Jun_2014	166,12	46,15	60,44	0,641
31	Jul_2014	168,13	46,70	60,63	0,629
32	Ago_2014	167,90	46,64	60,60	0,609
33	Set_2014	169,75	47,15	60,78	0,625
34	Out_2014	163,71	45,47	60,22	0,636
35	Nov_2014	164,34	45,65	60,28	0,643
36	Dez_2014	165,25	45,90	60,36	0,652

As variações do CE, CEN e do rendimento, ao longo do tempo, podem ser observada na Figura 3. Os valores de CE oscilaram entre 0,361 a 0,401. Cabe destacar que o CE indica como está o desempenho da instalação. Nesse sentido, quanto menor é o valor de CE, menor será o respectivo dispêndio com energia elétrica. Os menores valores de CE aconteceram nos meses de março e abril de 2012 (meses 5 e 6) e no mês de março de 2014 (mês 27), período com os maiores consumos de energia elétrica e de volume aduzido de água quando da comparação com a Figura 2. Já os maiores valores de CE ocorreram em novembro de 2011 e maio de 2013 (meses 1 e 17).

Os valores de CEN variaram entre 0,588 a 0,671. Assim como para o CE, os menores valores de CEN foram registrados para os meses de março e abril de 2012 (meses 5 e 6) e no mês de março de 2014 (mês 27).

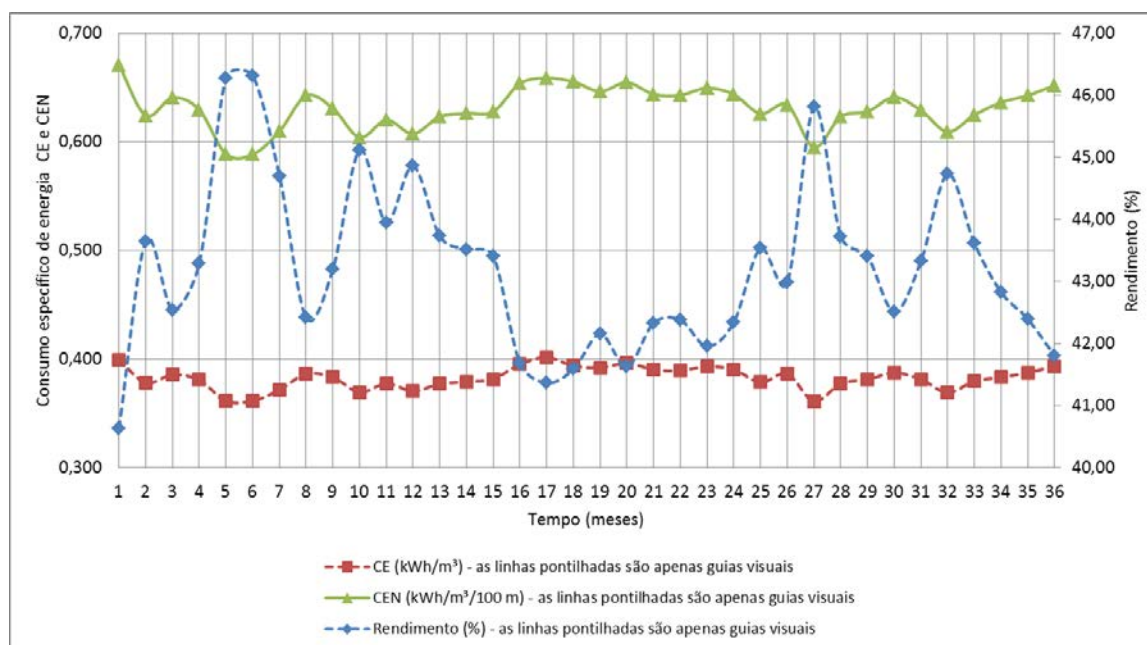


Figura 3: Comportamento do CE, CEN e rendimento em função do tempo.

Os melhores rendimentos aconteceram em março e abril de 2012 (meses 5 e 6) e no mês de março de 2014 (mês 27), meses nos quais foram registrados os menores valores de CE e de CEN.

Observa-se que o comportamento do CE e do CEN segue, de forma inversamente proporcional a do rendimento.

CONCLUSÕES

É possível argumentar que os indicadores de eficiência energética podem avaliar o desempenho hidroenergético da elevatória de água bruta, dado a partir da comparação dos valores de CE e CEN com o rendimento do conjunto motobomba. No sistema avaliado, os meses de março e abril do ano de 2012 e o mês de março do ano de 2015 resultaram nos maiores rendimentos do conjunto motobomba (~46%). Nesses meses, os valores calculados para CE e CEN foram os menores quando comparado com os dos outros meses.

Neste contexto é válido apontar que, se os indicadores de eficiência energética aqui abordados forem rotineiramente empregados pelas companhias de saneamento, eventuais desvios podem ser facilmente detectados e ações corretivas podem ser tomadas de modo a minimizar desperdício de energia elétrica.

Neste caso, a companhia poderá investigar maneiras de otimizar o sistema de bombeamento, do ponto de vista do rendimento do conjunto motobomba, a fim de buscar os menores valores de CE e CEN ao longo de todos os meses do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H., HIRNER, W., BAPTISTA, J.M., PARENA, R. Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água: versão portuguesa de Performance Indicators for Water Supply Services. Tradução Patrícia Duarte, Helena Alegre, Jaime Melo Baptista. Londres: IWA/ IRAR/ LNEC. 2004.
2. DUARTE, P., ALEGRE, H., COVAS, D.I.C. Avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água. VIII SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO. Lisboa – Portugal. 2008.
3. GOMES, H.P. Eficiência hidráulica e energética em saneamento: Análise Econômica de Projetos. 1ª Edição. São Paulo. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2009.
4. GOMES, H.P. Sistemas de Bombeamento – Eficiência Energética. 1ª Edição. João Pessoa. Editora Universitária/ UFPB. 2009.

5. NETTO, J.M.A., FERNANDEZ, M.F., ARAUJO, R., ITO, A.E. Manual de Hidráulica. 8ª Edição. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda. 1998.
6. SANEPAR. Sistema corporativo de gestão industrial – SCI. Curitiba-PR. 2014.
7. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Brasília-DF. 2014.
8. TSUTIYA, M.T. Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. São Paulo. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.