

XI-002 - MONITORAMENTO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**Marcos Antunes de Castro⁽¹⁾**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Analista de Saneamento da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

Raul César Ferreira Durães

Engenheiro de Controle e Automação pela Fundação Educacional de Montes Claros (FEMC/FACIT) e Engenheiro Eletricista pelas Faculdades Santo Agostinho (FASA). Especialista em Saneamento e Meio Ambiente pela Fundação Educacional de Montes Claros (FEMC/FACIT) e MBA em Administração pelo Instituto Superior de Educação Ibituruna (ISEIB). Professor Universitário da (FASA) e da (FEMC/FACIT). Supervisor de Manutenção Eletromecânica da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

Marcelo Libânio

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Universidade Federal de São Paulo (USP). Pós-doutor pela Universidade de Alberta (Canadá). Pesquisador do CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG.

Endereço⁽¹⁾: Rua Mar de Espanha, 525 – Bairro Santo Antônio – Belo Horizonte – Minas Gerais – CEP 30330-900 – Brasil – Tel: +55 (31) 3250-2234 - e-mail: marcos.castro@copasa.com.br.

RESUMO

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (SNIS, 2007), cerca de 2,5% do consumo total de energia elétrica do Brasil, o equivalente a 10,4 bilhões de kWh/ano, são usados no abastecimento de água e esgotamento sanitário. O consumo de energia elétrica é, normalmente, o segundo maior item de custo operacional das empresas prestadoras de abastecimento de água, sendo que mais de 90% dos gastos com energia elétrica devem-se ao processo de bombeamento, necessário para o transporte da água. Portanto, é em função dessa estreita relação entre a energia elétrica e o sistema de abastecimento de água que este trabalho dedica-se ao estudo dos indicadores de eficiência energética inerentes aos processos de bombeamento da água. Assim, objetiva apresentar e discutir esses indicadores, além de propor uma metodologia para o acompanhamento e mensuração da eficiência do uso da energia e da otimização dos custos com o insumo ao longo do tempo. Para tanto, realizou-se uma revisão da literatura acerca dos indicadores de eficiência energética aplicáveis em sistemas de abastecimento de água. A análise dos indicadores de desempenho energético Preço Médio Atualizado da Energia Elétrica (PMA), Consumo Específico de Energia Elétrica (COE) e Custo Específico Atualizado de Energia Elétrica (CUE) foi feita a partir da discussão de séries temporais de resultados da unidade operacional denominada Sistema Verde Grande, de propriedade da COPASA. Com base nessa análise, paralelamente, foi apresentada uma metodologia para o monitoramento dos indicadores de eficiência energética e para o cálculo das economias geradas ao longo do tempo. Pôde-se observar, no desenvolvimento deste trabalho, que é fundamental que as empresas de abastecimento público de água façam o monitoramento dos resultados dos indicadores de eficiência energética de seus sistemas, com o objetivo de avaliar o grau de eficiência com que se utiliza e se gerencia a energia elétrica, bem como mensurar o impacto econômico de ações de gestão e eficiência energética implementadas.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento, Indicadores, Eficiência Energética, Bombeamento.

INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica é, na maioria dos casos, o segundo maior item de custo operacional dos prestadores de serviços de saneamento ambiental, sendo que o primeiro está relacionado às despesas com pessoal. Mais de 90% dos gastos com energia elétrica devem-se às elevatórias dos sistemas de abastecimento público de água (Tsutiya, 2005).

Estudos preliminares, realizados pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL (*apud* Menezes *et al.*, 2007), evidenciam que o consumo de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água poderia ser reduzido em pelo menos 20%, considerando-se o grande potencial existente para a utilização de tecnologias mais eficientes e a necessidade de se acabar com a cultura da abundância e do desperdício de água e energia no setor.

Pensando-se nisso, é fundamental que os gestores e técnicos das empresas de saneamento conheçam os principais aspectos que influenciam no melhor uso dessa energia elétrica e que são fundamentais para o aumento do nível de eficiência do sistema de abastecimento de água.

Portanto, é em função dessa estreita relação entre a energia elétrica e o sistema de abastecimento de água, além do significativo custo energético inerente aos processos de captação, produção e distribuição da água, que este trabalho dedica-se ao estudo dos indicadores de eficiência energética aplicáveis ao setor. Assim sendo, propõe-se uma metodologia de monitoramento desses indicadores, visando ao melhor controle da energia elétrica e à quantificação das economias geradas com o insumo na operação dos sistemas de abastecimento de água.

METODOLOGIA

Inicialmente, realizou-se uma revisão da literatura acerca dos conceitos dos indicadores de eficiência energética aplicáveis em sistemas de abastecimento de água. Foram calculados os indicadores de desempenho energético Consumo Específico de Energia Elétrica (COE), Custo Específico Atualizado de Energia Elétrica (CUE) e Preço Médio Atualizado da Energia Elétrica (PMA) do Sistema Verde Grande. Tais cálculos foram feitos a partir de dados históricos do volume de água bombeada e do consumo e custo atualizado mensais da energia elétrica utilizada pela unidade. Os resultados foram discutidos e, com base nessa análise, paralelamente, apresentou-se uma metodologia para o monitoramento dos indicadores de eficiência energética e para o cálculo das economias geradas ao longo do tempo.

INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA¹

Os indicadores de eficiência energética são relações úteis para o acompanhamento e monitoramento do consumo e do custo com a energia elétrica, permitindo avaliar ao longo do tempo o desempenho da unidade ou do sistema de abastecimento, do ponto de vista da eficiência energética e da economia. Essa avaliação é de fundamental importância, sobretudo quando ocorre a implementação de algum projeto ou ação administrativa que visam à otimização do custo com energia elétrica. Os conceitos relacionados aos indicadores de eficiência energética mais usuais nos serviços de abastecimento público de água estão apresentados a seguir.

PREÇO MÉDIO ATUALIZADO DA ENERGIA ELÉTRICA (PMA)

O PMA, normalmente formulado como R\$/MWh (reais por megawatt-hora), tem por finalidade aferir com que eficiência a empresa/serviço está adquirindo energia elétrica. No caso de elevatórias que possuem potência instalada superior a 75 kW, o resultado desse indicador é influenciado positivamente. Isso porque, para unidades com essa característica, as concessionárias de energia elétrica oferecem vantagens tarifárias para compromissos de desligamento ou redução de consumo em determinadas horas do dia e/ou do ano. Tais vantagens são estruturadas pela tarifação horo-sazonal e as condições são pactuadas por meio de um contrato de fornecimento de energia elétrica com cláusulas vinculadas às normas e regulamentos aprovados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. O indicador PMA, cuja fórmula está apresentada na equação 1, serve ainda para aferir se as contratações de demanda estão sendo feitas de forma racional.

$$PMA = \frac{VFE}{CEA} \quad \text{equação (1)}$$

Em que,

¹ Textos sobre indicadores adaptados de Monachesi (2003), p.63-70.

PMA = preço médio atualizado da energia elétrica (R\$/MWh);

VFE = valor total atualizado da fatura de energia elétrica (R\$);

CEA = consumo total de energia elétrica ativa (MWh).

CONSUMO ESPECÍFICO DA ENERGIA ELÉTRICA (COE)

O COE costuma ser expresso como kWh/m³ (quilowatt-hora por metro cúbico de água bombeada, ou metro cúbico de água produzida, ou, em alguns casos, por metro cúbico de água faturada). Com esse indicador verifica-se a performance dos equipamentos de bombeamento do sistema de abastecimento de água em termos de rendimento. Além disso, a própria concepção do sistema interfere no resultado do COE, uma vez que valores elevados desse indicador podem significar perdas de carga excessivas nas linhas de recalque ou má concepção de zonas de pressão (excesso de bombeamentos), dentre outras possibilidades. A fórmula do indicador COE está expressa pela equação 2.

$$COE = \frac{CEA}{VP} \quad \text{equação (2)}$$

Em que,

COE = consumo específico da energia elétrica (kWh/m³);

CEA = consumo total de energia elétrica ativa (kWh);

VP = volume de água produzida (m³).

Embora muito útil no acompanhamento em séries temporais de uma determinada elevatória ou de um determinado sistema de abastecimento, o COE presta-se pouco à comparação entre sistemas de características físicas diferentes. Pois, em casos de grandes alturas de recalque por insuficiência de mananciais em cotas favoráveis (situação cada vez mais comum no nosso país, infelizmente), não há como o indicador apresentar valor inferior a outro sistema em que as alturas sejam menores.

CUSTO ESPECÍFICO ATUALIZADO DA ENERGIA ELÉTRICA (CUE)

Existe ainda o indicador CUE, que consiste na razão entre o valor total atualizado da fatura de energia elétrica de uma unidade consumidora (ou de um sistema de abastecimento) e o volume de água produzida da unidade (ou de um sistema de abastecimento). Expresso em R\$/m³ (reais por metro cúbico de água produzida), esse indicador é útil para a verificação do custo da energia elétrica utilizada para a produção de 1 (uma) unidade do sistema produtor (nesse caso, um metro cúbico de água produzida). Observa-se que o CUE, que está definido pela equação 3, é resultante do produto entre o PMA e o COE, conforme demonstrado a seguir.

$$CUE = PMA \cdot COE = \frac{VFE}{CEA} \cdot \frac{CEA}{VP}$$
$$CUE = \frac{VFE}{VP} \quad \text{equação (3)}$$

Em que,

CUE = custo específico atualizado da energia elétrica (R\$/m³);

VFE = valor total atualizado da fatura de energia elétrica (R\$);

VP = volume de água produzida (m³).

A análise da evolução dos resultados desse indicador permite verificar, também, se está havendo otimização do custo com a energia elétrica na unidade consumidora ou no sistema de abastecimento de água. Mas tal inferência só é verdadeira porque no cálculo aqui proposto para o CUE desconsideram-se as variações nas tarifas de energia elétrica no período analisado, ou seja, os valores das faturas de energia elétrica são sempre calculados a valor presente.

INDICADORES PADRONIZADOS DA INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION - IWA

Dentre os indicadores apresentados na publicação “Manual of Best Practice - Performance Indicators for Water Supply Services”, no ano 2000, destaca-se o denominado “Consumo Específico de Energia Normalizado” (no original “Standardised Energy Consumption”). Esse indicador é definido como o resultado da divisão do consumo anual de energia de todas as unidades de bombeamento de um determinado sistema, excluídas as bombas de processo das estações de tratamento, pela somatória dos produtos do volume total bombeado em cada unidade pela altura de elevação respectiva, dividido por 100 metros, no mesmo período. A vantagem desse indicador, cuja fórmula está expressa pela equação 4, é que o seu resultado permite a comparação da eficiência dos processos energéticos entre sistemas de abastecimento distintos, ou seja, unidade de altura diferente de 100 mca.

$$CEN = \frac{CEA}{V \cdot \frac{H_{man}}{100mca}} \quad \text{equação (4)}$$

Em que,

- CEN = consumo específico de energia normalizado (kWh / m³);
CEA = consumo de energia elétrica ativa no período considerado (kWh);
VP = volume de água bombeada no período (m³);
H_{man} = altura manométrica na qual o bombeamento foi feito (mca).

Na verdade, esse indicador é, basicamente, o mesmo já largamente utilizado pelas companhias de saneamento e serviços municipais no Brasil (kWh/m³), com a “novidade” de introduzir o que foi chamado pela IWA como “fator de padronização” - na versão original, “Standardisation Factor”, (Alegre *et al.*, 2000, *apud* Monachesi, 2003).

A despeito de fazer parte do esforço internacional para padronizar os indicadores de desempenho dos serviços de abastecimento de água em todo o mundo, esse indicador ainda não vem sendo sistematicamente utilizado nos sistemas públicos de abastecimento de água em geral, sendo necessário algum tempo para ocorrer a assimilação e o rearranjo dos sistemas de controle operacional de modo a introduzi-lo na rotina (Monachesi, 2003).

RESULTADOS

Projeto de melhoria implantado no Sistema Verde Grande

A unidade denominada Sistema Verde Grande, de propriedade da COPASA, faz parte do sistema de abastecimento de água da cidade de Montes Claros e é compreendida por uma captação superficial em barragem de nível - sendo a adução da água bruta feita por gravidade - pela estação de tratamento e por elevatórias de água tratada. Essas últimas consomem a maior parcela da energia do sistema. Todas as unidades que compõem o Sistema Verde Grande são alimentadas por uma única entrada de energia e com medição individualizada, caracterizando-se, portanto, como uma única unidade consumidora.

Até o mês de janeiro de 2006, a unidade possuía contrato de fornecimento de energia na estrutura tarifária horo-sazonal azul, com demandas contratadas de 1.100 e 665 kW, para os horários fora de ponta e de ponta², respectivamente. Porém, o aumento da demanda de água na cidade nos últimos anos levou a necessidade de ampliação da produção, não sendo mais possível operar no horário de ponta com apenas metade da carga instalada. Com o objetivo de evitar possíveis ocorrências de ultrapassagens de demanda contratada no horário de ponta, a partir de fevereiro de 2006, alterou-se o contrato de fornecimento de energia elétrica, migrando o faturamento da energia para a estrutura tarifária horo-sazonal verde e com demanda contratada de 1.100 kW.

² Período definido pela concessionária de energia e composto por três horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando-se as características do sistema elétrico da concessionária. Conforme Resolução nº 414, de 09/09/2010, da ANEEL.

Visando suprir o referido aumento da demanda de água, a COPASA concluiu no final de 2008 a primeira etapa do projeto de melhoria do Sistema Verde Grande. Na figura 1 estão apresentados os dados técnicos básicos da unidade antes e após a implantação da primeira etapa do projeto e ainda as características previstas após a implantação da segunda etapa.

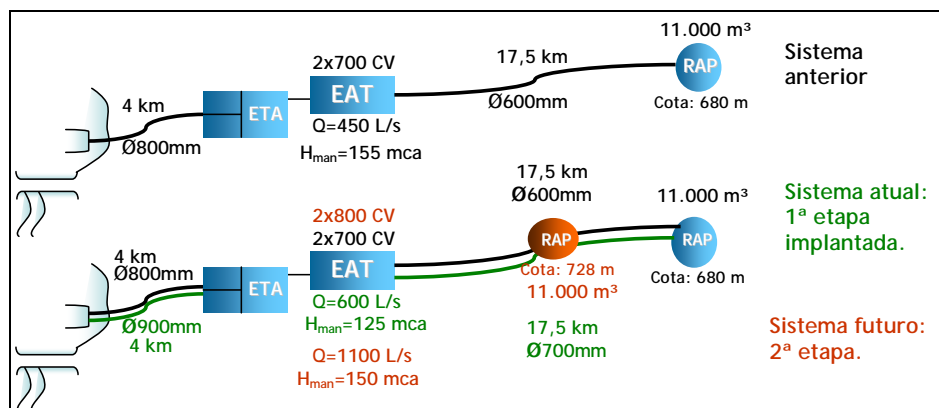


Figura 1: Situação anterior, atual (1ª etapa implantada) e futura (2ª etapa) do Sistema Verde Grande.

A primeira etapa do projeto consistiu na duplicação da adutora de água bruta e da adutora de recalque da água tratada, possibilitando o aproveitamento de 100% da carga instalada nas elevatórias, ou seja, operando os conjuntos motobombas no melhor rendimento. Além disso, a modificação propiciou a redução da perda de carga da linha de recalque de 155 para 125 mca e o aumento da vazão de bombeamento de 450 para 600 L/s. Com isso, foi possível reduzir o tempo de funcionamento dos equipamentos no horário de ponta.

Após a implantação da segunda etapa do projeto de melhoria, além da ampliação da produção, espera-se um aumento significativo da eficiência energética do Sistema Verde Grande. A instalação de mais dois conjuntos motobombas de 800 CV permitirá o aumento da vazão de 600 L/s para 1.100 L/s. Já a construção de mais um reservatório de 11.000 m³ possibilitará a paralisação total dos equipamentos no horário de ponta. Como consequência, obter-se-á uma redução significativa do custo da energia elétrica, considerando que a unidade já possui contrato de fornecimento na estrutura tarifária horo-sazonal verde.

Indicadores de eficiência energética: interpretações e metodologia de monitoramento

Na tabelas 1 e 2, está apresentada uma metodologia para o monitoramento dos indicadores de eficiência energética e para o cálculo das economias geradas ao longo do tempo, utilizando os dados do Sistema Verde Grande, no período de 01/2007 a 12/2009.

O referido método tem como base o acompanhamento mensal do volume de água bombeada pela unidade e do consumo e custo atualizado mensais da energia elétrica utilizada pelo sistema. Com isso, são feitos os cálculos dos indicadores de eficiência energética: COE, CUE e PMA. Em seguida, são calculadas as economias geradas para a empresa, tanto no consumo quanto no custo da energia.

A forma de apuração dos indicadores PMA e CUE, proposta por este trabalho, desconsidera as distorções que esses indicadores podem sofrer ao longo do tempo, devidas aos ajustes tarifários. Para tanto, utiliza-se o custo de energia atualizado pelas tarifas vigentes, calculado pelo SICOE³. Para incidência dos impostos, utiliza-se a alíquota de 18% para o ICMS⁴ e considera-se uma alíquota média de 5% para o PASEP/COFINS⁵.

Nos quadros “Conservação de Energia” e “Economia Gerada” da tabela 2, o consumo de energia reduzido, CR, é obtido multiplicando-se o volume de água produzida, VP, do mês de referência pelo ΔCOE, que consiste na

³ “Sistema de Informações para o Controle de Energia Elétrica”, software utilizado pela COPASA para auxílio na gestão da energia elétrica.

⁴ “Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação”.

⁵ Impostos “Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público” e “Contribuição para Financiamento da Seguridade Social”.

diferença entre o COE do mês de referência e o COE do mesmo mês, porém do ano anterior. Analogamente, verifica-se a economia, E, decorrente das ações de eficiência da gestão e do uso da energia elétrica, a partir do produto do VP do mês de referência e o Δ CUE, resultado da diferença entre o CUE do mês de referência e o CUE do mesmo mês do ano anterior. A partir do CR e da E calculam-se o consumo reduzido acumulado, CRA (MWh), e a economia acumulada, EA (Mil Reais), respectivamente.

Tabela 1: Componentes utilizadas para o cálculo dos indicadores de eficiência energética, no período de 01/2007 a 12/2009, do Sistema Verde Grande, em Montes Claros

Mês/Ano	Componentes					
	Consumo Energia HFP (MWh)	Consumo Energia HP (MWh)	Demanda Registrada HFP (kW)	Demanda Registrada HP (kW)	Custo Atualizado* (R\$)	VP (m³)
jan/07	676,2	56,0	1.008	1.008	202.929,23	1.114.976
fev/07	661,5	69,3	1.029	1.029	220.264,31	1.029.850
mar/07	604,1	56,7	1.022	1.022	192.815,72	1.182.091
abr/07	611,1	57,4	1.015	1.015	195.037,99	1.112.110
mai/07	690,2	62,3	1.022	1.015	225.527,02	1.175.947
jun/07	664,3	65,1	1.015	1.015	225.356,85	1.149.615
jul/07	593,6	58,8	1.001	1.001	204.000,30	1.188.125
ago/07	722,4	69,3	1.029	1.022	241.443,04	1.182.846
set/07	653,1	63,7	1.022	1.022	221.371,32	1.135.134
out/07	667,8	59,5	1.134	1.015	218.045,63	1.156.950
nov/07	621,6	58,8	1.008	1.001	208.719,85	1.100.671
dez/07	647,5	64,4	1.001	1.001	210.876,34	1.054.912
jan/08	684,6	58,1	994	970	207.323,64	1.093.331
fev/08	619,5	60,2	987	966	200.356,17	1.013.038
mar/08	596,4	59,5	1.001	959	195.753,32	1.079.786
abr/08	650,3	58,1	987	987	202.021,43	1.036.219
mai/08	615,4	57,3	980	966	205.411,30	1.047.884
jun/08	614,6	57,4	980	980	205.442,25	1.032.654
jul/08	652,4	61,6	980	980	218.106,77	1.032.265
ago/08	634,2	64,4	980	980	219.234,47	1.036.753
set/08	568,4	60,2	966	966	201.850,41	1.005.302
out/08	665,0	63,0	1.246	1.246	224.430,95	1.351.695
nov/08	802,2	77,0	1.232	1.232	273.140,75	1.431.139
dez/08	757,4	37,8	1.190	630	189.543,07	1.444.227
jan/09	761,6	46,2	1.218	1.218	207.681,04	1.407.814
fev/09	723,8	53,2	1.190	1.176	207.455,69	1.306.108
mar/09	791,0	53,2	1.190	1.190	217.843,70	1.440.605
abr/09	760,2	47,6	1.190	1.190	204.826,76	1.362.009
mai/09	730,8	42,0	1.190	1.190	203.249,79	1.482.195
jun/09	781,2	42,0	1.190	1.190	211.744,98	1.395.885
jul/09	725,2	56,0	1.176	1.176	223.081,32	1.428.175
ago/09	777,0	61,6	1.232	1.232	245.818,37	1.474.040
set/09	817,6	61,6	1.232	1.218	252.661,72	1.432.800
out/09	753,2	67,2	1.176	1.176	244.582,53	1.401.404
nov/09	795,2	56,0	1.162	1.162	234.678,57	1.389.070
dez/09	722,4	61,6	1.162	1.162	219.219,68	1.450.650

*Valores atualizados pelas tarifas da Cemig Distribuição S.A., publicadas na Resolução nº 960, de 07/04/2010, da ANEEL.

Fonte: COPASA, 2010.

Tabela 2: Monitoramento dos indicadores de eficiência energética e cálculo das economias geradas, no período de 01/2007 a 12/2009, do Sistema Verde Grande, em Montes Claros

Mês/Ano	Indicadores de Eficiência			Conservação de Energia			Economia Gerada		
	COE (kWh/m³)	CUE (R\$/m³)	PMA (R\$/MWh)	ΔCOE (kWh/m³)	CR (MWh)	CRA (MWh)	ΔCUE (R\$/m³)	E (Mil R\$)	EA (Mil R\$)
jan/07	0,657	0,182	277,15						
fev/07	0,710	0,214	301,40						
mar/07	0,559	0,163	291,79						
abr/07	0,601	0,175	291,75						
mai/07	0,640	0,192	299,70						
jun/07	0,634	0,196	308,96						
jul/07	0,549	0,172	312,69						
ago/07	0,669	0,204	304,97						
set/07	0,631	0,195	308,83						
out/07	0,629	0,188	299,80						
nov/07	0,618	0,190	306,76						
dez/07	0,675	0,200	296,22						
jan/08	0,679	0,190	279,15	(0,023)	(25)	(25)	-0,008	(8)	(8)
fev/08	0,671	0,198	294,77	0,039	39	14	0,016	16	8
mar/08	0,607	0,181	298,45	(0,048)	(52)	(38)	-0,018	(20)	(12)
abr/08	0,684	0,195	285,18	(0,083)	(86)	(123)	-0,020	(20)	(32)
mai/08	0,642	0,196	305,35	(0,002)	(2)	(126)	-0,004	(4)	(36)
jun/08	0,651	0,199	305,72	(0,016)	(17)	(142)	-0,003	(3)	(39)
jul/08	0,692	0,211	305,47	(0,143)	(147)	(289)	-0,040	(41)	(80)
ago/08	0,674	0,211	313,82	(0,005)	(5)	(294)	-0,007	(8)	(88)
set/08	0,625	0,201	321,11	0,006	6	(288)	-0,006	(6)	(94)
out/08	0,539	0,166	308,28	0,090	122	(166)	0,022	30	(63)
nov/08	0,614	0,191	310,67	0,004	5	(161)	-0,001	(2)	(65)
dez/08	0,551	0,131	238,36	0,124	179	19	0,069	99	34
jan/09	0,574	0,148	257,09	0,106	149	167	0,042	59	93
fev/09	0,595	0,159	267,00	0,076	99	267	0,039	51	144
mar/09	0,586	0,151	258,05	0,021	31	297	0,030	43	188
abr/09	0,593	0,150	253,56	0,091	123	421	0,045	61	248
mai/09	0,521	0,137	263,00	0,121	179	599	0,059	87	336
jun/09	0,590	0,152	257,22	0,061	85	685	0,047	66	401
jul/09	0,547	0,156	285,56	0,145	207	891	0,055	79	480
ago/09	0,569	0,167	293,13	0,105	155	1.046	0,045	66	546
set/09	0,614	0,176	287,38	0,012	17	1.063	0,024	35	581
out/09	0,585	0,175	298,13	(0,047)	(66)	997	-0,008	(12)	569
nov/09	0,613	0,169	275,70	0,002	2	999	0,022	30	600
dez/09	0,540	0,151	279,62	0,010	15	1.014	-0,020	(29)	571

Primeiramente, serão discutidas as séries temporais dos resultados dos indicadores de eficiência energética, constantes do quadro “Indicadores de Eficiência” da tabela 2. Em seguida, serão analisados os resultados obtidos do ponto de vista da otimização do consumo e do custo com energia elétrica, conforme os cálculos apresentados nos quadros “Conservação de Energia” e “Economia Gerada” da tabela 2. Todos esses resultados estão também apresentados em forma gráfica, propiciando uma melhor visualização do desempenho de cada indicador e dos impactos gerados.

O gráfico da figura 2 mostra a evolução do PMA, no período de 01/2007 a 12/2009, do Sistema Verde Grande. E, ainda, para cada mês desse período, a média móvel de seis em seis meses do PMA.

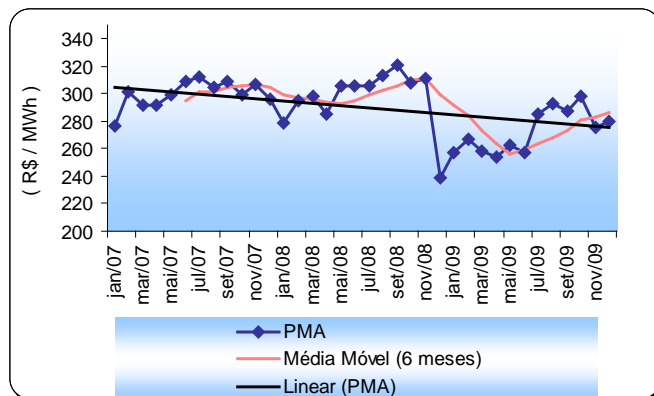


Figura 2: Evolução do PMA da energia elétrica do Sistema Verde Grande.

A forma aproximadamente senoidal da curva da média móvel do PMA é explicada pelo critério sazonal de aplicação de tarifas adotado pelo setor elétrico. Esse critério se baseia na aplicação de preços diferenciados de demanda (kW) e de consumo (kWh) de energia elétrica, de acordo com os períodos de utilização do ano: úmido⁶ e período seco⁷, sendo esse último com preços maiores.

Observa-se ainda que, até o final do ano de 2008, os valores máximos e mínimos da curva da média móvel do PMA não apresentam variações significativas no comportamento oscilatório da curva. Mas, a partir de 2009, a curva demonstra sinais de queda, fazendo com que a regressão linear dos dados apresente tendência de decrescimento. A redução do PMA mostra o impacto positivo das ações implementadas na primeira etapa do projeto de melhoria do Sistema Verde Grande.

Verifica-se, portanto, que tanto ações que visam à eficiência dos processos energéticos, com investimentos (como a redução da perda de carga), quanto intervenções administrativas e/ou operacionais, sem necessitar de investimentos (como modulação da carga instalada e ajustes no contrato de fornecimento), proporciona otimização dos gastos com energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

O gráfico da figura 3 mostra a evolução do COE, no período de 01/2007 a 12/2009, do Sistema Verde Grande.

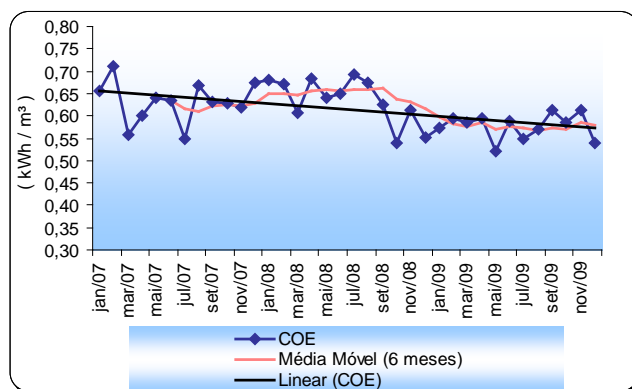


Figura 3: Evolução do COE da água produzida no Sistema Verde Grande.

⁶ Período de 5 meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte. Conforme Resolução nº 414, de 09/09/2010, da ANEEL.

⁷ Período de 7 meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro. Conforme Resolução nº 414, de 09/09/2010, da ANEEL.

Até final do ano de 2007, a média móvel do COE ficou entre 0,60 e 0,65 kWh/m³. No ano de 2008, ocorre aumento do COE e a média móvel apresenta valores acima 0,65 kWh/m³. Mas, ainda no final de 2008, o Sistema Verde Grande recupera a sua eficiência energética e, a partir de 2009, dá sinais de redução do COE, projetando melhoria do desempenho energético. Com isso, a projeção linear do resultado desse indicador é decrescente, ou seja, favorável do ponto de vista da eficiência energética. Dessa forma, conclui-se que a regressão do COE a partir de 2009 contribuiu para a redução do PMA, no mesmo período, conforme comentado anteriormente.

O gráfico da figura 4 apresenta a evolução do custo CUE, no período de 01/2007 a 12/2009, do Sistema Verde Grande.

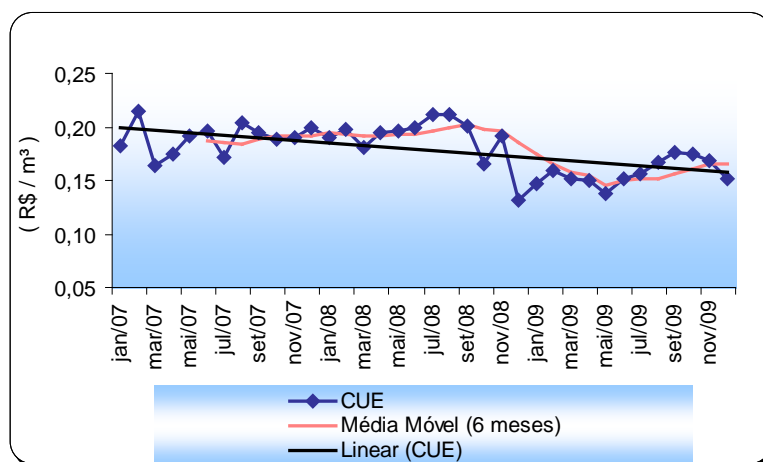


Figura 4: Evolução do CUE da água produzida no Sistema Verde Grande.

Entre 08/2007 e 10/2008, verifica-se, pela curva da média móvel, uma tendência de aumento do CUE, indicando que o custo da energia agregado no processo de produção da água estaria ficando mais caro para a empresa. Contudo, nota-se que, a partir de 11/2008, ocorre redução do resultado desse indicador, dando sentido decrescente à reta de tendência linear dos dados. Essa análise permite perceber o reflexo das ações implementadas na primeira etapa do projeto, que resultaram na otimização do custo da energia elétrica utilizada para o bombeamento do metro cúbico de água.

A figura 5, mostra as economias mensal e acumulada de energia elétrica, CR e CRA, em MWh, e a figura 6, representa as economias mensal e acumulada de custo com energia elétrica, E e EA, em R\$ x 1000, ambas no período de 01/2008 a 12/2009 e do Sistema Verde Grande. A análise desses resultados corrobora as assertivas anteriores.

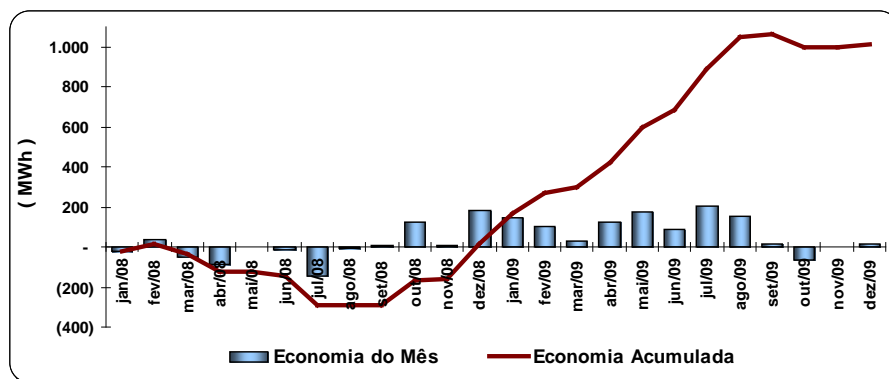


Figura 5: Economia mensal e acumulada do consumo de energia elétrica, do Sistema Verde Grande.

Nota-se que até 08/2008 ocorreram mais resultados negativos do que positivos no cálculo do ΔCOE , indicando ineficiência energética. Mas, a partir de 09/2008, com a redução do COE, o Sistema Verde Grande passa a economizar energia elétrica no seu processo produtivo. Em dezesseis meses, no período de 09/2008 a 12/2009, foram conservados 1.308 MWh, implicando uma otimização acumulada de consumo de energia, CRA, em dois anos, no período de 01/2008 a 12/2009, de 1.014 MWh. Esse número corresponde a 4% do total da energia elétrica consumida no período. Nas condições atuais de operação do Sistema Verde Grande, seria possível com esse montante de energia elétrica economizado, produzir água para abastecimento da população atendida – cerca de 220 mil habitantes – durante 37 dias. Tais constatações evidenciam o aumento da eficiência energética do sistema e, consequentemente, a otimização do custo com o insumo no processo produtivo.

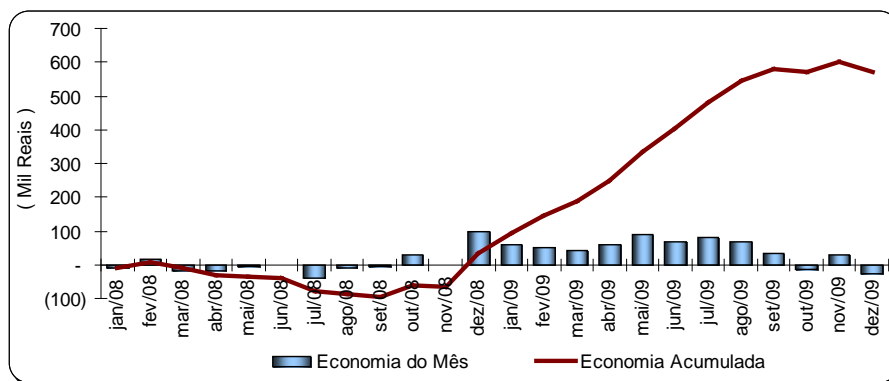


Figura 6: Economia mensal e acumulada do custo com energia elétrica do Sistema Verde Grande.

Os vários aumentos do CUE, no período de 01/2008 a 11/2008, significaram um gasto a mais com energia elétrica de 65 mil reais. No entanto, a constante redução do CUE a partir de 12/2008 gerou otimização do custo com energia no valor de 636 mil reais. Com isso, o prejuízo do período anterior foi recuperado e ainda registrou-se uma economia, EA, de 571 mil reais em todo o período. Portanto, pode-se concluir que, em dois anos, a empresa reduziu 7% na despesa com energia elétrica inerente ao processo produtivo da água do Sistema Verde Grande.

CONCLUSÕES

Como se pôde observar no desenvolvimento deste trabalho, em sistemas de abastecimento de água não faz sentido acompanhar o consumo de energia elétrica (kWh) unicamente pelas variações registradas nas faturas mensais. Da mesma forma, pode ser que não sejam percebidas reduções no custo da energia elétrica (R\$) quando se acompanham apenas os valores totais das faturas. A mensuração real das economias geradas deve ser feita por meio do monitoramento dos indicadores de eficiência energética PMA, COE e CUE, ao longo do tempo.

Nesse sentido, é fundamental que as empresas de abastecimento público de água façam o monitoramento dos resultados desses indicadores em seus sistemas, com o objetivo de avaliar o grau de eficiência com que se utiliza e se gerencia a energia elétrica, bem como mensurar o impacto econômico de ações de gestão e eficiência energética implementadas.

Assim considerando, recomenda-se a aplicação pelas empresas prestadoras de abastecimento público de água da metodologia relativa ao monitoramento dos indicadores de eficiência dos processos energéticos e das economias geradas, produto deste trabalho.

Por fim, ressalta-se que a gestão e o uso eficientes da energia elétrica em empresas de saneamento produzem redução na despesa com o insumo e, consequentemente, contribuem para o equilíbrio financeiro da companhia. Com efeito, beneficiam-se o meio ambiente, pela mitigação do consumo de kWh, e a sociedade, com reflexos positivos nas tarifas de água e esgoto, quando do repasse do custo com energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010. Disponível em <[HTTP://www.aneel.gov.br/biblioteca](http://www.aneel.gov.br/biblioteca)>. Acesso em: 02 mai. 2011.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Homologatória nº 960, de 7 de abril de 2010. Disponível em <[HTTP://www.aneel.gov.br/biblioteca](http://www.aneel.gov.br/biblioteca)>. Acesso em: 02 mai. 2011.
3. ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J.M.; PARENA, R.: Performance indicators for water supply services: manual of best practice. *IWA Publishing*, Londres, 2000.
4. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. *Informações Básicas Operacionais / Informações Básicas Gerenciais – IBO/IBG*. Belo Horizonte, 2010.
5. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. *Sistema de Informações para Controle de Energia Elétrica – SICOE*. Belo Horizonte, 2010.
6. JAMES, K. *et al.* Água e Energia: aproveitando as oportunidades de eficiência de água e energia não exploradas nos sistemas municipais. Washington, DC 20036: Aliança para Conservação de Energia - ALLIANCE. 159p. 2002.
7. MENEZES, T.V.; MOREIRA, M.A.R.G.; PERRONE, F.P.D.; SOARES, G.A. Avaliação de projeto de eficiência energética e hidráulica no setor de saneamento: o estudo de caso da Sanesul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24º, 2007, Belo Horizonte.
8. MONACHESI, M.G.; MONTEIRO, M.A.G. *Eficiência energética em sistemas de bombeamento*: manual prático. Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, 2003. 103p.
9. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2007*. Brasília: Ministério das Cidades / Programa de Modernização do Setor Saneamento, 2009. 230p. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em 22 nov. 2010.
10. TSUTIYA, M.T. *Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água*. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2005. 185p.