

XI-032 - PRÉ DIAGNÓSTICO DE EFICIÊNCIAS HIDROENERGÉTICAS EM ELEVATÓRIAS DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO

Jessica Rocha Gama⁽¹⁾

Engenheira de Energia; Mestre em Sistemas de Potência pela Universidade de Brasília (UnB). Consultora do ProEESA - Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água junto da Coordenação Geral de Planejamento e Regulação da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério de Desenvolvimento Regional.

Rita Cavaleiro de Ferreira

Engenheira do Território pela Universidade Técnica de Lisboa (UTL/IST). Pós-Graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Nova de Lisboa (UNL/FCT). Consultora da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH* (GIZ) e Coordenadora do ProEESA - Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água.

André Galvão Silveira

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz. Analista de infraestrutura e Coordenador de Planejamento e Regulação no Ministério do Desenvolvimento Regional.

Endereço⁽¹⁾: Secretaria Nacional de Saneamento/Ministério do Desenvolvimento Regional SAUS, Quadra 1, lote 1/6 – Bloco H – Edifício Telemundi II, 9º andar, CEP 70070-010, Brasília-DF, Brasil Tel: (61) 2108 1407- jessicarochagama@hotmail.com

RESUMO

O monitoramento do rendimento das estações elevatórias de água é feito de forma incipiente, ou nulo, na maioria dos prestadores brasileiros, principalmente devido à indisponibilidade de dados que requerem instrumentação e à falta de pessoal qualificado para leitura e interpretação.

O objetivo do trabalho foi determinar, com os dados disponíveis, o potencial de economia expresso em (kWh/m³) e em (kWh). Se distinguiu o potencial é tecnicamente possível e o que é economicamente viável, tendo em conta a operação corrente. As economias foram calculadas através de um pré-diagnóstico eficiências hidroenergéticas para 28 municípios brasileiros com realidades distintas de em relação à elevação de água. Foram analisados 362 estações elevatórias, sendo 353 de água e 9 de esgoto, totalizando 511 equipamentos eletromecânicos. Os dados são provenientes de prestadores de serviço municipais e estaduais, públicos e privados, das cinco regiões brasileiras, garantindo a heterogeneidade da amostra.

Levantou-se um potencial de redução técnico de 75 GWh por ano, equivalente ao consumo de 108 mil habitantes. O potencial economicamente possível ascende a 53 GWh por ano correspondendo a 7.009 toneladas de emissões de CO₂ de por ano que poderiam ser evitáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Eficiência Técnica, Eficiência Econômica, Rendimento Eletromecânico.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário consomem cerca de 3% da energia elétrica do país, tendo atingido 12,6 TWh no ano de 2016, o que equivale ao consumo de cerca 18,2 milhões de habitantes. Cerca de 90% desse consumo se dá no abastecimento de água (SNIS, 2019). Além do consumo expressivo, some-se o aumento do custo da energia elétrica e o constante acionamento da bandeira tarifária amarela e vermelha nos últimos anos, o que reforça a importância de uma adequada gestão energética entre os prestadores de serviço.

Analisando a média nacional para o Índice de Consumo Específico de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento (em kWh/m³), apresentada na Figura 1, nota-se uma tendência crescente, com impactos na saúde financeira dos prestadores de serviço e consequentes reflexos no custo dos serviços ofertados à população, uma vez que os custos com energia elétrica na maioria dos prestadores de serviço ainda é considerado não-gerenciável e completamente repassado para os usuários na tarifa. Desse modo, o uso

racional de energia é estratégico para a sustentabilidade econômica dos prestadores de serviço, aproveitando melhor as infraestruturas existentes.

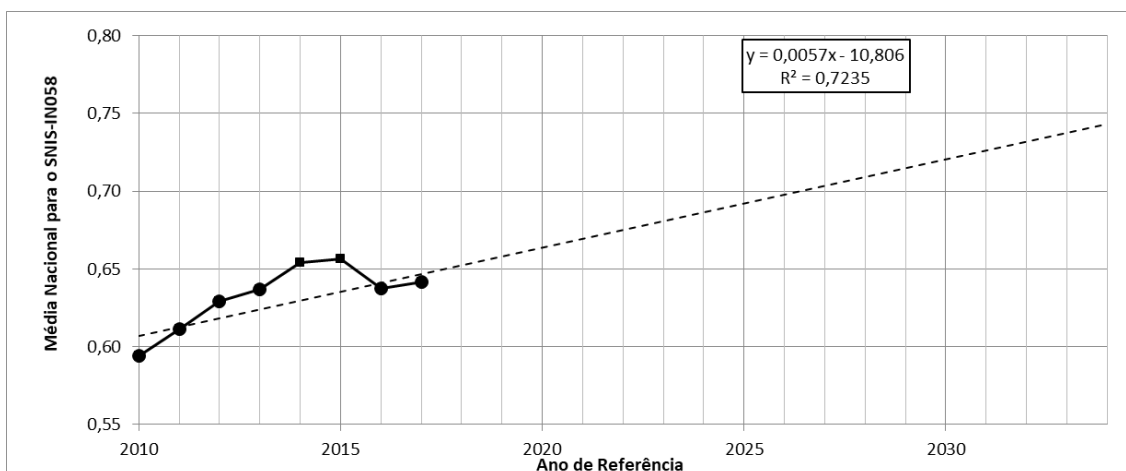


Figura 1: Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água (kWh/m³) em função do tempo (fonte: SNIS).

De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), é possível a redução do consumo de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água em ao menos 4,705 TWh ao ano (SPE, 2010). Esse potencial de economia representa 37% do consumo total de energia elétrica no abastecimento de água atual. Cerca de 2 TWh desse potencial de economia está relacionado a automação e eficiência eletromecânica.

Na conservação de energia, costuma-se vislumbrar potenciais correspondentes a níveis de redução possíveis conforme representados na Figura 2.

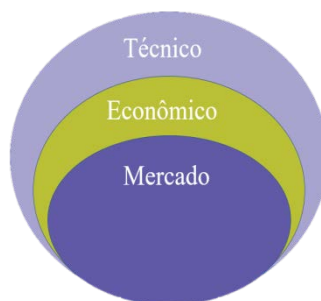


Figura 2: Potenciais de conservação energia (Fonte: adaptado EPE, 2006)

O potencial de redução técnico estabelece um limite máximo teórico do alcance das medidas de eficiência. Não são considerados os custos ou qualquer outro impedimento de absorção da tecnologia, sendo, portanto, um valor limite para balizamento dos potenciais econômicos e de mercado. O potencial econômico considera um subconjunto do potencial técnico, cujas medidas têm viabilidade econômica de implementação. No entanto, a viabilidade econômica depende da ótica de quem a analisa (uma entidade creditícia, um investidor, um operador, etc). No potencial de mercado, ou situação atual, são as medidas de eficiência integradas pelo comportamento do prestador de serviço (Volume 11 do Plano Nacional de Energia 2030, EPE),

Deve-se notar que todos os níveis de potencial de redução evoluem continuamente ao longo do tempo: novas tecnologias ampliam o potencial técnico, ampliando os cenários econômico e de mercado. Por outro lado, variações no preço de energia estão diretamente associadas à fronteira do potencial de mercado em regimes de concorrência livre.

Em geral, o monitoramento do rendimento das estações elevatórias de água é feito de forma incipiente, ou nulo, na maioria dos prestadores brasileiros, principalmente devido a indisponibilidade de dados que requerem instrumentação e falta de pessoal qualificado para leitura e interpretação de parâmetros elétricos, hidráulicos e

mecânicos, resultando em dificuldade por parte dos prestadores de determinar e atingir os potenciais de economia.

Devido aos fatos levantados, o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e o Ministério Alemão de Desenvolvimento Econômico e Cooperação (BMZ), por meio, respectivamente, da Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) e da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, estabeleceram cooperação na área de eficiência energética no setor de abastecimento de água, através do Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (ProEESA). No âmbito deste projeto, iniciou-se uma discussão sobre metodologias que facilitassem o pré-diagnóstico hidroenergético de estações elevatórias de água adequadas às condições existentes em campo (que geralmente não são as ideais) e sem necessidade adicional de investimento em medição. Esse trabalho apresenta o resultado da aplicação dessa metodologia.

METODOLOGIA

No presente trabalho determinou-se para cada uma das estações elevatórias:

- o consumo específico de energia da operação atual (CE_{atual} expresso em kWh/m³),
- o consumo específico de energia em um cenário de operação tecnicamente eficiente ($CE_{\text{técnico}}$ expresso em kWh/m³) e
- o consumo específico de energia em um cenário que preconiza a rentabilidade econômica das medidas de eficiência ($CE_{\text{econômico}}$ expresso em kWh/m³) e

O potencial de redução técnico e econômico foi obtido pela subtração do consumo específico atual pelos respectivos cenários de eficiência.

Para determinar $CE_{\text{técnico}}$ foi necessário estabelecer os patamares de eficiência tecnicamente alcançáveis para cada estação elevatória e para o $CE_{\text{econômico}}$ foram necessários os valores de investimentos nas medidas de *retrofit* ou substituição assim como período de *payback* considerado adequado. Ambas as abordagens são detalhadas em seguida.

O método embasa na ferramenta¹ específica para monitoramento e pré-diagnóstico das eficiências de sistemas elevatórios adequada às condições existentes em campo. A metodologia utilizada para o pré-diagnóstico hidroenergético é pautada no cálculo do indicador de Consumo Energético Normalizado (CEN), que resulta em um valor em [kWh/(m³x100m)], representando 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 CEN corresponde ao indicador Ph5 da IWA, constante em publicações como Alegre *et al.* (2000) e Duarte *et al.* (2004).

A formulação do indicador é dada por:

$$CEN = (E \times 100) / (V \times H) \quad \text{equação (1)}$$

onde:

E é o total de energia elétrica consumida para bombeamento no período de referência (kWh);

V é o volume total de água elevado no período de referência (m³);

H é a altura manométrica média verificada no período de referência (mca).

¹ A ferramenta e o manual apresentados nesse trabalho estão disponíveis em: <https://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/proeesa/biblioteca-virtual/4441-publicacoes-proeesa>

Para o cálculo do rendimento dos conjuntos motor-bomba em porcentual, correspondente a eficiência:

$$\eta (\%) = 0,2725/CEN \quad \text{equação (2)}$$

Este indicador consiste na quantidade média de energia consumida por m³ de água elevada a uma altura manométrica de 100m.

- Um valor bom para este indicador é entre 0,2725 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 %);

O método proposto baseia-se na análise de um período de tempo significativo, dessa forma, minimiza-se o impacto de erros relacionados a algumas inconsistências, uma vez que as informações utilizadas na análise usam a exatidão disponível dos dados existentes.

Para a análise, são necessários dados de volume de água elevado, energia elétrica consumida e altura manométrica. A confiabilidade do resultado obtido está intrinsecamente ligada à confiabilidade dos dados, e deve ser levada em consideração para a tomada de decisões. A origem dos dados e o nível de confiabilidade inerente estão sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1- Métodos para obter os dados e entrada necessários para as análises e estimar a confiança.

Dado de Entrada	Método de obtenção da informação	Confiabilidade
Volume elevado	Macromedidor instalado e funcionando sem interrupções. Leitura do valor acumulado pelo operador.	elevada
	Estimativa embasada em medições com falhas na série. Os valores faltantes são extrapolados.	mediano / elevado
	Estimativa embasada em medições instantâneas com medidores portáteis. Os valores mensais são extrapolados.	mediana
	Horas de operação da bomba multiplicado pela vazão nominal	baixa
	Valores extrapolados com base no funcionamento de bombas com variadores de frequência	baixa
	Valores extrapolados com base em micromedição	muito baixa
Altura Manométrica	Medição contínua da pressão imediatamente à saída bomba, medição do nível dinâmico de sucção da água, valores médios para o período de análise	elevada
	Medição do nível dinâmico, desnível geométrico, cálculo das perdas de carga por fricção até ao ponto de entrega (a carga de velocidade na sucção pode ser desprezada)	elevada
	Especificações da placa da bomba ou de documentação técnica	mediana
	Estimativa com base em diferenças topográficas. Quanto mais longa a adutora maior é o erro associado às perdas e carga por fricção.	mediano ou baixo
Consumo de Energia elétrica	Registro pelo operador a partir dos painéis de controle	elevada
	Faturas da concessionária elétrica	elevada
	Outras estimativas com base em cálculos usando o número de horas de operação	baixa
	Valores extrapolados com base no funcionamento de bombas com variadores de frequência	baixa

METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E DO POTENCIAL ECONÔMICO

No âmbito deste estudo, **eficiência técnica** foi definida como o potencial técnico de eficiência que estabelece um limite máximo teórico do alcance das medidas de eficiência. É um valor limite para balizamento dos potenciais econômicos.

Para efeitos do presente estudo, foram utilizados os níveis de eficiência detalhados na Tabela 2, considerados conservadores e realistas. Note que o prestador de serviço pode eleger limites de eficiência mais exigentes e fisicamente possíveis.

Tabela 2 – Níveis de eficiência.

Tipo de motor	externo				Submerso			
Potência a partir de [kW]	0	16	38	96	0	16	38	96
Bom desempenho (%)	≥ 64	≥ 68	≥ 72	≥ 72	≥ 50	≥ 57	≥ 62	≥ 63
Bom desempenho (kWh/m ³ x100m)	≤ 0,426	≤ 0,401	≤ 0,378	≤ 0,378	≤ 0,545	≤ 0,478	≤ 0,440	≤ 0,433

Explorar a totalidade do potencial da eficiência técnica não coincide com um bom desempenho econômico pois uma excessiva eficiência onera os gastos do prestador de serviço, por meio de CAPEX elevadas e OPEX reduzidas (situação de sobreinvestimento, com equipamentos de alta tecnologia e sempre atualizados). Por outro lado, demasiada ineficiência onera os gastos do prestador de serviço por meio de despesas de exploração (OPEX) elevadas e despesas de investimento (CAPEX) reduzidas (situação de sub-investimento e degradação os equipamentos);

O potencial econômico considerado neste estudo incide em um subconjunto do potencial técnico, cujas medidas têm viabilidade econômica de implementação. A viabilidade econômica depende dos critérios elegidos de quem a analisa. Neste caso, o critério foi um *payback* inferior a 3 anos (36 meses).

COLETA DE DADOS

A coleta dos dados (energia, volume de água, altura manométrica, potência dos motores, custo de substituição dos equipamentos, etc.) utilizados nesse estudo foi realizada pelas equipes dos prestadores de serviço locais, após consultorias técnicas realizadas pela equipe da GIZ, durante curso de Capacitação a Distância denominado **Pré-diagnóstico e monitoramento das eficiências eletromecânicas e hidroenergéticas de sistemas elevatórios de água**, que ocorreu entre outubro de 2018 e março de 2019.

RESULTADOS

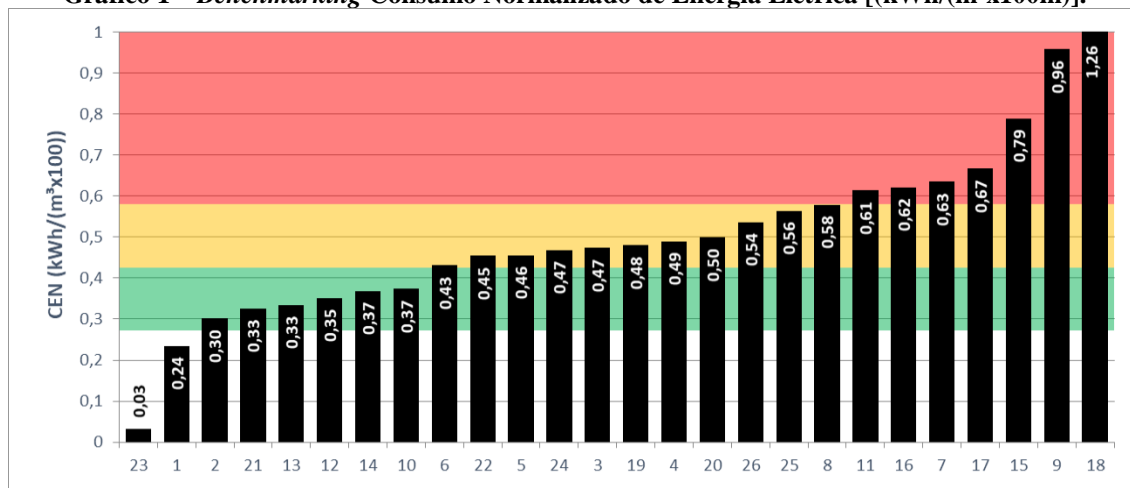
A Tabela 3 traz a informação da quantidade de elevatórias analisadas por prestadores de serviço, o número de equipamentos analisados e o período de análise. No total foram analisadas 362 estações elevatórias, sendo 353 de água e 9 de esgoto, totalizando 511 equipamentos eletromecânicos. O período de análise para a maioria dos participantes foi o ano de 2018.

Tabela 3 – Informações sobre os casos analisados.

Prestador de Serviço	Elevatórias Analisadas	Número de equipamentos	Período de análise
1	9	35	01/2018 a 12/2018
2	10	13	01/2018 a 12/2018
3	13	13	01/2017 a 12/2017
4	10	10	01/2018 a 12/2018
5	16	19	01/2018 a 10/2018
6	10	14	01/2018 a 12/2018
7	38	38	01/2018 a 12/2018
8	10	12	01/2018 a 11/2018
9	20	21	08/2017 a 07/2018
10	24	29	01/2016 a 10/2018
11	5	13	01/2016 a 12/2016
12	13	14	07/2018 e 12/2018
13	13	21	01/2018 a 12/2018
14	9	13	04/2018 e 11/2018
15	10	12	11/2017 - 11/2018
16	15	15	01/2018 a 01/2019
17	24	24	01/2018 a 12/2018
18	16	16	11/2018 a 12/2018
19	12	31	12/2017 e 11/2019
20	11	11	05/2017 e 12/2018
21	7	16	01/2018 a 12/2018
22	11	28	01/2017 a 12/2017
23	10	28	01/2018 a 12/2018
24	12	26	01/2017 a 12/2017
25	12	15	09/2018 e 12/2018
26	13	15	07/2018 a 12/2018

O Gráfico 1 apresenta o nível de eficiência médio de cada prestador de serviço analisado. Os valores de referência genéricos estão representados em faixas no seguinte gráfico. Em realidade, cada estação elevatória tem os seus próprios valores de referência de acordo com a sua potência e as especificações dos fabricantes.

Gráfico 1 – Benchmarking Consumo Normalizado de Energia Elétrica [(kWh/(m³x100m))].



De forma geral os dados dos prestadores 23 e 1 não são verossímeis, dado que a eficiência destas estações supera o teoricamente possível em termos físicos. Nos casos 2, 21, 13, 12, 14, 10 e 6 se verificam bons desempenhos energéticos nas elevatórias operadas. Nos prestadores 22, 5, 24, 3, 19, 4, 20, 26 e 25 existe algum potencial de melhoria do desempenho eletromecânico. Os casos 8, 11, 16, 7, 17, 15, 9 e 18 apresentam elevado potencial de melhoria.

Os Gráficos 2 e 3 mostram o desempenho de todas as elevatórias analisadas nesse estudo. Cada ponto no gráfico representa uma estação, o eixo y representa o valor do Consumo Normalizado de Energia Elétrica [(kWh/(m³x100m))] e o eixo x a potência dos equipamentos na estação. O Gráfico 4 apresenta apenas os equipamentos com potência menor que 500 kW.

Gráfico 2 – CEN [(kWh/(m³x100m))] por estação elevatória.

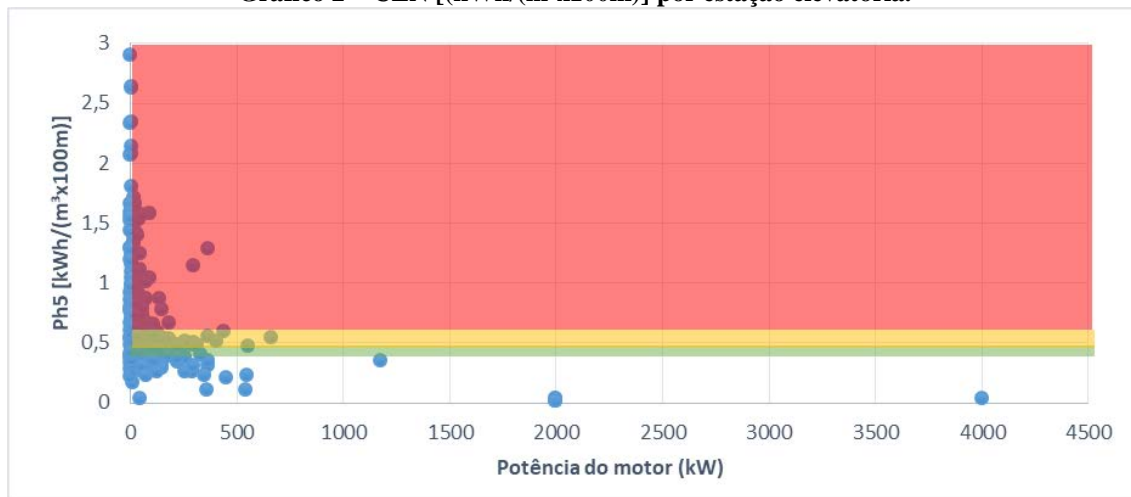
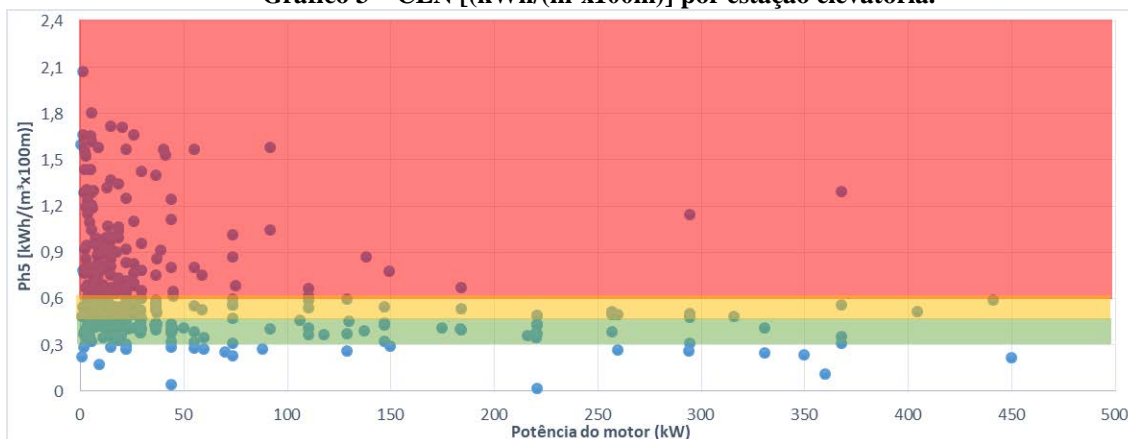


Gráfico 3 – CEN [(kWh/(m³x100m))] por estação elevatória.



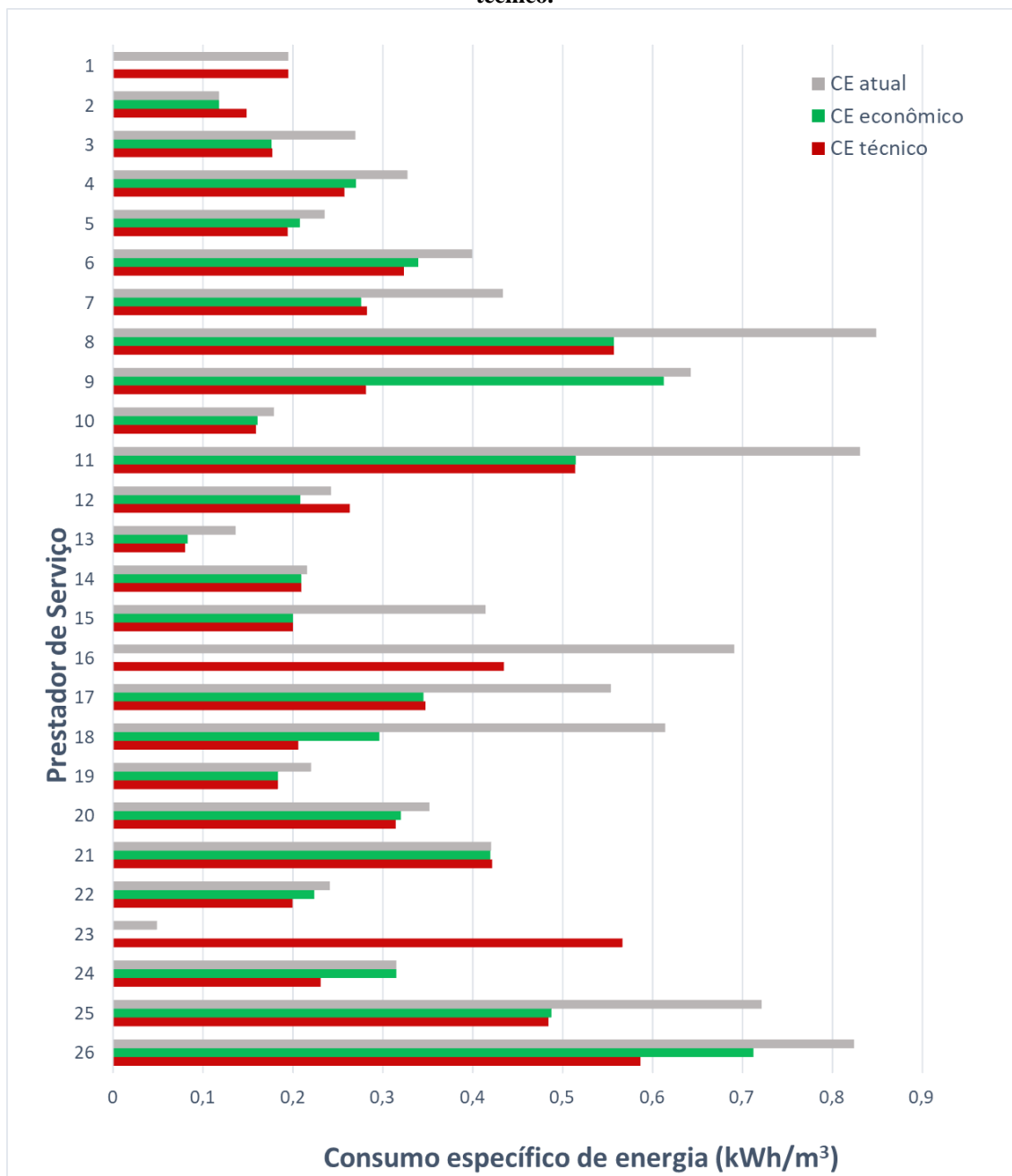
Nota-se que a maioria dos equipamentos eletromecânicos analisados possuem potência inferior a 50 kW, e que grande parte dos equipamentos se encontra com baixo rendimento (área vermelha). Percebe-se ainda que alguns equipamentos apresentam eficiências maiores que o teoricamente possível. Ao analisar os equipamentos com potência maior que 200 kW verificam-se diversos equipamentos com desempenho mediano e algum potencial de economia.

EFICIÊNCIA TÉCNICA E DO POTENCIAL ECONOMICO

De acordo com a metodologia apresentada, foi determinado o consumo energético específico na situação atual (CE_{atual}), consumo específico em um nível econômico ($CE_{\text{econômico}}$) e técnico ($CE_{\text{técnico}}$) por caso analisado, representados no Gráfico 4. Percebe-se no gráfico que o $CE_{\text{econômico}}$ e $CE_{\text{técnico}}$ são distintos e individuais para cada prestador, derivando da combinação individual de cada conjunto moto-bomba e topografia existente. O gráfico não permite identificar os prestadores mais eficientes, apenas aqueles que se aproximam mais do nível econômico.

Os prestadores de serviço 1, 16 e 23 não apresentaram os custos de substituição dos equipamentos, impossibilitando a análise relativa ao consumo específico econômico ($CE_{\text{econômico}}$).

Gráfico 4 – Benchmarking consumo energético específico (CE) – Situação atual, nível econômico e técnico.

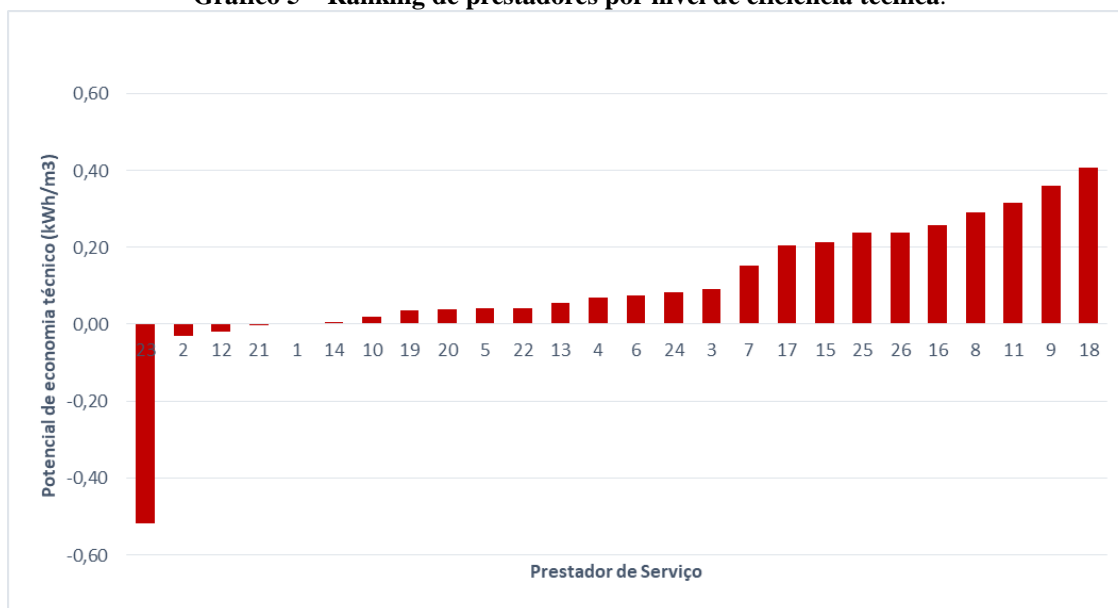


Potencial de redução energética [kWh/m³] técnico

Embasado no potencial de cada um dos conjuntos moto-bomba foi calculado o potencial de economia técnico em kWh/m³ para cada prestador de serviço, que estão apresentados no Gráfico 5. Em termos de eficiência técnica, o ideal é que o CE_{atual} se aproxime do $CE_{técnico}$. Nesse sentido, o gráfico abaixo está ordenado em ordem crescente do potencial de economia, estando os participantes mais eficientes no lado esquerdo do gráfico.

Situações onde o CE_{atual} é superior ao $CE_{técnico}$ (valores negativos no gráfico) indica que os níveis de eficiência estabelecidos na Tabela 2 são pouco exigentes, ou há problemas na coleta de dados resultando em equipamentos com eficiência superior a 100%.

Gráfico 5 – Ranking de prestadores por nível de eficiência técnica.



Percentualmente, como detalhado na Tabela 4, os prestadores 2, 12, 21, 1, 14, 20, 10, 19, 22, 5 e 6 trabalham próximo do nível técnico de eficiência, com um potencial de redução inferior a 20% ao seu valor atual. O prestador 23 precisa rever a coleta de dados, pois a eficiência das estações analisadas supera o teoricamente possível em termos físicos.

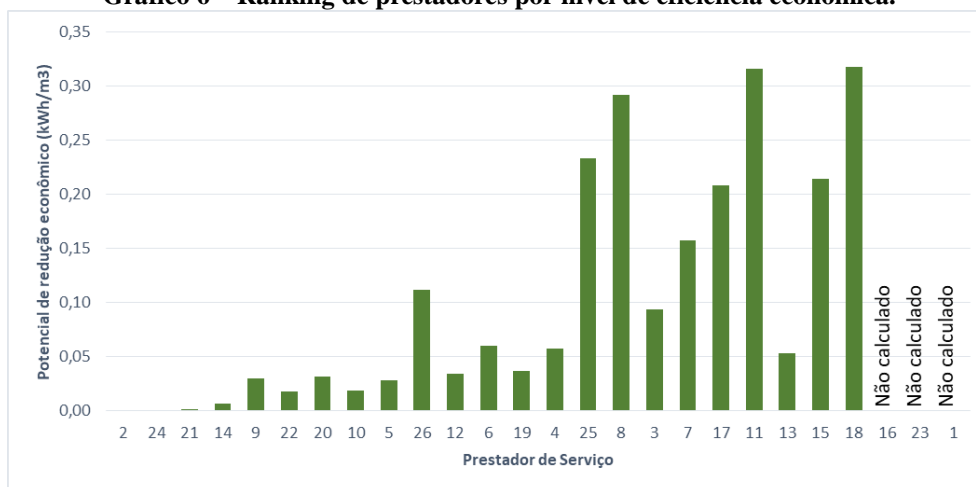
Tabela 4 - Percentual de economia face ao nível técnico.

Prestador de Serviço	Consumo específico atual (kWh/m³)	Potencial de redução (%)
23	0,05	-1059%
2	0,12	-26%
12	0,24	-9%
21	0,42	0%
1	0,19	0%
14	0,22	3%
10	0,18	11%
19	0,22	17%
20	0,35	11%
5	0,24	18%
22	0,24	17%
13	0,14	41%
4	0,33	21%
6	0,40	19%
24	0,31	27%
3	0,27	34%
7	0,43	35%
17	0,55	37%
15	0,41	52%
25	0,72	33%
26	0,82	29%
16	0,69	37%
8	0,85	34%
11	0,83	38%
9	0,64	56%
18	0,61	66%

Potencial de redução energética [kWh/m³] econômico

O potencial de redução econômico para cada participante foi calculado embasado no potencial de cada um dos conjuntos moto-bomba. Em termos de eficiência econômica, o ideal é que o CE_{atual} se aproxime do $CE_{\text{econômico}}$. Nesse sentido, o gráfico abaixo está ordenado em ordem crescente do potencial de economia, estando os participantes mais eficientes no lado esquerdo do gráfico.

Gráfico 6 – Ranking de prestadores por nível de eficiência econômica.



Percentualmente, como detalhado na Tabela 5, os prestadores 2, 24, 21, 14, 9, 22, 20, 10, 5, 26, 12, 6, 19 e 4 trabalham próximo do nível econômico de eficiência, com um potencial de redução inferior a 20% do seu nível atual. Os casos 1, 16 e 23 não apresentaram dados completos relativamente à substituição de equipamentos, que permitisse calcular o consumo específico considerado economicamente eficiente.

Tabela 5 - Percentual de economia face ao nível econômico (payback 36 meses).

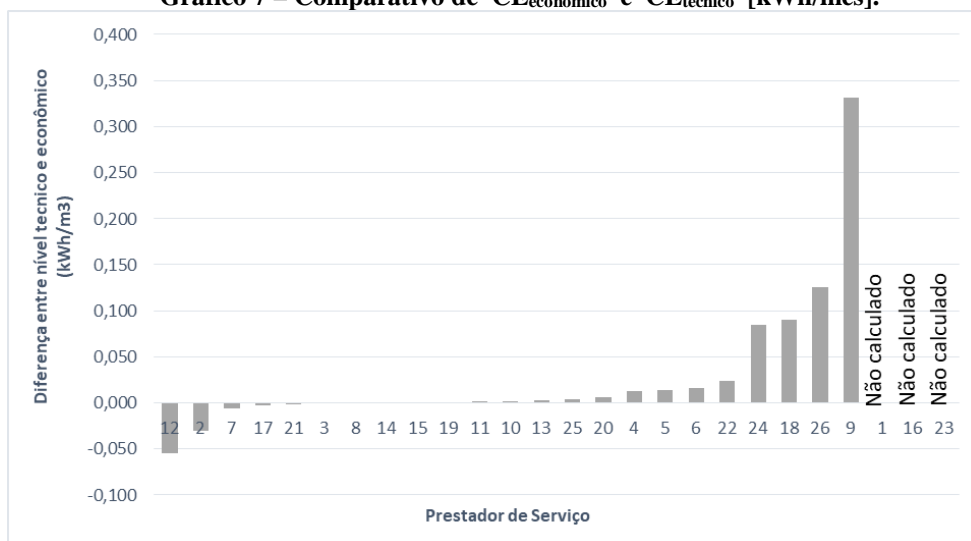
Prestador de Serviço	Consumo específico atual (kWh/m³)	Potencial de redução em (%) e em (kWh/m³)
2	0,12	0% 0,00
24	0,31	0% 0,00
21	0,42	0% 0,00
14	0,22	3% 0,01
9	0,64	5% 0,03
22	0,24	7% 0,02
20	0,35	9% 0,03
10	0,18	10% 0,02
5	0,24	12% 0,03
26	0,82	14% 0,11
12	0,24	14% 0,03
6	0,40	15% 0,06
19	0,22	17% 0,04
4	0,33	18% 0,06
25	0,72	32% 0,23
8	0,85	34% 0,29
3	0,27	35% 0,09
7	0,43	36% 0,16
17	0,55	38% 0,21
11	0,83	38% 0,32
13	0,14	39% 0,05
15	0,41	52% 0,21
18	0,61	52% 0,32
16	0,69	- -
1	0,19	- -
23	0,05	- -

Análise de eficiência técnica e econômica

O seguinte gráfico apresenta a diferença existente para cada prestador do $CE_{\text{econômico}}$ e do $CE_{\text{técnico}}$, embasado no potencial de cada um dos conjuntos moto-bomba. Situações representadas do lado direito do gráfico, onde o $CE_{\text{econômico}}$ é de sobremaneira superior ao $CE_{\text{técnico}}$ reflete que os custos de substituição são elevados face aos custos de energia. Situações representadas do lado esquerdo do gráfico com valores negativos podem ser interpretadas de dois modos:

- os casos onde o $CE_{\text{técnico}}$ é sobremaneira superior ao $CE_{\text{econômico}}$ refletem a existência de sobreinvestimento, indicando que o prestador está substituindo equipamentos com maior frequência do que o economicamente desejável (para critérios de *payback* de 36 meses); porém é tecnicamente eficiente.
- pode significar que os níveis de eficiência considerados alcançáveis foram pouco ambiciosos para os equipamentos em análise.

Gráfico 7 – Comparativo de $CE_{\text{econômico}}$ e $CE_{\text{técnico}}$ [kWh/mês].



O potencial de redução técnico e econômico de cada prestador de serviço está detalhado na Tabela 6. O potencial de economia técnico total levantado na amostra é de 6,3 GWh/mês, ou seja, 75 GWh em um ano, o que equivale ao consumo de 108 mil habitantes². O potencial de redução energética econômico, considerando o *payback* inferior a 36 meses é de 4,4 GWh/mês. Estes valores correspondem ao potencial de redução de emissões de CO₂ técnico de 584 toneladas por mês, ou seja, 7.009 toneladas em um ano. É possível economizar até 1,7 milhão de reais por mês com as medidas que têm *payback* inferior a 36 meses.

² Conforme dados do Balanço Energético Nacional referente a 2017 disponível em: <<http://www.ben.epe.gov.br>>. Consumo residencial *percapita*: 0,69 (kWh/hab).

Tabela 6 - Potencial de redução técnico e econômico.

Prestador de Serviço	Potencial de redução técnico		Potencial de redução econômico	
	[kWh/mês]	[R\$/mês]	[kWh/mês]	[R\$/mês]
1	0	0	0	0
2	65.027	43.267	0	0
3	48.984	16.076	48.691	15.971
4	34.719	17.833	16.555	8.696
5	79.238	38.140	69.811	33.509
6	53.757	34.110	42.494	26.335
7	149.725	73.535	149.044	73.191
8	256.118	91.892	256.118	91.892
9	64.043	33.480	4.819	2.472
10	113.478	65.701	104.503	60.198
11	2.278.828	665.418	2.275.488	664.443
12	33.286	9.273	33.286	9.273
13	69.999	43.455	63.974	38.404
14	85.114	40.855	85.114	40.855
15	254.880	101.323	254.880	101.323
16	77.007	42.234	0	0
17	56.321	29.783	55.010	29.004
18	14.987	4.546	11.677	3.542
19	278.301	109.446	161.169	66.658
20	15.557	8.219	12.196	6.412
21	4.319	1.916	4.319	1.916
22	376.900	92.620	149.344	42.878
23	0	0	0	0
24	1.168.095	276.112	0	0
25	577.481	369.447	569.122	363.016
26	120.755	67.453	56.887	31.205
Total	6.276.917	2.276.131	4.424.501	1.711.191

CONCLUSÕES

As despesas com energia elétrica são a segunda maior despesa dos prestadores de serviço, ficando atrás apenas das despesas com pessoal. Sob uma perspectiva econômica e financeira, as ineficiências no uso de energia constituem custos evitáveis que são suportados por subsídios à operação dos serviços e por taxas e tarifas cobradas dos usuários (SNIS, 2017).

É inquestionável que o uso eficiente da energia elétrica permite um retorno financeiro pela diminuição dos custos de produção de água, possibilitando o melhor aproveitamento da infraestrutura civil e eletromecânica existente.

A metodologia apresentada permite a avaliação de estações elevatórias possibilitando a detecção com celeridade desempenhos insuficientes de modo a que o prestador de serviço possa tomar medidas para manter níveis aceitáveis de eficiência. Vale ressaltar que, a ferramenta constitui um monitoramento de baixo custo, com uma excelente relação custo-benefício, considerando o esforço necessário na coleta de dados confiáveis para a tomada de decisões.

O potencial de economia técnico total levantado nos casos analisados neste trabalho é de 6,3 GWh/mês, ou seja, 75 GWh em um ano, o que equivale ao consumo de 108 mil habitantes³. O potencial de redução energética econômico, considerando o *payback* inferior a 36 meses é de 4,4 GWh/mês. Estes valores correspondem ao potencial de redução de emissões de CO₂ técnico de 584 toneladas por mês, ou seja, 7.009 toneladas em um ano. É possível economizar até 1,7 milhão de reais por mês com as medidas que têm *payback* inferior a 36 meses.

A partir dos resultados obtidos é possível direcionar esforços de manutenção e priorizar intervenções com base em um critério econômico:

- Priorização de instalações elevatórias visando a manutenção preventiva com base no potencial de economia mensal (R\$/mês) e (kWh/mês);
- Priorização de instalações elevatórias visando a substituição de equipamento eletromecânico com base no *payback* simples (meses).

Para efeitos de investimento, se recomenda embasar as decisões em informação confiável para garantir o retorno, assim, poderão ser necessários dados mais precisos.

Os princípios apresentados ao longo desse trabalho podem ser implementados usando soluções comerciais oferecidas pela indústria de tecnologias de informação, ou realizando adaptações aos sistemas de informação operacional e de fornecimentos (faturamento de eletricidade), podendo ser feitos ajustes por meio de programação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H., HIRNER, W., BAPTISTA, J.M. e PARENA, R. (2000). Performance indicators for water supply services. International Water Association. Londres, Reino Unido.
2. DUARTE, P., ALEGRE, H. e BAPTISTA, J.M. (2004). Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. Instituto Regulador de Águas e Resíduos/Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, Portugal.
3. EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2017). Balanço Energético Nacional: Ano Base 2017. 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: jan. 2019.
4. EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - Volume 11 do Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-energia-2050>>. Acesso em: 19 dez. 2018
5. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. (2017). Ministério das Cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>>. Acesso em: 19 dez. 2018
6. SPE - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO. (2010). Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas. Ministério de Minas Energia. Brasília.

³ Conforme dados do Balanço Energético Nacional referente a 2017 disponível em: <<http://www.ben.epe.gov.br>>. Consumo residencial *percapita*: 0,69 (kWh/hab).