

AVALIAÇÃO DOS CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA EM ÁREAS DE FLEXIBILIDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – O CASO DE CARAPICUÍBA

Aline Frederice⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela UNESP. Mestra em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Engenheira da Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento da Produção. Sabesp.

Viviana Marli Nogueira de Aquino Borges

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia Mackenzie. Mestra em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica da USP. Gerente da Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento da Produção. Sabesp.

Kamel Zahed Filho

Engenheiro Civil e Doutor em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica da USP. Engenheiro da Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento da Produção. Sabesp.

José Celso Marins

Engenheiro Eletricista pela FACENS. Mestre em Energia pelo IEE-USP. Engenheiro do Departamento de Planejamento, Gestão e Operação da Produção. Sabesp.

Endereço⁽¹⁾: Rua Nicolau Gagliardi, 313 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05429-010 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-8962 - e-mail: afrederice@sabesp.com.br.

RESUMO

Os sistemas de abastecimento público, além da disponibilidade hídrica, são fortemente dependentes do fornecimento de energia elétrica para as Estações de Tratamento de Água (ETA) e principalmente para as Estações Elevatórias de Água (EEAs), sendo uma das maiores despesas desse setor, sendo que quanto maior a vazão e desnível que a água precisa ser bombeada, maior será o seu custo. Muitos dos Centros de Reservação de Água Tratada (CRATs) da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) têm a possibilidade de serem abastecidos por mais de um Sistema Produtor, possuindo flexibilidade no seu abastecimento, como é o caso dos três CRATs do Município de Carapicuíba. Neste estudo, foram levantados os custos com energia elétrica para o abastecimento de Carapicuíba, através dos Sistemas Produtores Cantareira e São Lourenço. Apesar de não ser possível definir uma proporção desses custos para os diferentes cenários de abastecimento de Carapicuíba, via Sistema Cantareira e via Sistema São Lourenço, devido às incertezas de custos referentes às demandas contratadas e efetivamente consumidas por cada EEA, foi possível concluir que o abastecimento total de Carapicuíba pelo Sistema Cantareira, em condições normais de operação, sem a necessidade da transposição Jaguari – Atibainha, é bem mais barato.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização energética, flexibilidade de abastecimento, análise operacional.

INTRODUÇÃO

Segundo Campos (2017), o bombeamento através das Estações Elevatórias de Água (EEAs) representa cerca de 90% das despesas com energia elétrica das empresas de saneamento, nas quais, de acordo com Copeland (2014) *apud* Casini (2015), os gastos com energia elétrica são da ordem de 40% a 50% dos seus orçamentos de despesas. Na Superintendência de Produção de Água Metropolitana da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), o gasto com energia elétrica é a maior despesa (Borges et al., 2019).

A Sabesp é a responsável pelo abastecimento da maior parte dos municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), através do Sistema Integrado Metropolitano (SIM), formado pelos Sistemas Produtores de Água (Mananciais e Estações de Tratamento de Água) e uma extensa rede de adutoras interligadas e estruturas de bombeamento que levam essa água até os mais de 150 Centros de Reservação de Água Tratada (CRATs) espalhados pela região, para depois ser distribuída para a população.

Muitos desses CRATs têm a possibilidade de serem abastecidos por mais de um Sistema Produtor, possuindo flexibilidade no seu abastecimento. Essas flexibilidades do SIM são de extrema importância para minimizar os

impactos causados no abastecimento de água da RMSP na eventualidade da falta de disponibilidade hídrica ou falhas ocorridas em algum dos Sistemas Produtores ou no seu Sistema de Adução.

No entanto, em situações normais de operação, o custo de abastecimento desses CRATs podem ser diferentes, dependendo do caminho e principalmente do desnível que essa água tem que vencer para chegar até eles, através do bombeamento de água pelas EEAs e Boosters, sendo assim necessária uma análise operacional de abastecimento desses CRATs a fim de se otimizar os custos com energia elétrica.

O Município de Carapicuíba, localizado na RMSP, é abastecido através do SIM e possui três CRATs denominados: Carapicuíba – Centro, Carapicuíba – COHAB e Carapicuíba – Vila Dirce. Juntos, no período entre janeiro e outubro de 2018, somaram um consumo médio de aproximadamente 1.000l/s.

Esses reservatórios possuem flexibilidade de abastecimento, podendo ser abastecidos através do Sistema Produtor São Lourenço (SPSL), que entrou em operação em abril de 2018, no qual a água bruta é recalçada pela EEAB Cachoeira do França até a Estação de Tratamento de Água (ETA) Vargem Grande e de lá uma pequena parte é recalçada através da EEAT 02 (capacidade aproximada de 280 l/s) para o abastecimento de Vargem Grande Paulista e Cotia – Caucaia do Alto e o restante através da EEAT 01 (capacidade aproximada de 6.200 l/s) para o abastecimento de uma parte da região Oeste da RMSP, podendo chegar até Carapicuíba.

Outra possibilidade é o abastecimento através do Sistema Produtor Cantareira, que tem a água bruta recalçada pela EEAB Santa Inês até a ETA Guarará, de onde é aduzida, passando pelo Booster Jaguará, até chegar nesses CRATs.

Uma particularidade do Sistema Cantareira é a transferência das águas do reservatório Jaguari da bacia do Paraíba do Sul para a represa Atibainha, inaugurada no início de 2018, implantada no intuito de aumentar a garantia da disponibilidade hídrica, prevista para operar apenas como reforço ao Sistema Cantareira.

O esquemático simplificado com as possibilidades de abastecimento dos três CRATs do Município de Carapicuíba, com flexibilidade de abastecimento tanto pelo Sistema Produtor Cantareira, quanto pelo SPSL está apresentado na Figura 1.

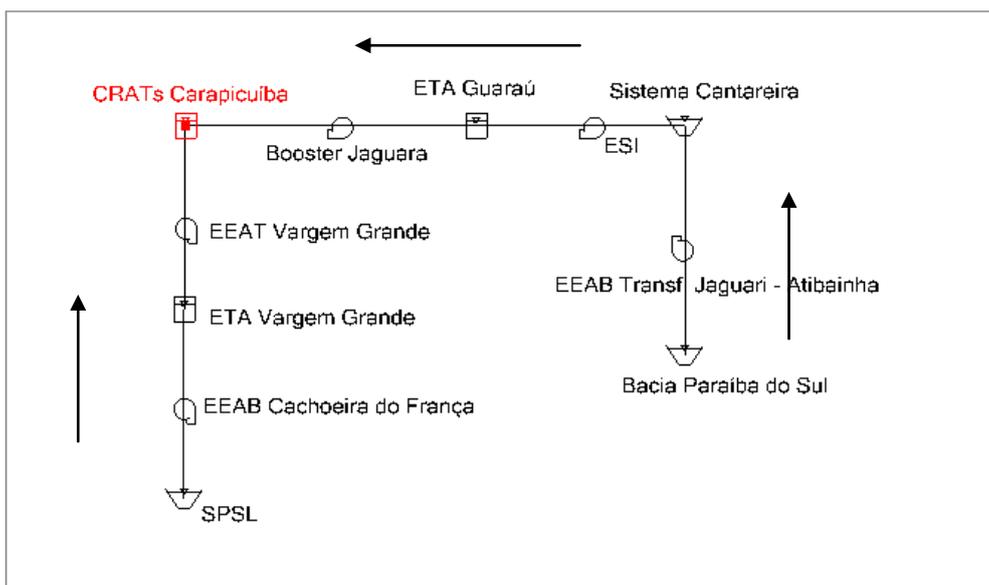


Figura 1 – Esquemático simplificado das possibilidades de abastecimento do Município de Carapicuíba.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo é avaliar os custos com energia elétrica para abastecimento do município de Carapicuíba através dos Sistemas Produtores Cantareira e São Lourenço.

METODOLOGIA

Para a estimativa dos custos com energia elétrica para o abastecimento dos três CRATs do município de Carapicuíba, tanto pelo Sistema Produtor Cantareira, quanto pelo SPSL, foram levantados os valores pagos às concessionárias de energia (em R\$), o consumo (kWh) e o volume (m³) recalculado pelas Estações Elevatórias de Água (EEAs) Bruta e Tratada e pelas ETAs, pelas quais a água passa, desde o manancial do Sistema Produtor, até chegar nesses CRATs, através do Sistema Adutor Metropolitano (SAM).

Os dados referentes ao volume foram extraídos das vazões médias registrados pelos Sistemas da Sabesp, SCOA (água tratada) e SSD-Sabesp (água bruta). O consumo de energia (kWh) e valor pago (R\$) foram fornecidos pela Célula de Gestão de Energia Elétrica da Superintendência de Produção de Água Metropolitana da Sabesp, com base nas contas pagas às concessionárias de energia.

Com esses valores levantados foram calculados os indicadores listados e explicados abaixo. Porém, para preservar algumas informações estratégicas da empresa, foram adotados números fictícios, mantendo a proporcionalidade entre eles, dividindo todos os valores por uma mesma constante chamada aqui de “x”.

- Consumo kWh/xm³: consumo de energia constante na fatura, dividido pelo volume de água veiculado pela estrutura no período e pela constante “x”;
- Custo \$\$/kWh: valor pago da fatura de energia, dividido pelo consumo de energia constante na fatura do período e pela constante “x”;
- Custo \$\$/xm³: valor pago da fatura de energia, dividido pelo volume de água veiculado pela estrutura no período e pela constante “x”.

Pelo Sistema Cantareira foram consideradas as seguintes estruturas:

- EEAB Santa Inês (ESI);
- ETA Guarauá;
- Booster Jaguara;
- EEAB da Transposição Jaguari – Atibainha (acionada apenas para reforço do Sistema Cantareira).

Pelo SPSL foram consideradas as seguintes estruturas:

- EEAB Cachoeira do França;
- ETA e EEATs Vargem Grande.

Apesar das ETAs não terem grande relevância no consumo de energia elétrica, comparadas às EEAs e Booster, elas foram consideradas devido à ETA e EEATs Vargem Grande estarem consideradas juntas, sem discriminação do consumo de cada uma, na conta paga à concessionária que fornece a energia elétrica para essas estruturas. Apesar da EEAT 02 não recalcar água que vai até Carapicuíba e estar também contabilizada junto na conta de energia, a vazão recalçada por ela é muito pequena em comparação a EEAT 01, não prejudicando a análise.

Foram levantados os dados de fevereiro de 2018, que representam a situação anterior à entrada em operação do SPSL, onde Carapicuíba era totalmente abastecida pelo Sistema Cantareira e os dados de setembro de 2018, quando parte da demanda média de aproximadamente 1.000l/s do Município de Carapicuíba estava sendo fornecida pelo SPSL (600l/s) e a outra pelo Sistema Cantareira (400l/s).

RESULTADOS

Nas tabelas 1 e 2 encontram-se os indicadores calculados, através dos dados levantados das EEAs e ETAs necessárias para atendimento da demanda do Município de Carapicuíba pelo Sistema Cantareira (Tabela 1) e pelo SPSL (Tabela 2).

Tabela 1 - Custos com energia elétrica para abastecimento de Carapicuíba pelo Sistema Cantareira.

ESTRUTURA	PERÍODO	CONSUMO* kWh/xm ³	CUSTO \$/kWh	CUSTO* \$/xm ³
ESI	31/08/18 a 30/09/18	90,52	0,05	20,29
ETA Guarau	12/09/18 a 10/10/18	2,02	0,12	1,00
Booster Jaguará (abast. total Cantareira)	05/02/18 a 05/03/18	50,55	0,09	19,59
Booster Jaguará (abast. parcial Cantareira)	05/09/18 a 04/10/18	44,25	0,25	47,42
EEAB Transp. Jaguari-Atibainha	25/09/18 a 26/10/18	165,48	0,13	92,01

*Na unidade de “x” representa a constante pela qual os valores reais foram divididos para se preservar as informações da empresa e se manter a proporcionalidade entre os dados.

Tabela 2 - Custos com energia elétrica para abastecimento de Carapicuíba pelo SPSL.

ESTRUTURA	PERÍODO	CONSUMO* kWh/xm ³	CUSTO \$/kWh	CUSTO* \$/xm ³
EEAB Cachoeira do França	10/09/18 a 09/10/18	309,71	0,10	131,41
ETA + EEATs Vargem Grande	30/09/18 a 31/10/18	36,34	0,13	19,97

*Na unidade de “x” representa a constante pela qual os valores reais foram divididos para se preservar as informações da empresa e se manter a proporcionalidade entre os dados.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

O custo com energia elétrica de uma Estação Elevatória de Água (EEA) é composto por uma parcela fixa, referente à demanda contratada, e uma parcela variável, referente ao consumo efetivo (kWh) no período. O custo específico de energia dessa estrutura (\$/kWh) é menor quanto mais próximo for o consumo da demanda contratada.

Diante disso, observa-se na Tabela 1, um aumento do custo específico do Booster Jaguará em setembro de 2018 (abastecimento parcial pelo Sistema Cantareira) em comparação a fevereiro de 2018 (abastecimento total pelo Sistema Cantareira), justificado pela redução do tempo de operação desse Booster.

Essa diferença mostra a sensibilidade do custo unitário (\$/xm³) do Booster Jaguará em função do volume recalcado, não se mantendo o mesmo valor, como pode ser admitido para as demais estruturas do Sistema Cantareira consideradas (ESI e ETA Guarau), para a ordem de grandeza da variação nos volumes bombeados nos dois períodos.

A vazão que passa pelo Booster Jaguará vem reduzindo desde abril de 2018, quando o Sistema Produtor São Lourenço entrou em operação, já que além de parte de Carapicuíba, outros setores antes abastecidos pelo Sistema Cantareira, via Booster Jaguará, como, por exemplo, o setor Barueri – Tamboré e complemento da ETA Baixo Cotia, que também estavam considerados no custo de (\$/xm³) do Booster Jaguará, passaram a ser abastecidos pelo SPSL.

Outro ponto a se considerar é que, no caso de uma decisão pelo abastecimento total de Carapicuíba pelo SPSL, o Booster Jaguará poderia ser mantido desligado e o abastecimento de Osasco (a jusante do booster) ser feito por gravidade. Porém, mesmo para manter o Booster Jaguará desligado seria necessário um contrato de fornecimento de energia elétrica, garantindo ainda a flexibilidade de abastecimento, que conforme informado pela célula de Gestão de Energia Elétrica da Superintendência de Produção de Água Metropolitana da Sabesp, seria de aproximadamente R\$80.000/mês. Nesse custo, considera-se o fornecimento de energia em média tensão (mercado cativo), para o caso de uma necessidade de operação do booster na sua capacidade máxima, suprimindo eventuais falhas do Sistema São Lourenço.

Assim, o Booster Jaguarua pode estar com o contrato de energia desajustado, por estar em fase de adaptação, aguardando a definição da estratégia de abastecimento, dependente da avaliação de diferentes cenários de operação, como:

- Abastecimento total pelo Sistema Cantareira dos setores com flexibilidade de abastecimento pelos Sistemas Cantareira e SPSL, considerando a ETA Baixo Cotia ainda não recuperada (verificação da capacidade máxima necessária do Booster Jaguarua);
- Abastecimento total pelo Sistema Cantareira até Carapicuíba;
- Abastecimento parcial de Carapicuíba pelo Sistema Cantareira (dividido em faixas de vazões), verificando a vazão que conseguiria chegar até Carapicuíba por gravidade;
- Abastecimento total pelo Sistema São Lourenço dos Setores com flexibilidade de abastecimento pelos Sistemas Cantareira e São Lourenço;
- Abastecimento total pelo Sistema São Lourenço até Carapicuíba.

Os altos custos ($\$/\text{m}^3$) das EEABs do São Lourenço e da Transposição Jaguari-Atibainha se dão pelo alto desnível que essas elevatórias precisam vencer, com altura manométrica da ordem de 360m e 200m, respectivamente, gerando um alto consumo de energia (kWh/m^3). Para efeito de comparação a altura manométrica da ESI é da ordem de 130m.

Os possíveis ajustes dos contratos de energia elétrica dessas EEABs mais recentes estão sendo estudados para se aproveitar as melhores oportunidades de preço no mercado livre de energia.

Assim, não foi possível definir os custos com energia elétrica ($\$/\text{m}^3$), nem a proporcionalidade entre eles para os diferentes cenários de abastecimento do Município de Carapicuíba, pelo SPSL e pelo Sistema Cantareira, com e sem a necessidade de funcionamento da EEAB da Transposição Jaguari – Atibainha. Pois, esses custos dependem das negociações dos contratos de energia de cada estrutura. Dependem do valor fixo estabelecido pela demanda contratada de cada estrutura, referentes à sua capacidade máxima, para garantir sua flexibilidade, e do valor da parcela variável, referente ao consumo efetivo esperado, de acordo com a estratégia de abastecimento adotada.

CONCLUSÃO/RECOMENDAÇÕES

Mesmo não sendo possível definir uma proporção entre as estimativas de custo com energia elétrica para os diferentes cenários de abastecimento dos CRATs do Município de Carapicuíba, via Sistema Cantareira e via Sistema São Lourenço, devido às incertezas de custos referentes às demandas contratadas e efetivamente consumidas por cada EEA, dependentes da negociação de cada contrato de fornecimento de energia elétrica, é possível concluir que o abastecimento total de Carapicuíba pelo Sistema Cantareira, em condições normais de operação, sem a necessidade da transposição Jaguari – Atibainha, é bem mais barato.

Destaca-se também a importância de um estudo hidráulico para os diferentes cenários de abastecimento de Carapicuíba e demais setores com flexibilidade de abastecimento pelo Sistema Cantareira e pelo SPSL, para que se possa definir a melhor estratégia de operação do Booster Jaguarua, a fim de se obter uma economia dos recursos financeiros e verificar a necessidade ou não de adequações desse booster.

Após a definição da estratégia de abastecimento de Carapicuíba, deverão ser verificados os possíveis acertos nos contratos de fornecimento de energia elétrica do Booster Jaguarua e demais EEAs.

Para que se possa ter um melhor embasamento para tomada de decisão sobre o abastecimento de Carapicuíba, via Sistema Cantareira ou via São Lourenço, em uma situação que o Sistema Cantareira esteja desfavorável, necessitando do bombeamento da transferência Jaguari-Atibainha, recomenda-se também o levantamento e avaliação mais detalhada dos demais custos relevantes (como produto químico para tratamento da água e cobrança pelo uso da água de cada bacia), assim como uma análise dos volumes disponíveis em cada Sistema e as previsões futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORGES, V. M. N. de A. et al. Diagnóstico de recuperação de energia em válvulas de controle de reservatórios de distribuição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E

- AMBIENTAL, 30., 2019. Natal. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletosPDF/XI-075.pdf>. Acesso em: 14 de maio de 2020.
2. CAMPOS., A. L. B. (2017). Estudo de um modelo de otimização dos custos de energia elétrica do bombeamento em sistema de abastecimento de água. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-205/2017, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 152p.
 3. CASINI, M. Harvesting energy from in-pipe hydro systems at urban and building scale. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*. vol. 4, no. 4, October 2015. Disponível em: www.ijsgce.com/uploadfile/2015/0929/20150929103416700.pdf. Acesso em: 14 de maio de 2020.