

**XI-202 - AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DE CONJUNTOS MOTOBOMBAS EM PARALELO PARA AUMENTO DE VAZÃO EM CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA VERIFICANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA INSTALAÇÃO**

**Luana Ribeiro da Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas. Mestre em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Doutoranda em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto.

**Felipe Miranda Gobbo**

Engenheiro Mecatrônico pelo Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio. Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto. Doutorando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto.

**Luciano Farias de Novaes**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Recursos Hídricos e Ambientais pela Universidade Federal de Viçosa. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor pesquisador da Universidade de Ribeirão Preto. Responsável técnico e diretor da Novaes Engenharia e Construções Ltda.

**Aparecida Micheli Manoel**

Advogada pelo Instituto Municipal Matonense de Ensino Superior (IMMES). Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Doutoranda em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Gregório Aversa, 371 – São Carlos - SP - CEP: 13571-260 - Brasil - Tel: (16) 99754-7765 - e-mail: luana.ribeiro32@gmail.com

## RESUMO

A sustentabilidade financeira da operação de um sistema de abastecimento de água envolve principalmente os aspectos humanos e energéticos, sendo as maiores despesas na prestação dos serviços. Sabe-se que demanda de água é crescente, e que as companhias não realizam o planejamento necessário para um crescimento ordenado no fornecimento de água aos usuários. Quando ocorre um aumento na demanda, devido ao crescimento populacional ou até mesmo novos empreendimentos, as companhias precisam agir rapidamente, e muitas vezes, substituem seus equipamentos somente analisando o volume requerido. Este trabalho visou realizar a análise da eficiência energética de uma instalação de captação de água bruta no aumento da vazão de bombeamento, através da associação de bombas em paralelo. Os objetivos foram: avaliar a associação das bombas existentes na captação de água frente a curva do sistema de recalque; e avaliar a eficiência energética da associação em paralelo das bombas existentes e propor cenários alternativos para a instalação visando a redução do consumo de energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Associação de bombas, sistema de abastecimento de água, recalque de água, bombeamento, eficiência energética, consumo de energia.

## INTRODUÇÃO

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em seu último diagnóstico referente ao ano de 2020, 93,4% dos brasileiros que residem em cidades são atendidos com redes públicas de abastecimento de água (SNIS, 2022).

O custo de energia elétrica para as empresas de abastecimento de água representa a segunda maior despesa, perdendo apenas para o custo de mão de obra própria e terceiros. O custo com energia elétrica totalizado em

2020 foi de R\$ 7.373,3 milhões. No sistema de abastecimento de água as despesas de energia elétrica estão englobadas nas etapas de captação, tratamento e distribuição de água (SNIS, 2022).

Dos 1.354 prestadores de serviços de abastecimento de água, 54,3% são de administração direta e 34,3% são autarquias. Essas companhias estão sob a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, cujas contratações e compras devem ser realizadas por processos licitatórios. Na maioria dos casos, os processos de compras se dão por tomada de preços, em que o menor preço vence a concorrência, o que pode acarretar em produtos de menor qualidade. Esse fato se aplica ao saneamento, que muitas vezes são ofertados a companhias equipamentos eletromecânicos de menor eficiência e rendimento devido ao menor preço.

As perdas de água têm relevância quando se fala em eficiência energética. Em sistemas de distribuição que possuem muitas instalações de bombeamento, quando se tem um elevado índice de perdas, significa que a companhia está tendo uma despesa com energia elétrica para um volume de água que está sendo perdido. Apesar das experiências para o controle das perdas de água, os prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil ainda possuem índices elevados de perdas, que no ambiente nacional foi de 40,3% em 2020 (SNIS, 2022).

Os desafios das companhias de saneamento são inúmeros, e a gestão da eficiência energética deve ser encarada visando a diminuição das despesas e a sustentabilidade ambiental da prestação dos serviços. Com o avanço da tecnologia, atualmente tem-se equipamentos com maiores rendimentos e conseqüentemente menores consumos de energia elétrica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado em um município do interior de São Paulo de aproximadamente 77.000 habitantes. A instalação de bombeamento objeto do estudo fica localizada na captação de água bruta do município.

O sistema de bombeamento atual dessa captação é composto de uma bomba associada em série com uma outra bomba, de modelos diferentes. Foi construída a curva do sistema, considerando que a adutora de recalque tem as características conforme dados expostos na Tabela 1. Observa-se que foi adotado coeficiente de Hazen-Williams com valor igual a 90 em virtude da rugosidade interna da tubulação observada, conforme pode ser visto na Figura 1.

Tabela 1. Dados da adutora de transporte da água bruta

Desnível geométrico(m)	88
Diâmetro interno (m)	0,380
Material	Ferro Fundido
Comprimento (m)	5500
Coefficiente de Hazen-Williams	90*

\*Adutora incrustada conforme amostra retirada em campo.

Fonte: Autor, 2022.

Figura 1. Estado de incrustação no interior da adutora



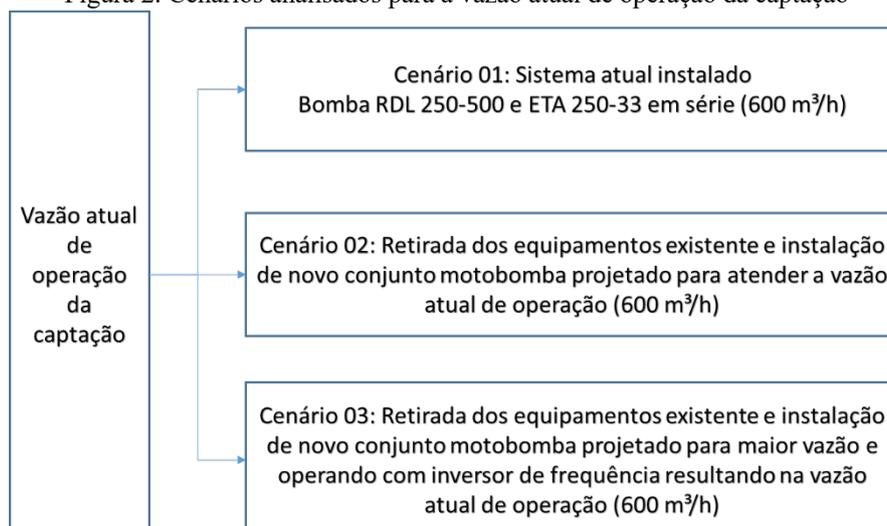
Fonte: Autor, 2022.

Para realização desse estudo foram analisadas as curvas características das bombas, para a determinação do ponto de trabalho da atual associação em série. Os dados da curva foram compilados em planilhas eletrônicas visando a construção dos gráficos.

O estudo englobou a associação desse conjunto existente em série para uma operação em paralelo com outro de mesma configuração. Essa associação foi analisada em relação ao comportamento da curva do sistema, visando verificar o incremento de vazão e a potência consumida.

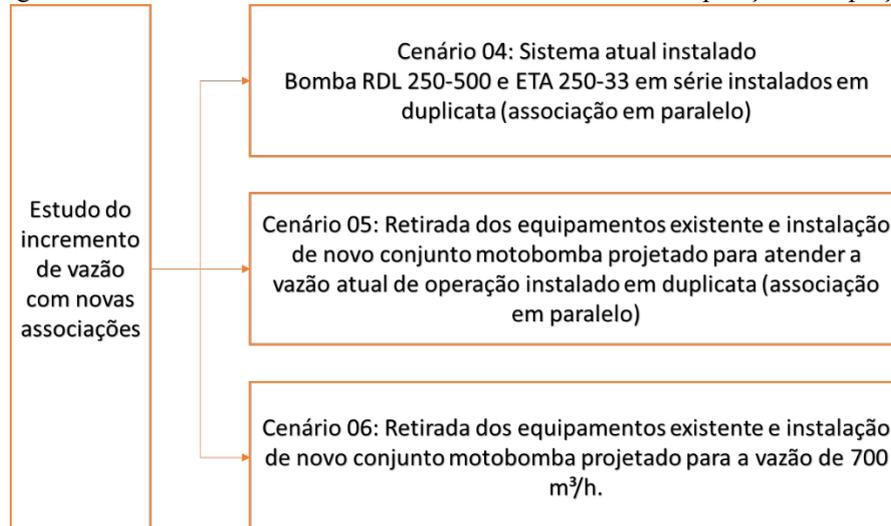
Para a análise de eficiência energética foram realizadas outras duas simulações distintas, sendo a primeira para verificar qual seria o consumo de energia para aquisição de um único conjunto motobomba para atender a vazão atual da captação ( $600 \text{ m}^3/\text{h}$ ) e a associação em paralelo desse novo conjunto, e a segunda para verificar o consumo de energia para atender uma vazão superior ( $700 \text{ m}^3/\text{h}$ ) e então através de inversor de frequência obter a vazão atual de  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ . Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os cenários analisados para operação do sistema.

Figura 2. Cenários analisados para a vazão atual de operação da captação



Fonte: Autor, 2022.

Figura 3. Cenários analisados visando o incremento da vazão de operação da captação



Fonte: Autor, 2022.

## RESULTADOS

A primeira bomba da instalação é da marca KSB modelo RDL 250-500 associada em série com a bomba da marca KSB modelo ETA 250-33. Nas Figura 4 e 5 são apresentados os dados da plaqueta das bombas, respectivamente.

Figura 4. Plaqueta da bomba RDL 250-500



Fonte: Autor, 2022.

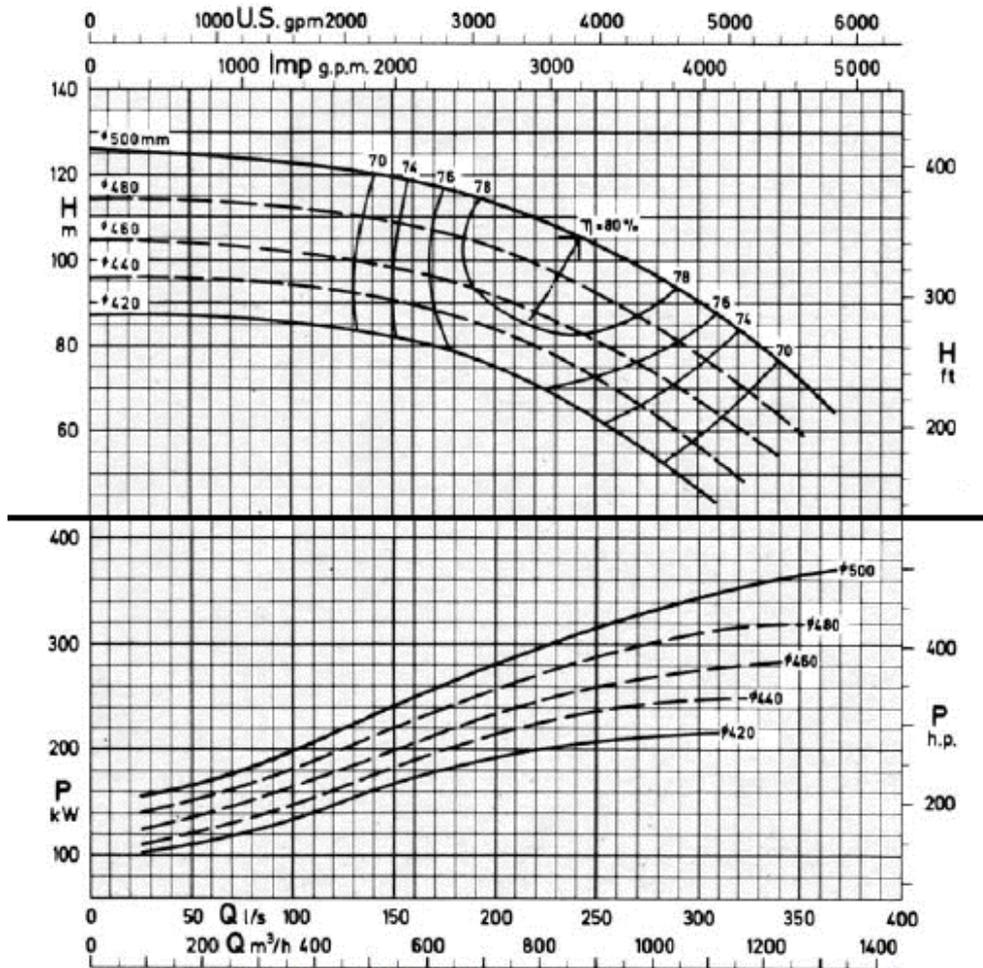
Figura 5. Plaqueta da bomba ETA 250-33



Fonte: Autor, 2022.

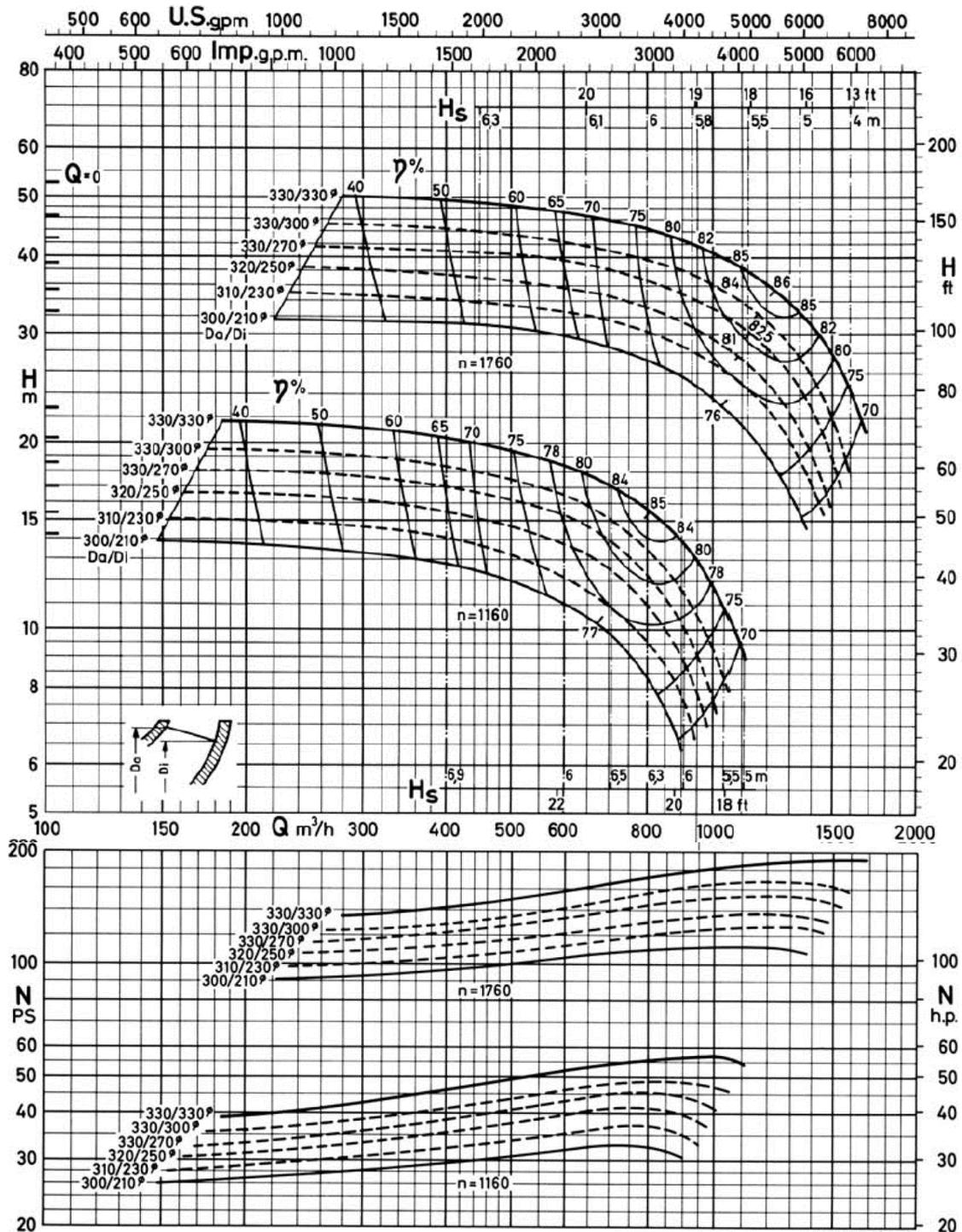
Na Figura 6 é apresentada a curva da bomba RDL 250-500, e na Figura 7 é possível identificar a curva da bomba ETA 250-33.

Figura 6. Curva da bomba RDL 250-500



Fonte: KSB, 2022.

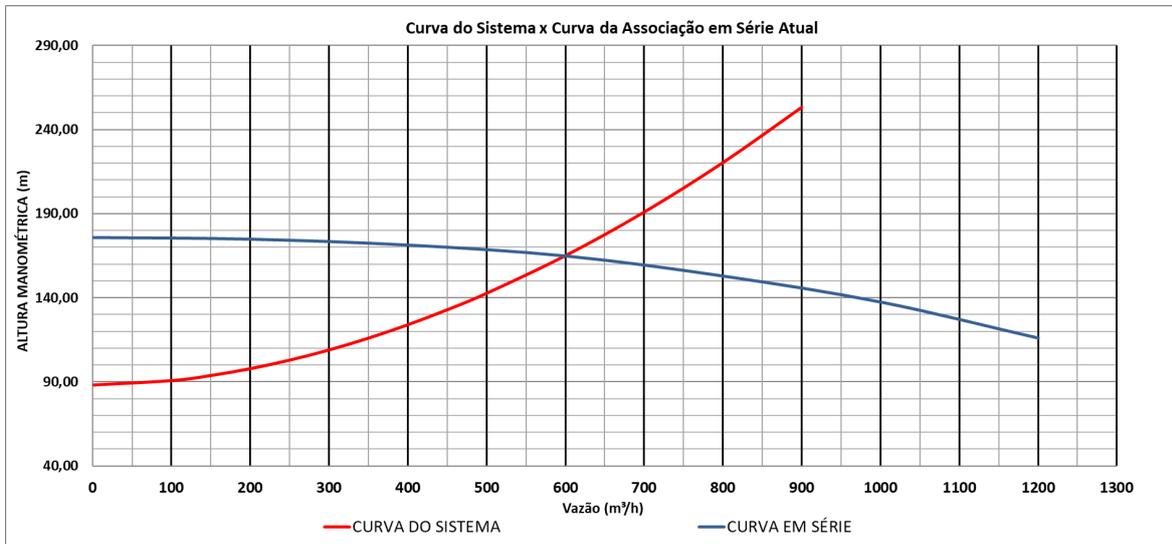
Figura 7. Curva da bomba ETA 250-33 (Vazão x Altura)



Fonte: KSB, 2022.

Através da aplicação das equações de perda de carga, fez-se a construção da curva do sistema. Posteriormente, a partir das curvas dada pelo fabricante da bomba RDL 250-500 e da bomba ETA 250-33 foi construída a curva da associação em série. Com ambos os resultados, foi construído o gráfico da curva da instalação em série com a curva do sistema de recalque, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 8. Curva do sistema de recalque frente a curva da associação em série das bombas RDL 250-500 e ETA 250-33.

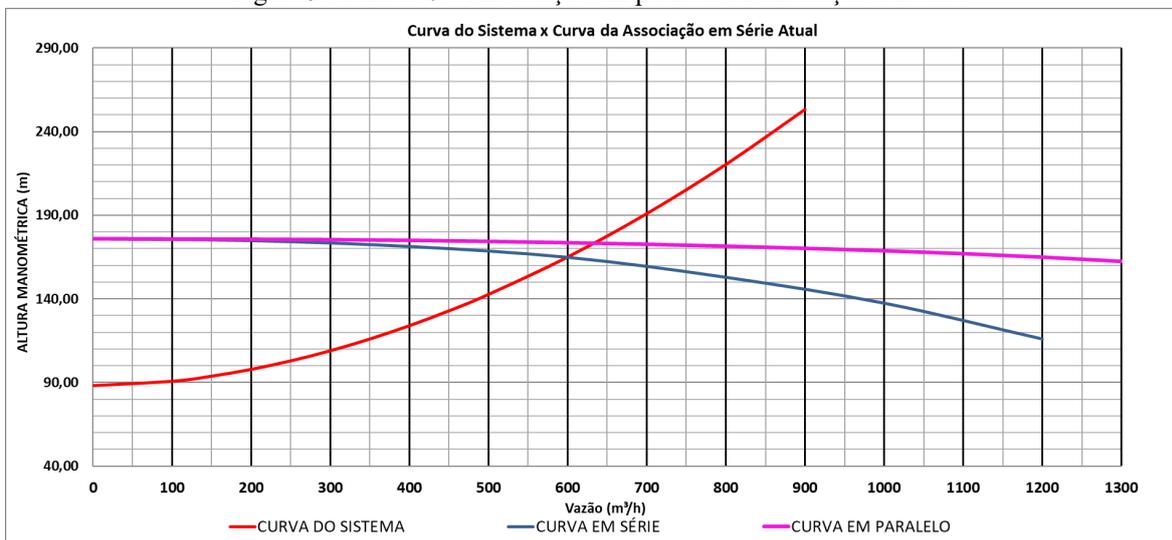


Fonte: Autor, 2022.

Analisando o resultado da curva do sistema versus a curva da instalação, tem-se que o ponto de operação atual é de 600 m³/h e 160 mca.

Com a curva da instalação operando em série, foi possível construir a curva de associação em paralelo para esse sistema (cenário 04). O resultado da associação pode ser visualizado no gráfico da Figura 10.

Figura 9. Cenário 04: Associação em paralelo da instalação existente

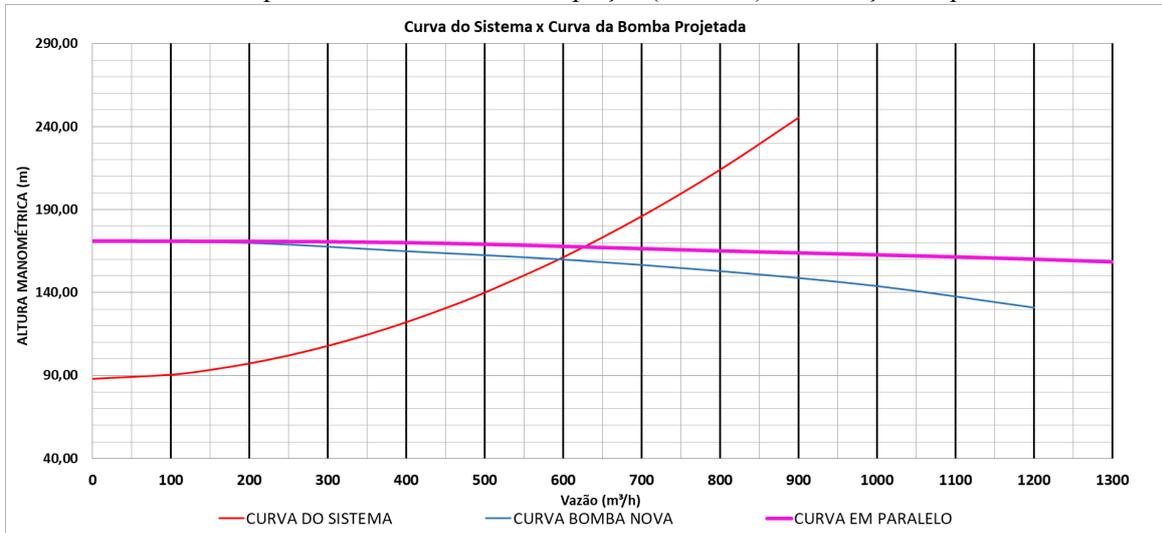


Fonte: Autor, 2022.

Analisando o resultado da curva da associação em paralelo versus a curva da instalação, tem-se que o ponto de operação será de 630 m³/h e 172 mca.

Para análise da eficiência energética do sistema de recalque foi verificada uma nova bomba para atender a demanda de 600 m³/h e 160 mca (cenário 02), bem como a sua associação em paralelo (cenário 05).

Figura 10. Cenários 02 e 05: curva do sistema de recalque frente a curva de uma única bomba projetada para atender o ponto de trabalho atual da captação (600 m<sup>3</sup>/h) e associação em paralelo.

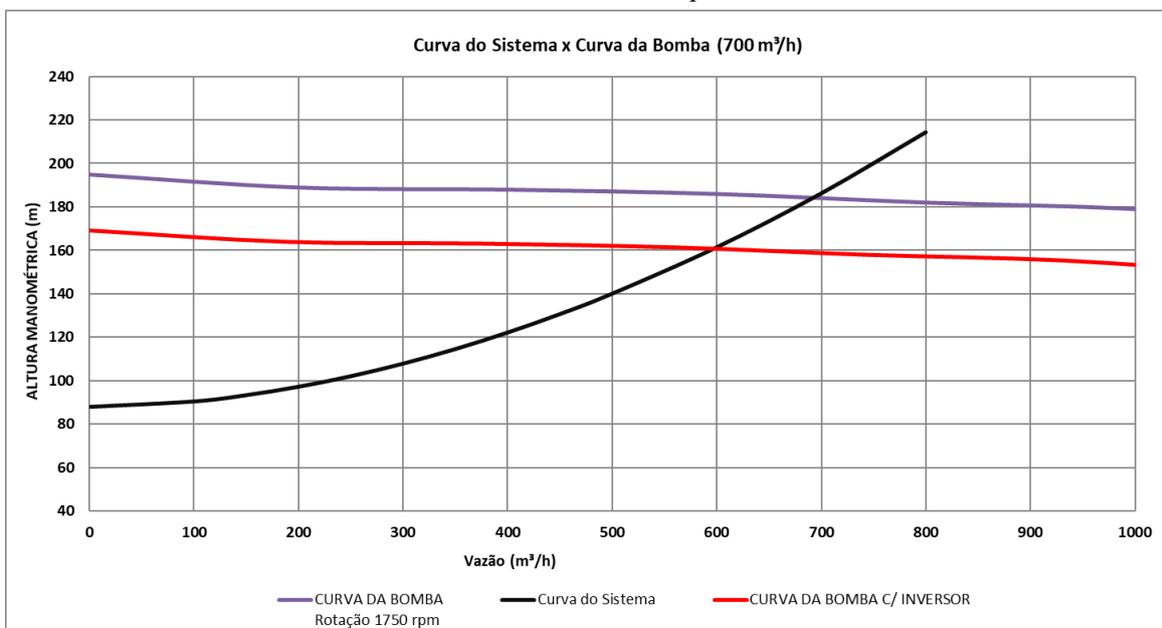


Fonte: Autor, 2022.

Visando um incremento maior da vazão, foi analisado por meio do cenário 03 um novo conjunto para operar com uma vazão de 700 m<sup>3</sup>/h, vazão desejada pelo cliente para suprir a demanda em momentos de alto consumo, e verificado a potência consumida para operação em 600 m<sup>3</sup>/h através da implantação de inversor de frequência.

A curva da bomba selecionada para a vazão de 700 m<sup>3</sup>/h e a curva do inversor para atender 600 m<sup>3</sup>/h estão apresentadas na Figura 12.

Figura 11. Cenários 03 e 06: curva do sistema de recalque frente a curva de uma única bomba projetada para atender a vazão de 700 m<sup>3</sup>/h e a curva do inversor para atender a vazão de 600 m<sup>3</sup>/h.



Fonte: Autor, 2022.

De acordo com ponto de operação de cada bomba instalada atualmente na captação de água, é possível determinar o consumo de energia através das curvas de potência. Para a bomba RDL 250-500 a potência consumida é de 250 kW, e para a bomba ETA 250-33 a potência consumida é de 160 kW, totalizando 410 kW para recalque de 600 m<sup>3</sup>/h.

Analisando o resultado da curva da associação em paralelo versus a curva da instalação, tem-se que o ponto de operação será de 630 m<sup>3</sup>/h e 172 mca. Para esse ponto e operação, a potência da bomba RDL 250-500 é de 260 kW, e para a bomba ETA 250-33 a potência consumida é de 165 kW, totalizando 425 kW para cada conjunto, ou seja, 850 kW para o recalque de 630 m<sup>3</sup>/h.

A seleção de uma nova bomba para atendimento da vazão de 600 m<sup>3</sup>/h (cenário 02) resultou em um conjunto com potência consumida de 361 kW.

Considerando o custo da tarifa para o município em questão de R\$ 0,62/kWh, a diferença de potência consumida entre o conjunto instalado de 410 kW e o conjunto proposto de 361 kW resultaria em uma economia mensal de energia elétrica R\$ 18.314,49. Em contato com o fornecedor, o conjunto motobomba projetado custa em média R\$ 650.000,00, o que resultaria em um *payback* de 36 meses.

Para a associação em paralelo de duas bombas projetadas, o ganho de vazão também seria de apenas 30 m<sup>3</sup>/h, não sendo vantajoso devido ao custo com energia elétrica.

O cenário 6 foi simulado para atender uma vazão de 700 m<sup>3</sup>/h, que é a vazão desejada pelo cliente para suprir a demanda em momentos de alto consumo. Assim, para o ponto de trabalho de 700 m<sup>3</sup>/h, a bomba selecionada possui uma rotação de 1750 rpm. Realizando a simulação do inversor de frequência, a bomba precisaria operar em 1630 rpm para obter a vazão de 600 m<sup>3</sup>/h. Através das equações de similaridade foi possível estabelecer a potência consumida para esse ponto desejado, resultando em 500 kW. Para o recalque de 700 m<sup>3</sup>/h, conforme a curva do equipamento, o consumo de energia seria de 531 kW.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados compilados para a vazão de recalque, potência consumida e custo de energia para cada cenário analisado.

Tabela 2. Resumo dos resultados obtidos para os cenários analisados

	Vazão total	Número de equipamentos	Potência consumida	Custo mensal de energia elétrica	R\$/m <sup>3</sup>
<b>Cenário 01 - Sistema atual instalado</b>	600 m <sup>3</sup> /h	2 (associados em série)	410 kW	R\$153.243,68	R\$ 255,41
<b>Cenário 02 - Sistema projetado 01</b>	600 m <sup>3</sup> /h	1	361 kW	R\$134.929,19	R\$ 224,88
<b>Cenário 03 - Sistema projetado 02</b>	600 m <sup>3</sup> /h	1	500 kW	R\$186.882,54	R\$ 311,47
<b>Cenário 04 - Sistema atual instalado</b>	630 m <sup>3</sup> /h	4	850 kW	R\$317.700,31	R\$ 504,29
<b>Cenário 05 - Sistema projetado 01</b>	630 m <sup>3</sup> /h	2	722 kW	R\$269.858,38	R\$ 428,35
<b>Cenário 06 - Sistema projetado 02</b>	700 m <sup>3</sup> /h	1	531 kW	R\$198.469,25	R\$ 283,53

Fonte: Autor, 2022.

## CONCLUSÕES

Para a associação de bombas se faz necessário avaliar a curva do sistema para analisar o incremento de vazão ou pressão obtido frente ao consumo de energia. Na simulação da associação em paralelo do sistema existente na captação, bem como a simulação da associação em paralelo de um novo conjunto motobomba foi verificado que a adição de mais uma bomba não causaria um incremento de vazão significativo que justificasse o consumo de energia, pois a capacidade de escoamento da adutora estava limitada, como pode ser visto na curva do sistema.

Uma alternativa para obter o incremento de vazão é a aquisição de um conjunto motobomba de maior capacidade e em momentos de operação com a vazão convencional, utilizar o inversor de frequência para a redução da vazão. Porém, também é necessário avaliar o consumo de energia para os pontos de operação desejados. Nesse estudo de caso foi possível observar que a operação do inversor de frequência para vazão de 600 m<sup>3</sup>/h resultou em uma potência de 500 kW, em desvantagem com relação a operação de um novo conjunto motobomba diretamente para a vazão de 600 m<sup>3</sup>/h, que resultou em uma potência de 361 kW.

Para melhoria da eficiência do sistema recomenda-se a realização de limpeza da tubulação com o uso do dispositivo chamado PIG, que tem formato semelhante ao de um projétil, no qual percorre a região interna da adutora e remove a incrustação das paredes



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, 21 de junho de 1993.
2. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto - Visão Geral - ano de referência 2020. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Disponível em <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos>>. Acesso em: 28 out. 2022.