

ENSAIOS DE BOMBAS PELO MÉTODO TERMODINÂMICO PARA AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Védson Lopes de Souza

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Mogi das Cruzes - UMC, Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté – UNITAU sub-área Recursos Energéticos e Ambientais, Especialização em Gerenciamento da Manutenção pela Faculdade de Engenharia Industrial – FEI.

Endereço: Rua Jeca Tatu, 1928 – Jd. Colorado – Suzano – São Paulo – CEP: 08615-020 – Brasil – Tel.: +55 (11) 99641-5011 - +55 (11) 98684-6582 - e-mail: vedsonls@sabesp.com.br.

RESUMO

O trabalho foi baseado na realização de ensaios de bombas em estações elevatórias de água do sistema de abastecimento da Unidade de Negócio Leste - ML, por um método termodinâmico para avaliação da eficiência energética, como proposição de melhoria e formato operacional de melhor performance para as unidades de bombeamento do sistema.

O Diagnóstico Energético consiste em uma avaliação detalhada das oportunidades de eficiência energética na instalação de uma unidade consumidora de energia, resultando em um relatório contendo, dentre outros itens, a descrição detalhada de cada ação de eficiência energética e sua implantação, o valor do investimento, economia de energia e/ou redução de demanda na ponta relacionada, análise de viabilidade e estratégia de medição e implantação a ser adotada.

PALAVRAS-CHAVE: Método termodinâmico, eficiência energética, medições.

INTRODUÇÃO

A Sabesp atua em 371 municípios no estado de São Paulo e a Unidade de Negócio Leste – ML atua no setor de saneamento com a prestação de serviços de distribuição de água e coleta de esgotos para aproximadamente 3,7 milhões de pessoas em parte da Zona Leste da Capital e mais sete municípios da Região Metropolitana de São Paulo: Arujá, Biritiba Mirim, Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Poá, Salesópolis e Suzano, além de deter a concessão parcial dos serviços de saneamento no Distrito Industrial e de mais oito bairros do município de Mogi das Cruzes. Está localizada na bacia hidrográfica do Alto Tietê e abrange uma área de 1.461 km².

A ML tem como competência essencial eficiência operacional na prestação de serviços de saneamento em áreas de alta complexidade urbanística e socioambiental, com soluções inovadoras, buscando de forma incessante, soluções que possibilitem melhorias na eficiência operacional e redução de custos.

Dentro destas diretrizes, a aplicação do inovador método termodinâmico nos ensaios de bombas das estações elevatórias de água, busca-se as melhores condições de eficiência energética e otimização operacional, atendendo às necessidades de saneamento ambiental: planejar, executar e operar sistemas de água potável, esgotos e efluentes industriais, melhorando a qualidade de vida da população e preservando o meio ambiente.

OBJETIVOS

A Unidade de Negócio Leste - ML atua em mais de 170 instalações de bombeamento, dentre elas: 54 Elevatórias de Esgoto, 57 Booster's, 02 poços, 30 Centros de Reservação, 25 Elevatórias de Água, 02 Estações de Tratamento Água e outras, somando um consumo de energia elétrica média mensal de 3.555 MWh a um custo médio mensal de R\$ 1.730.000,00 e por ano em torno de R\$ 20.760.000,00. Dessas instalações 25 são estações de bombeamento de água e 20 conjuntos moto-bombas que foram alvo dos trabalhos.

A motivação deste trabalho foi baseada nos serviços de medição técnica dos ensaios de bombas por método termodinâmico para a avaliação da eficiência energética dos conjuntos moto-bombas das estações de bombeamento de água da Unidade de Negócio Leste – ML.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para considerar inicialmente o princípio da conservação de energia, os parâmetros de uma bomba hidráulica são sumarizados pela seguinte equação:

$$n.ME.PW=q.\rho.g.H \quad \text{equação (1)}$$

O lado esquerdo da equação (1) é a potência elétrica (energia por segundo) aplicada ao fluido, após as perdas no motor e na bomba:

n é a eficiência hidráulica (expressa em termos percentuais);

ME é a eficiência do motor e drive (expressa em termos percentuais);

PW é a potência elétrica do motor (em Watts).

O fator $n.ME$ é conhecido como a “eficiência global”.

O lado direito da equação (1) é a energia por segundo transmitida ao fluido, também medida em Watts (joule/s):

q é a vazão, em m^3/s ;

ρ é a densidade do fluido, em kg/m^3 , sendo uma função da temperatura e pressão;

g é a aceleração da gravidade, em m/s^2 ;

H é a altura dinâmica total, em metros (m).

Os termos ρ , g , H , PW e ME são comuns em ambos os métodos ‘convencional’ e termodinâmico, sendo ρ e g obtidos em tabelas de referência.

O método ‘convencional’ para testes de bombas, comumente realizado por fabricantes de bombas durante seus testes em laboratório, podem ser usados quando é possível se medir a vazão, q , para a precisão requerida, utilizando um medidor de fluxo. A equação (1), então, rearranjada, apresenta o método para a obtenção da eficiência da bomba:

$$n=q.\rho.g.H.PW.ME \quad \text{equação (2)}$$

A precisão do método convencional de medição da eficiência das bombas é largamente determinada pelos erros na medição de q , H , PW e ME . As incertezas são lineares. Na prática, a precisão de q é usualmente o fator limitante em laboratório. Medições *in loco* pelo método convencional requerem um medidor de vazão, porém em muitos casos não é algo possível devido ao *layout* da rede hidráulica.

No método termodinâmico, a eficiência da bomba, n , é determinada a partir das mudanças na entalpia (energia por unidade de massa), utilizando-se sondas de temperatura e pressão. A calibração dessas sondas pode ser facilmente aferida no local de testes. O fluxo, q , é determinado a partir da equação (1), rearranjada:

$$q=n.ME.PW\rho.g.H \quad \text{equação (3)}$$

Desta forma, a vazão pode ser medida termodinamicamente sem a necessidade de um medidor de fluxo (vazão) em separado.

O método termodinâmico pode medir a eficiência da bomba em alta precisão, uma vez que consiste essencialmente em uma medição de perdas. Por exemplo, suponhamos que uma bomba seja 80% eficiente, e ambos os métodos convencional e termodinâmico têm um erro de 5% para a quantidade medida. O erro, portanto, na medição da eficiência da bomba pela técnica convencional seria igual a 5%. Contudo, o erro pelo método termodinâmico seria igual a 1%, uma vez que as perdas de 20% (100-80) são medidas a 5% de precisão, e 5% de 20% é igual a 1%.

O método termodinâmico foi amplamente desenvolvido nos anos 1960 no Reino Unido, França e África do Sul. Este trabalho levou a padrões ISO e IEC, além de um Código de Práticas no Reino Unido. A instrumentação tem sido aperfeiçoada com os recentes avanços tecnológicos, e unidades portáteis para trabalhos investigativos e monitoramentos regulares, ou instalações fixas para monitoramentos preditivos *online*, estão ambos, agora, disponíveis.

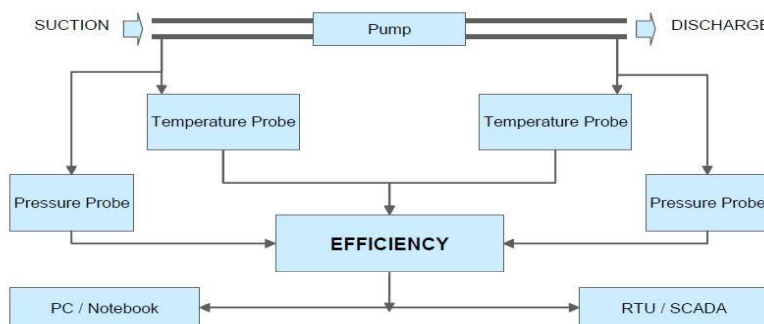


Figura 1 - Diagrama de blocos do Método Termodinâmico

O método termodinâmico para eficiência de bombas e vazões se baseia primariamente na medição de três parâmetros:

- (a) diferencial de temperatura, dt , ao longo da tubulação;
- (b) diferencial de pressão, dp , ao longo da tubulação;
- (c) potência elétrica de entrada, PW ;

A fundamentação teórica sobre o método termodinâmico está em domínio público, documentada na ISO e outros padrões. A precisão de um instrumento para este método é largamente determinada pelo *design*, precisão e estabilidade das sondas de temperatura e pressão.

A eficiência de uma bomba (ou turbina) é primariamente medida pelas sondas de temperatura e pressão. A vazão é derivada da eficiência e da potência elétrica de entrada.

Para bombas, as principais equações e dados termodinâmicos utilizados são aqueles constantes no padrão internacional BS EM ISO 5198:1999 “*Centrifugal, mixed flow, and axial pumps – Code for Hydraulic performance tests – Precision class*”. Este trabalho é fundamentado neste padrão internacional, e todas as equações e dados necessários estão incorporados na solução de medição utilizada.

O Diagnóstico Energético consiste em uma avaliação detalhada das oportunidades de eficiência energética na instalação de uma unidade consumidora de energia, resultando em um relatório contendo, dentre outros itens, a descrição detalhada de cada ação de eficiência energética e sua implantação, o valor do investimento, economia de energia e/ou redução de demanda na ponta relacionada, análise de viabilidade e estratégia de medição e verificação a ser adotada (*Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE*, ANEEL, 2018).

Em função das características dos serviços executados, apresentou-se abaixo o diagrama de blocos de referência para estruturação deste Diagnóstico Energético, com destaque para as fases de “Medições”, “Estudo de Viabilidade Técnica (EVT)” e “Estudo de Viabilidade Econômica (EVE)”.



Figura 2: Estrutura do diagrama energético.

Por ocasião da execução das soluções propostas, recomenda-se fortemente a adoção de um Plano de Medição & Verificação (PMV) para a contínua determinação das economias previstas no projeto, conforme critérios do Protocolo Internacional de Medição & Verificação de Performance – PIMVP, publicado pela *Efficiency Valuation Organization* (EVO).

Para o cálculo do CMP, foram obtidas as médias de Consumo (ponta e fora da ponta) e Demanda (ponta e fora da ponta), conforme faturas de energia elétrica fornecidas pela concessionária.

CMP é calculado conforme equação abaixo:

$$CMP = Cp.TCp + Cfp.TCfpCp + Cfp.Dfp.Tfp(Cp + Cfp).730 \quad \text{equação (4)}$$

Em que:

Cp: Consumo na ponta;

TCp: Tarifa de consumo na ponta;

Cfp: Consumo fora da ponta;

TCfp: Tarifa de consumo fora da ponta;

Dfp: Demanda fora da ponta;

TDfp: Tarifa de demanda fora da ponta.

Ressalta-se que a equação (4) acima se aplica ao cálculo do CMP para contratos na modalidade de **Tarifa Horó sazonal – A4-VERDE**.

Considerou-se as tarifas com impostos (com alíquota de ICMS igual a 18% e PIS/COFINS igual a 5,25%) para a distribuidora **ENEL SÃO PAULO** utilizadas para o cálculo do CMP.

Então, após esta fase inicial de foram definidas as estações, motivos dos estudos de melhoria da eficiência para aplicação do método termodinâmico nos referidos ensaios de bombas.

As estações de bombeamento definidas para os estudos foram:

- EEAT Artur Alvin;
- EEAT Arujá;
- EEAT Cangaíba;
- EEAT Ferraz de Vasconcelos;
- EEAT Itaim Paulista;
- Booster Suzano;

Após a definições e levantamento das informações técnicas das estações e seus respectivos equipamentos, as equipes foram a campo para a realização das inspeções, verificações e realização das medições com a coleta dos dados por conjunto moto-bomba, sendo que os certificados de performance registrados estão abaixo:

EEAT ARTUR ALVIN



acquavitaie

eficiência energética

Certificado de Performance

Bomba 1 Whorthington 8 LN 18

Cliente: SABESP ARTUR ALVIM

Identificação do teste / Equipamento:

Ordem de Serviço:

1501/2020.G1

Número de Série:

G1

Código- PN:

W8LN18

Nº Certificado:

1501/2020.G1

Bancada de teste:

Descrição:

CJ Maleta 01

Øtubulação[mm]:

200

Med. de Vazão:

10

Med de Pressão:

11

Med. de Corrente:

12

Med. de Tensão:

12

Med. de Temperatura:

13

Teste realizado pelo Método Termodinâmico

Características Hidráulicas do Equipamento:

Tipo de Propulsor:

-

Øpropulsor[mm]:

200

Nº de Aletas:

-

Características do Motor Elétrico no ponto de operação

P1[kW]:

75,00

P2[kW]:

78,00

Corrente [A]:

124,40

Velocidade [1/min]:

1175

Condições de Operação Contratadas:

Q [m³/h]:

680,00

Q [l/s]:

188,89

H [mca]:

38,00

ηh (%):

86,50

Tensão [V]:

440

Frequência [Hz]:

60

Norma de Teste:

ISO5198/ISO9906A

Critério de Aceitação:

2B

Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	he	hv	H	Ts						Te	ηh	ηt	
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A	°C	°C	(%)	(%)	
1	678,25	188,40	38,81	3,58	1,47	36,70	121,80	104,75	86,00	177,79	0,90	27,5457	26,5397	64,7425	55,6786
2	0,00	0,00	51,30	3,71	0,00	47,59	50,54	45,49	90,00	75,45	0,88	27,1263	27,9765	0,0000	0,0000
3	542,13	150,59	45,04	3,68	0,94	42,30	102,62	92,36	90,00	153,20	0,88	27,0405	28,0523	67,6474	60,8826
4	703,25	195,35	40,25	3,72	1,58	38,11	121,58	110,64	91,00	181,50	0,88	27,5439	27,9895	66,0082	60,0674
5	792,85	220,24	32,65	3,75	2,01	30,91	112,54	102,41	91,00	168,00	0,88	27,1420	28,0798	65,2064	59,3378
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 03: Certificado de performance do grupo 01.



Certificado de Performance

Bomba 2 Whorthington 8 LN 18															
Cliente: SABESP ARTUR ALVIM															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1501/2020.G2	Número de Série:	G2	Código- PN:	W8LN18	Nº Certificado:	1501/2020.G2								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	200	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	200	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	75,00	P2[kW]:	78,00	Corrente [A]:	124,40	Velocidade [1/min]:	1175								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	680,00	Q [l/s]:	188,89	H [mca]:	38,00	ηh (%):	86,50								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Critério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO				TEMPERATURA		RENDIMENTO		
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	hv	H	Ts	Te						ηh	ηt		
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]						°C	°C	(%)	(%)
1	657,25	182,57	36,89	3,58	1,38	34,69	121,41	104,41	86,00	181,25	0,88	27,8502	25,3462	59,4955	51,1661
2	0,00	0,00	49,20	3,71	0,00	45,49	46,22	41,60	90,00	69,00	0,88	27,4388	28,2871	0,0000	0,0000
3	530,20	147,28	43,55	3,68	0,90	40,77	105,56	95,00	90,00	157,58	0,88	27,3415	28,3595	61,9979	55,7981
4	705,25	195,90	39,70	3,72	1,59	37,57	128,18	116,64	91,00	189,20	0,89	27,8415	28,2986	61,8971	56,3263
5	788,25	218,96	31,20	3,75	1,99	29,44	115,85	105,42	91,00	171,00	0,89	27,4490	28,3895	59,9735	54,5759
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 04: Certificado de performance do grupo 02.



Certificado de Performance

Bomba 3 IMBIL BP 200-450															
Cliente: SABESP ARTUR ALVIM															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1501/2020.G3		Número de Série:	G3		Código- PN:	BP200450		Nº Certificado:	1501/2020.G3					
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:	200		Med. de Vazão:	10		Med de Pressão:	11					
Med. de Corrente:	12		Med. de Tensão:	12		Med. de Temperatura:	13		Teste realizado pelo Método Termodinâmico						
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-				Øpropulsor[mm]:	200		Nº de Aletas:	-						
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	75,00		P2[kW]:	78,00		Corrente [A]:	124,40		Velocidade [1/min]:	1175					
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	680,00		Q [l/s]:	188,89		H [mca]:	38,00		ηh (%):	86,50					
Tensão [V]:	440		Frequência [Hz]:	60		Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A		Critério de Aceitação:	2B					
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	hs	he	hv	H						Te	Te	ηh	ηt
			[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		°C	°C	(%)	(%)
1	662,15	183,93	40,19	3,71	1,40	37,88	117,29	100,87	86,00	171,20	0,90	27,7630	28,4125	67,7518	58,2665
2	0,00	0,00	51,18	3,68	0,00	47,51	45,27	40,74	90,00	67,58	0,88	27,7453	28,5960	0,0000	0,0000
3	540,00	150,00	44,68	3,86	0,93	41,75	102,62	92,36	90,00	153,20	0,88	27,6401	28,6678	66,5160	59,8644
4	703,25	195,35	40,15	3,88	1,58	37,85	116,02	105,58	91,00	173,20	0,88	28,1565	28,6041	68,6995	62,5165
5	792,85	220,24	36,95	3,87	2,01	35,09	112,54	102,41	91,00	168,00	0,88	27,7542	28,7021	74,0244	67,3622
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 05: Certificado de performance do grupo 03.



Certificado de Performance

Bomba 4 Whorthington 8 LN 18															
Cliente: SABESP ARTUR ALVIM															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1501/2020.G4	Número de Série:	G4	Código- PN:	W8LN18	Nº Certificado:	1501/2020.G4								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	200	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	200	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	123,85	P2[kW]:	109,16	Corrente [A]:	183,98	Velocidade [1/min]:	1175								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	680,00	Q [l/s]:	188,89	H [mca]:	38,00	ηh (%):	86,50								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Critério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	hs	he	hv	H						Ts	Te	ηh	ηt
1	657,25	182,57	36,89	3,58	1,38	34,69	121,41	104,41	86,00	181,25	0,88	27,8580	25,3524	59,4955	51,1661
2	0,00	0,00	49,20	3,71	0,00	45,49	46,22	41,60	90,00	69,00	0,88	27,4401	28,2927	0,0000	0,0000
3	530,20	147,28	43,55	3,68	0,90	40,77	105,56	95,00	90,00	157,58	0,88	27,3425	28,3633	61,9979	55,7981
4	705,25	195,90	39,70	3,72	1,59	37,57	128,18	116,64	91,00	189,20	0,89	27,8484	28,3017	61,8971	56,3263
5	788,25	218,96	31,20	3,75	1,99	29,44	115,85	105,42	91,00	171,00	0,89	27,4511	28,3952	59,9735	54,5759
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 06: Certificado de performance do grupo 04.

EEAT ARUJÁ



Certificado de Performance

Bomba 1 OMEGA 125-365B																
Cliente: SABESP ARUJA																
Identificação do teste / Equipamento:																
Ordem de Serviço:	1401/2020.G1		Número de Série:	G1		Código- PN:	OMEGA125365B		Nº Certificado:	1401/2020.G1						
Bancada de teste:																
Descrição:	CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:	125		Med. de Vazão:	10		Med de Pressão:	11						
Med. de Corrente:	12		Med. de Tensão:	12		Med. de Temperatura:	13		Teste realizado pelo Método Termodinâmico							
Características Hidráulicas do Equipamento:																
Tipo de Propulsor:	-					Øpropulsor[mm]:	351		Nº de Aletas:	-						
Características do Motor Elétrico no ponto de operação																
P1[kW]:	63,94		P2[kW]:	56,74		Corrente [A]:	94,02		Velocidade [1/min]:	1750						
Condições de Operação Contratadas:																
Q [m³/h]:	297,00		Q [l/s]:	82,50		H [mca]:	50,00		ηh (%):	78,50						
Tensão [V]:	440		Frequência [Hz]:	60		Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A		Critério de Aceitação:	2B						
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO				TEMPERATURA		RENDIMENTO			
	Q		Recalque	Entrada	Alt.	Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	hs	he	hv	H	Ts						Te	ηh	ηt	
			[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	°C	°C	(%)	(%)						
1	281,45	78,18	52,19	4,12	1,75	49,82	62,73	53,94	86,00	91,56	0,90	26,6251	27,0153	70,8301	60,9139	
2	0,00	0,00	68,14	4,10	0,00	64,04	32,54	29,29	90,00	48,58	0,88	26,2135	27,0622	0,0000	0,0000	
3	160,00	44,44	61,81	4,19	0,57	58,19	45,72	41,15	90,00	68,26	0,88	26,1311	27,1311	61,6478	55,4830	
4	254,36	70,66	56,89	4,18	1,43	54,14	56,03	50,99	91,00	83,65	0,88	26,6317	27,0684	73,5911	66,9679	
5	400,15	111,15	43,58	4,19	3,54	42,93	81,86	74,49	91,00	122,20	0,88	26,2192	27,1371	62,8427	57,1868	
6																
7																
8																
9																
10																

Figura 07: Certificado de performance do grupo 01.



Certificado de Performance

Bomba 2 OMEGA 125-365B															
Cliente: SABESP ARUJA															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1401/2020.G2	Número de Série:	G2	Código- PN:	OMEGA125365B	Nº Certificado:	1401/2020.G2								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	125	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	351	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	63,72	P2[kW]:	56,74	Corrente [A]:	94,02	Velocidade [1/min]:	1750								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/m]:	297,00	Q [l/s]:	82,50	H [mca]:	50,00	ηh (%):	78,50								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Crítério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	h _v	H	[kW]	[kW]	η _m	I	Ts	Te		η _b	η _t		
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]										[mca]	[mca]
1	284,58	79,05	53,13	4,08	1,79	50,84	61,76	53,73	87,00	90,15	0,90	26,6318	27,0218	73,3728	63,8343
2	0,00	0,00	69,25	4,20	0,00	65,05	32,15	28,94	90,00	48,00	0,88	26,2144	27,0645	0,0000	0,0000
3	158,78	44,11	63,88	4,16	0,56	60,27	45,05	40,54	90,00	67,25	0,88	26,1349	27,1320	64,3157	57,8842
4	265,60	73,78	53,68	4,18	1,56	51,06	59,11	53,79	91,00	88,25	0,88	26,6314	27,0727	68,6931	62,5108
5	370,85	103,01	42,58	4,19	3,04	41,43	75,27	68,49	91,00	112,36	0,88	26,2227	27,1464	61,1288	55,6272
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 08: Certificado de performance do grupo 02.



Certificado de Performance

Bomba 3 OMEGA 125-365B															
Cliente: SABESP ARUJA															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1401/2020.G3	Número de Série:	G3	Código- PN:	OMEGA125365B	Nº Certificado:	1401/2020.G3								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	125	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	351	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	68,72	P2[kW]:	60,75	Corrente [A]:	100,9	Velocidade [1/min]:	1750								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	297,00	Q [l/s]:	82,50	H [mca]:	50,00	ηh (%) :	78,50								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Crítério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	hs	he	h _v	H						Ts	Te	η _b	η _t
			[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		°C	°C	(%)	(%)
1	260,15	72,26	52,11	4,19	1,50	49,42	61,15	53,20	87,00	89,26	0,90	26,9328	27,3233	65,8463	57,2863
2	0,00	0,00	69,01	4,16	0,00	64,85	32,15	28,94	90,00	48,00	0,88	26,5190	27,3653	0,0000	0,0000
3	140,25	41,10	62,62	4,12	0,49	50,99	44,30	39,94	90,00	66,25	0,88	26,4354	27,4357	59,6502	53,6924
4	235,25	65,35	55,98	4,13	1,22	53,07	58,28	53,03	91,00	87,00	0,88	26,9341	27,3767	64,1517	58,3781
5	412,26	114,52	42,15	4,12	3,76	41,79	92,44	84,12	91,00	138,00	0,88	26,5265	27,4571	55,8060	50,7835
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 09: Certificado de performance do grupo 03.



Certificado de Performance

Bomba 4 OMEGA 125-365B															
Cliente: SABESP ARUJA															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1401/2020.G4	Número de Série:	G4	Código- PN:	OMEGA125365B	Nº Certificado:	1401/2020.G4								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	125	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:				Øpropulsor[mm]:	351	Nº de Aletas:									
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	65,16	P2[kW]:	57,44	Corrente [A]:	95,61	Velocidade (1/min):	1750								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	297,00	Q [l/s]:	82,50	H [mca]:	50,00	ηh (%):	78,50								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Crítério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	hs	he	hv	H						Ts	Te	ηh	ηt
			[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		°C	°C	(%)	(%)
1	288,00	80,00	52,91	4,01	1,84	50,74	62,51	54,39	87,00	91,25	0,90	27,2368	27,7280	73,2055	63,6888
2	0,00	0,00	67,91	4,03	0,00	63,88	53,09	47,78	90,00	79,25	0,88	26,8232	27,6708	0,0000	0,0000
3	159,36	44,27	60,19	4,03	0,56	56,72	42,59	38,33	90,00	63,58	0,88	26,7405	27,7456	64,2569	57,8312
4	228,10	63,36	55,69	4,13	1,15	52,71	53,29	48,50	91,00	79,56	0,88	27,2396	27,6812	67,5531	61,4733
5	398,30	110,64	44,15	4,12	3,51	43,54	85,74	78,02	91,00	128,00	0,88	26,8354	27,7691	60,5625	55,1119
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 10: Certificado de performance do grupo 04.

EEAT CANGAÍBA



Certificado de Performance

Bomba 1 RDL 200-340B															
Cliente: SABESP CANGAIBA															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1601/2020.G1	Número de Série:	G1	Código- PN:	200340B	Nº Certificado:	1601/2020.G1								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	200	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	312	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	70,00	P2[kW]:	72,00	Corrente [A]:	116,11	Velocidade [1/min]:	1750								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	660,00	Q [l/s]:	183,33	H [mca]:	38,00	ηh (%):	85,00								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Crítério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO				TEMPERATURA		RENDIMENTO		
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	η _m	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	hs	he	hv	H	[kW]	[kW]	(%)	A		Ts °C	Te °C	η _h (%)	η _t (%)
1	481,00	133,61	48,81	3,60	0,54	45,76	116,46	100,16	86,00	170,00	0,90	26,4677	27,2185	59,8737	51,4914
2	0,00	0,00	55,25	3,68	0,00	51,58	59,11	53,20	90,00	88,25	0,88	26,4563	27,4074	0,0000	0,0000
3	780,00	216,67	36,20	3,56	1,43	34,07	125,93	113,34	90,00	108,00	0,88	26,3422	27,4772	63,0855	57,4989
4	200,00	55,56	51,99	3,65	0,09	48,43	69,16	62,94	91,00	103,25	0,88	26,8615	27,4053	41,9375	38,1631
5	500,00	138,89	43,57	3,47	0,59	40,69	100,48	91,44	91,00	150,00	0,88	26,4501	27,5054	60,6258	55,1694
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 11: Certificado de performance do grupo 01.



Certificado de Performance

Bomba 2 RDL 200-340B															
Cliente: SABESP CANGAIBA															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1601/2020.G2		Número de Série:	G2		Código- PN:	200340B		Nº Certificado:	1601/2020.G2					
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:	200		Med. de Vazão:	10		Med de Pressão:	11					
Med. de Corrente:	12		Med. de Tensão:	12		Med. de Temperatura:	13		Teste realizado pelo Método Termodinâmico						
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:				Øpropulsor[mm]:	312		Nº de Aletas:								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	70,00		P2[kW]:	72,00		Corrente [A]:	116,11		Velocidade [1/min]:	1750					
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	660,00		Q [l/s]:	183,33		H [mca]:	38,00		ηh (%):	85,00					
Tensão [V]:	440		Frequência [Hz]:	60		Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A		Critério de Aceitação:	2B					
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	hs	he	hv	H						Ts	Te	ηh	ηt
			[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		°C	°C	(%)	(%)
1	481,00	133,61	48,81	3,60	0,54	45,76	120,07	103,26	86,00	179,25	0,88	25,1774	26,0256	58,0745	49,9441
2	0,00	0,00	53,25	3,68	0,00	49,58	58,28	52,45	90,00	87,00	0,88	25,1690	26,2145	0,0000	0,0000
3	769,00	213,61	38,14	3,56	1,39	35,97	128,61	115,75	90,00	192,00	0,88	25,0410	26,2846	65,1116	58,6005
4	198,00	55,00	52,47	3,65	0,09	48,91	67,14	61,10	91,00	100,23	0,88	25,5693	26,2150	43,1913	39,3041
5	501,00	139,17	43,21	3,47	0,59	40,33	94,52	86,01	91,00	141,10	0,88	25,1528	26,3144	64,0110	58,2500
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 12: Certificado de performance do grupo 02.



Certificado de Performance

Bomba 3 RDL 200-340B															
Cliente: SABESP CANGAIBA															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1601/2020.G3	Número de Série:	G3	Código- PN:	200340B	Nº Certificado:	1601/2020.G3								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	200	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	312	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	70,00	P2[kW]:	72,00	Corrente [A]:	116,11	Velocidade [1/min]:	1750								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	660,00	Q [l/s]:	183,33	H [mca]:	38,00	ηh (%):	85,00								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Critério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	hv	H	[kW]	[kW]	ηm (%)	I A	Ts °C	Te °C		ηm (%)	ηt (%)		
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]							[mca]			[mca]	
1	481,00	133,61	47,85	3,60	0,54	44,79	116,46	100,16	86,00	170,00	0,90	25,1835	26,0327	58,6142	50,4082
2	0,00	0,00	53,20	3,68	0,00	49,53	59,11	53,20	90,00	88,25	0,88	25,1744	26,2200	0,0000	0,0000
3	822,20	228,39	32,00	3,56	1,59	30,03	125,93	113,34	90,00	188,00	0,88	25,0404	26,2853	59,3543	53,4189
4	212,30	58,97	54,00	3,65	0,11	50,46	69,16	62,94	91,00	103,25	0,88	25,5724	26,2282	46,3750	42,2013
5	513,36	142,60	43,00	3,47	0,62	40,15	100,48	91,44	91,00	150,00	0,88	25,1559	26,3138	61,4224	55,8944
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 13: Certificado de performance do grupo 03.



Certificado de Performance

Bomba 4 OMEGA 200-320B															
Cliente: SABESP CANGAIBA															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1601/2020.G4	Número de Série:	G4	Código- PN:	OMEGA200320B	Nº Certificado:	1601/2020.G4								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	200	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	312	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	70,00	P2[kW]:	72,00	Corrente [A]:	116,11	Velocidade [1/min]:	1750								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	660,00	Q [l/s]:	183,33	H [mca]:	38,00	ηh (%):	85,00								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Critério de Aceitação:	2B								
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO				TEMPERATURA		RENDIMENTO		
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	h _v	H	[kW]	[kW]	η _m	I	Ts	Te		η _b	η _t		
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]							[mca]			[mca]	A
1	481,00	133,61	47,85	3,60	0,54	44,79	116,46	100,16	86,00	170,00	0,90	25,1823	26,0389	58,6142	50,4082
2	0,00	0,00	53,20	3,68	0,00	49,53	59,11	53,20	90,00	88,25	0,88	25,1771	26,2234	0,0000	0,0000
3	822,20	228,39	32,00	3,56	1,59	30,03	125,93	113,34	90,00	188,00	0,88	25,0447	26,2981	59,3543	53,4189
4	212,30	58,97	54,00	3,65	0,11	50,46	69,16	62,94	91,00	103,25	0,88	25,5789	26,2358	46,3750	42,2013
5	513,36	142,60	43,00	3,47	0,62	40,15	100,48	91,44	91,00	150,00	0,88	25,1602	26,3113	61,4224	55,8944
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 14: Certificado de performance do grupo 04.



EEAT FERRAZ DE VASCONCELOS

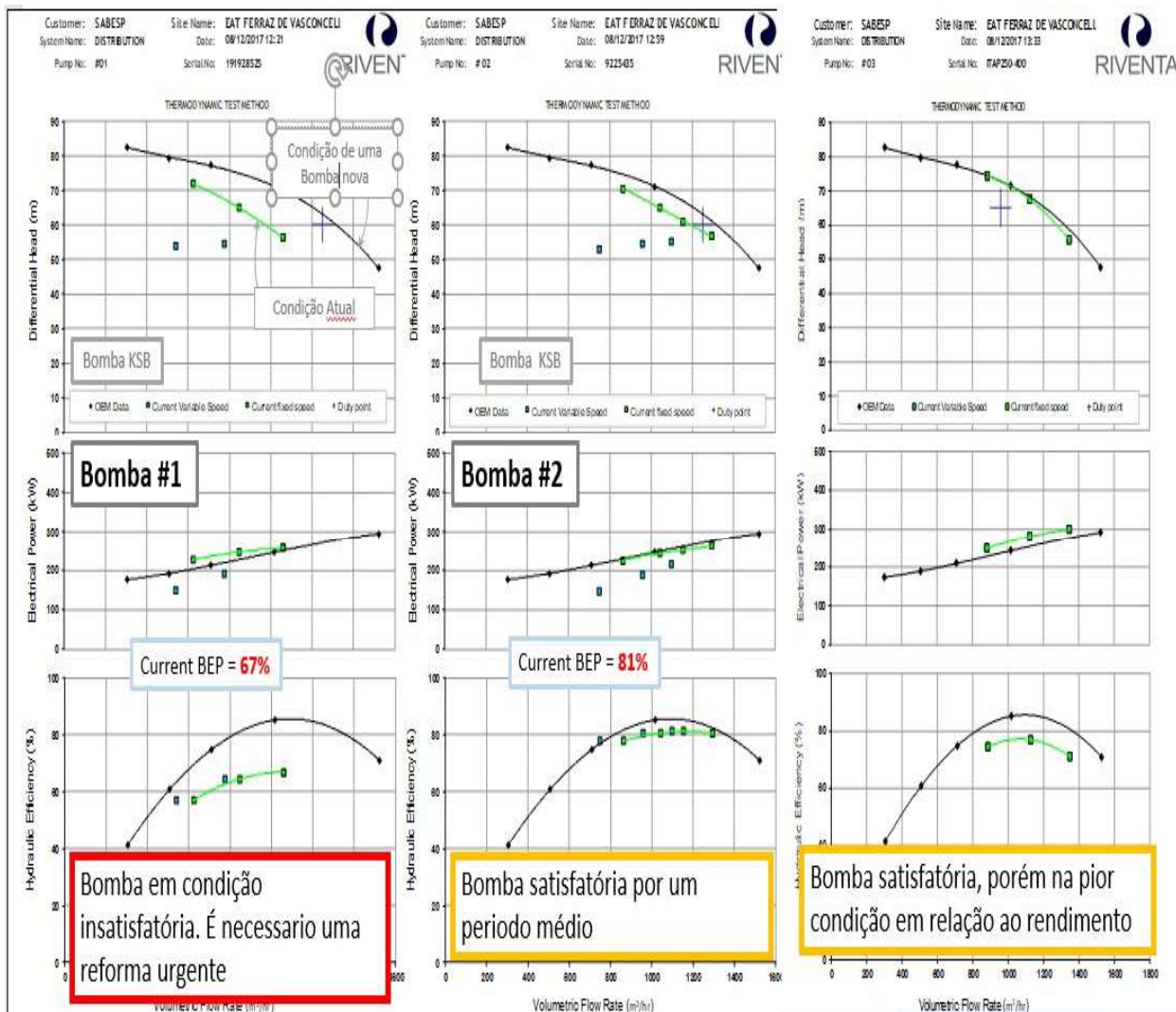


Figura 15: Registro das curvas das bombas e medições grupos 01, 02 e 03.



EEAT ITAIM PAULISTA



Certificado de Performance

Bomba 1 OMEGA 250-370A															
Cliente: SABESP ITAIM															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:		1701/2020.669880		Número de Série:		669880		Código- PN:		OMEGA250370A					
Nº Certificado:		1701/2020.669880													
Bancada de teste:															
Descrição:		CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:		250		Med. de Vazão:		10					
Med. de Pressão:		11		Med. de Corrente:		12		Med. de Tensão:		13					
Teste realizado pelo Método Termodinâmico															
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:		-		Øpropulsor[mm]:		380		Nº de Aletas:		-					
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:		268,65		P2[kW]:		240,50		Corrente [A]:		399,74					
Velocidade [1/min]:		1790													
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:		1300,00		Q [l/s]:		361,11		H [mca]:		55,00					
Tensão [V]:		440		Frequência [Hz]:		60		Norma de Teste:		ISO5198/ISO9906A					
Critério de Aceitação:		2B													
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	η _m	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	h _s	h _e	h _v	H								T _s	T _e	η _b	η _t
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		°C	°C	(%)	(%)
1	864,00	240,00	68,81	4,43	0,63	65,02	248,68	213,87	86,00	363,00	0,90	26,0321	26,4375	71,5709	61,5510
2	672,30	186,75	72,44	4,61	0,38	68,21	228,42	205,58	90,00	341,00	0,88	26,0322	26,4378	60,7781	54,7003
3	1142,58	317,38	62,25	4,24	1,10	59,12	262,08	235,87	90,00	391,25	0,88	26,0321	26,5011	78,0269	70,2242
4	0,00	0,00	76,30	4,21	0,00	72,09	194,59	171,24	88,00	308,00	0,83	26,0141	26,5125	0,0000	0,0000
5	1472,20	408,94	50,70	4,20	1,83	48,33	267,84	243,73	91,00	399,84	0,88	26,0142	26,5128	79,5415	72,3827
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 16: Certificado de performance do grupo 01.



Certificado de Performance

Bomba 2 OMEGA 250-370A															
Cliente: SABESP ITAIM															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:		1701/2020.669881		Número de Série:		669881		Código- PN:		OMEGA250370A					
Nº Certificado:		1701/2020.669881													
Bancada de teste:															
Descrição:		CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:		250		Med. de Vazão:		10					
Med. de Corrente:		12		Med. de Tensão:		12		Med. de Temperatura:		13					
Teste realizado pelo Método Termodinâmico															
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:		-		Øpropulsor[mm]:		380		Nº de Aletas:		-					
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:		275,93		P2[kW]:		239,73		Corrente [A]:		404,31					
Velocidade [1/min]:		1790													
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:		1300,00		Q [l/s]:		361,11		H [mca]:		55,00					
Tensão [V]:		440		Frequência [Hz]:		60		Norma de Teste:		ISO5198/ISO9906A					
Critério de Aceitação:		2B													
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q	Recalque	Entrada	Alt.	Vel.	AMT	P1	P2	η _m	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		T _s	T _e	η _b	η _t
			[mca]	[mca]	[mca]	[mca]						°C	°C	(%)	(%)
1	1104,00	306,67	62,13	4,29	2,67	60,70	263,76	226,83	86,00	385,00	0,90	25,9375	26,9300	80,5053	69,2345
2	825,60	229,33	68,81	4,43	1,60	65,99	229,09	206,18	90,00	342,00	0,88	26,0321	26,0321	72,0009	64,8008
3	932,00	258,89	64,50	4,26	2,04	62,29	227,42	204,67	90,00	339,50	0,88	25,9375	26,3750	77,2821	69,5539
4	0,00	0,00	76,90	4,21	0,00	72,69	195,86	172,35	88,00	310,00	0,83	25,9882	26,4580	0,0000	0,0000
5	1472,20	408,94	50,70	4,21	5,10	51,59	278,66	253,58	91,00	416,00	0,88	25,3366	26,5128	81,6152	74,2698
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 17: Certificado de performance do grupo 02.



Certificado de Performance

Bomba 3 MARK 10 AE 14																
Cliente: SABESP ITAIM																
Identificação do teste / Equipamento:																
Ordem de Serviço:		1701/2020.G3		Número de Série:		G3		Código- PN:		10AE14						
Nº Certificado:		1701/2020.G3														
Bancada de teste:																
Descrição:		CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:		250		Med. de Vazão:		10						
Med. de Corrente:		12		Med. de Tensão:		12		Med. de Temperatura:		13						
Teste realizado pelo Método Termodinâmico																
Características Hidráulicas do Equipamento:																
Tipo de Propulsor:				Øpropulsor[mm]:		380		Nº de Aletas:								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação																
P1[kW]:		194,37		P2[kW]:		175,99		Corrente [A]:		290,16						
Velocidade [1/min]:		1785														
Condições de Operação Contratadas:																
Q [m³/h]:		950,00		Q [l/s]:		263,89		H [mca]:		55,00						
Tensão [V]:		440		Frequência [Hz]:		60		Norma de Teste:		ISO5198/ISO9906A						
Critério de Aceitação:		2B														
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO		
	Q		Recalque	Entrada	Alt.	Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	hv	H									Ts	Te	ηb	ηt
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A			°C	°C	(%)	(%)
1	821,00	228,06	59,69	4,43	1,59	56,85	182,87	162,75	89,00	273,00	0,88		25,9437	26,9329	78,1374	69,5423
2	761,00	211,39	58,69	4,31	1,36	55,74	166,12	149,51	90,00	248,00	0,88		26,0336	26,0397	77,3017	69,5715
3	98,58	27,38	69,24	4,76	0,02	64,50	105,17	94,65	90,00	157,00	0,88		25,9401	26,3888	18,3046	16,4742
4	0,00	0,00	74,24	4,65	0,00	69,59	70,64	64,28	91,00	105,45	0,88		25,9992	26,4685	0,0000	0,0000
5	993,00	275,83	54,10	4,40	2,32	52,02	201,81	183,64	91,00	301,27	0,88		25,3438	26,5132	76,6428	69,7449
6																
7																
8																
9																
10																



Certificado de Performance

Bomba 4 MARK 10 AE 14															
Cliente: SABESP ITAIM															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:		1701/2020.G4		Número de Série:		G4		Código- PN:		10AE14		Nº Certificado:		1701/2020.G4	
Bancada de teste:															
Descrição:		CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:		250		Med. de Vazão:		10		Med de Pressão:		11	
Med. de Corrente:		12		Med. de Tensão:		12		Med. de Temperatura:		13		Teste realizado pelo Método Termodinâmico			
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:				-				Øpropulsor[mm]:		352		Nº de Aletas:		-	
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:		189,28		P2[kW]:		169,92		Corrente [A]:		282,57		Velocidade [1/min]:		1785	
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:				950,00				Q [l/s]:		263,89		H [mca]:		55,00	
Tensão [V]:				440				Frequência [Hz]:		60		Norma de Teste:		ISO5198/ISO9906A	
												ηh (%):		82,80	
												Critério de Aceitação:		2B	
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	hv	H								Ts	Te	ηB	ηt
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		°C	°C	(%)	(%)
1	742,04	206,12	63,75	4,41	1,30	60,63	184,21	163,95	89,00	275,00	0,88	25,9439	26,9342	74,7764	66,5510
2	823,69	228,80	60,75	4,05	1,60	58,30	184,88	166,39	90,00	276,00	0,88	26,0370	26,0510	78,6328	70,7695
3	602,74	167,43	67,50	4,28	0,85	64,08	175,03	157,53	90,00	261,30	0,88	25,9595	26,4004	66,8068	60,1261
4	0,00	0,00	73,90	4,26	0,00	69,64	71,39	64,97	91,00	106,58	0,88	26,0065	26,4900	0,0000	0,0000
5	1187,00	329,72	44,90	4,31	3,31	43,91	196,27	178,60	91,00	293,00	0,88	25,3438	26,5137	79,5155	72,3591
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 19: Certificado de performance do grupo 04.



Certificado de Performance

Bomba 5 MARK 10 AE 14															
Cliente: SABESP ITAIM															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:		1701/2020.G5		Número de Série:		G5		Código- PN:		10AE14		Nº Certificado:		1701/2020.G5	
Bancada de teste:															
Descrição:		CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:		250		Med. de Vazão:		10		Med de Pressão:		11	
Med. de Corrente:		12		Med. de Tensão:		12		Med. de Temperatura:		13		Teste realizado pelo Método Termodinâmico			
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:				-				Øpropulsor[mm]:		380		Nº de Aletas:		-	
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:		204,73		P2[kW]:		185,16		Corrente [A]:		305,63		Velocidade [1/min]:		1785	
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:		950,00		Q [l/s]:		263,89		H [mca]:		55,00		ηh (%):		82,80	
Tensão [V]:		440		Frequência [Hz]:		60		Norma de Teste:		ISO5198/ISO9906A		Critério de Aceitação:		2B	
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	η _m	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	hv	H	Ts	Te						η _b	η _t		
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A	°C	°C	(%)	(%)	
	1	718,00	199,44	63,88	4,41	1,21	60,68	189,57	168,72	89,00	283,00	0,88	25,9406	26,9321	70,3577
2	825,60	229,33	60,73	4,05	1,60	58,28	201,63	181,46	90,00	301,00	0,88	26,0300	26,0493	72,2534	65,0280
3	597,41	165,95	68,75	4,28	0,84	65,31	175,70	158,13	90,00	262,30	0,88	25,9458	26,3958	67,2348	60,5113
4	0,00	0,00	74,96	4,26	0,00	70,70	71,54	65,10	91,00	106,80	0,88	26,0040	26,4771	0,0000	0,0000
5	1003,20	278,67	56,00	4,31	2,37	54,06	203,64	185,31	91,00	304,00	0,88	25,3418	26,5135	79,7482	72,5708
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 20: Certificado de performance do grupo 05.

BOOSTER SUZANO



Certificado de Performance

Bomba 1 ETA 200-400															
Cliente: SABESP BOOSTER SUZANO															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:		1301/2020.235504		Número de Série:		235504		Código- PN:		ETA200400		Nº Certificado:		1301/2020.235504	
Bancada de teste:															
Descrição:		CJ Maleta 01		Øtubulação[mm]:		200		Med. de Vazão:		10		Med de Pressão:		11	
Med. de Corrente:		12		Med. de Tensão:		12		Med. de Temperatura:		13		Teste realizado pelo Método Termodinâmico			
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:		-		Øpropulsor[mm]:		385		Nº de Aletas:		-					
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:		162,33		P2[kW]:		141,67		Corrente [A]:		241,78		Velocidade [1/min]:		1780	
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:		700,00		Q [l/s]:		194,44		H [mca]:		60,00		ηh (%):		84,50	
Tensão [V]:		440		Frequência [Hz]:		60		Norma de Teste:		ISO5198/ISO9906A		Critério de Aceitação:		2B	
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO					TEMPERATURA		RENDIMENTO	
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
			hs	he	h _v	H						Ts	Te	η _b	η _t
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A		°C	°C	(%)	(%)
1	527,00	146,39	63,93	4,91	0,65	59,67	148,37	121,67	82,00	221,50	0,88	26,5285	26,6825	70,4212	57,7454
2	0,00	0,00	78,54	4,87	0,00	73,67	56,84	51,15	90,00	84,85	0,88	26,4558	26,7896	0,0000	0,0000
3	215,00	59,72	75,20	4,88	0,11	70,43	81,46	73,31	90,00	123,00	0,87	26,5478	26,6836	56,2794	50,6514
4	703,54	195,43	52,82	4,93	1,15	49,04	155,20	141,23	91,00	231,69	0,88	26,5860	26,6842	66,5666	60,5756
5	901,45	250,40	40,15	4,92	1,89	37,12	168,52	153,36	91,00	251,58	0,88	26,5237	26,7849	59,4552	54,1043
6															
7															
8															
9															
10															



Certificado de Performance

Bomba 2 ETA 200-400															
Cliente: SABESP BOOSTER SUZANO															
Identificação do teste / Equipamento:															
Ordem de Serviço:	1301/2020.235505	Número de Série:	235505	Código- PN:	ETA200400	Nº Certificado:	1301/2020.235505								
Bancada de teste:															
Descrição:	CJ Maleta 01	Øtubulação[mm]:	200	Med. de Vazão:	10	Med de Pressão:	11								
Med. de Corrente:	12	Med. de Tensão:	12	Med. de Temperatura:	13	Teste realizado pelo Método Termodinâmico									
Características Hidráulicas do Equipamento:															
Tipo de Propulsor:	-			Øpropulsor[mm]:	385	Nº de Aletas:	-								
Características do Motor Elétrico no ponto de operação															
P1[kW]:	185,43	P2[kW]:	169,01	Corrente [A]:	276,59	Velocidade [1/min]:	1780								
Condições de Operação Contratadas:															
Q [m³/h]:	700,00	Q [l/s]:	194,44	H [mca]:	60,00	ηh (%):	84,50								
Tensão [V]:	440	Frequência [Hz]:	60	Norma de Teste:	ISO5198/ISO9906A	Critério de Aceitação 2B									
Item	VAZÃO		ALTURA MANOMÉTRICA				DADOS DO MOTOR ELÉTRICO				TEMPERATURA		RENDIMENTO		
	Q		Recalque	Entrada	Alt. Vel.	AMT	P1	P2	ηm	I	f.p	Entrada	Saída	Bomba	Total
	hs	he	hv	H	Ts	Te						ηh	ηt		
	[m³/h]	[l/s]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	(%)	A	°C	°C	(%)	(%)	
1	0,00	0,00	80,74	4,87	0,00	75,87	56,94	46,69	82,00	85,00	0,88	26,5394	26,6828	0,0000	0,0000
2	380,00	105,56	73,41	4,78	0,34	68,97	119,22	106,10	89,00	180,02	0,87	26,4677	26,7911	67,3013	59,8981
3	513,00	142,50	67,86	4,78	0,61	63,69	142,12	127,91	90,00	214,60	0,87	26,5597	26,6836	69,6007	62,6406
4	680,70	189,08	63,63	4,76	1,08	59,95	183,21	166,72	91,00	273,50	0,88	26,5907	26,6516	66,6936	60,6911
5	887,02	246,39	56,00	4,75	1,83	53,08	223,34	207,70	93,00	326,00	0,90	26,5209	26,7890	61,7675	57,4438
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 22: Certificado de performance do grupo 02.

ANÁLISE

O cálculo do benefício energético associado às ações propostas foi realizado levando-se em conta os seguintes critérios:

- Atendimento aos requisitos mecânicos do sistema;
- Operação no ponto ótimo (máximo rendimento), levando-se em conta o fator de carregamento (fc) dos sistemas atual e proposto;
- Estado atual dos conjuntos (necessidade de reforma) e substituições recomendadas;

Com base nas premissas dos itens (a), (b) e (c), foram calculados os consumos de energia elétrica para o sistema atual e proposto, bem como suas diferenças (em kW), cujo valor é a economia gerada.

EEAT ARTUR ALVIN

Tabela 01: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.

Tabela 01: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.											
Unidade	Sistema	Sistema Existente									
		Vazão [m³/h]	Altura [mca]	Pnominal [cv]	U [V]	I [A]	cos fi	P1[kW]	nm	P2[kW]	
Alvim	Bomba 01	680	37,90	150	440	179,35	0,89	121,57	0,88	107,40	
Alvim	Bomba 02	680	36,17	150	440	185,84	0,88	125,16	0,88	110,55	
Alvim	Bomba 03	680	37,92	150	440	172,37	0,89	116,84	0,88	103,26	
Alvim	Bomba 04	680	37,48	150	440	183,98	0,88	123,85	0,88	109,16	
Sistema Proposto											
Modelo de Motor Proposto				Pnominal [cv]	fc	n @ fc	P[cv] @ fc	P[kW] @ fc	Dif. [kW]		
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	25,14		
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	28,73		
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	20,40		
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	27,41		
Unidade		kW	MWh/mês		MWh/ano						
Alvim		101,68	74,22		890,68						

$$\text{Economia Base} = EE \times CMP = 19,32 \text{ [MWh/mês]} \times 510,78 \text{ [R$/MWh]} = 9.866,10 \text{ [R$/mês]}$$

EEAT ARUJÁ

Tabela 02: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.

Tabela 02: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.										
Unidade	Sistema	Sistema Existente								
		Vazão [m³/h]	Altura [mca]	Pnominál [cv]	U [V]	I [A]	cos fi	P1[kW]	nm	P2[kW]
Arujá	Bomba 01	297	49,93	100	440	94,13	0,89	63,94	0,88	56,33
Arujá	Bomba 02	297	48,91	100	440	94,02	0,89	63,72	0,89	56,74
Arujá	Bomba 03	297	47,29	100	440	100,90	0,89	68,72	0,88	60,75
Arujá	Bomba 04	297	49,86	100	440	95,61	0,90	65,16	0,88	57,44
Sistema Proposto										
Modelo de Motor Proposto				Pnominál [cv]	fc	n @ fc	P[cv] @ fc	P[kW] @ fc	Dif. [kW]	
IR3 Pemium, 75 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				75,00	100%	95,80%	75	57,6	6,32	
IR3 Pemium, 75 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				75,00	100%	95,80%	75	57,6	6,10	
IR3 Pemium, 75 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				75,00	100%	95,80%	75	57,6	11,10	
IR3 Pemium, 75 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				75,00	100%	95,80%	75	57,6	7,54	
Unidade		kW		MWh/mês		MWh/ano				
Arujá		31,06		22,68		272,12				

Economia Base=EE ×CMP=22,68 [MWh/mês]×598,73 [R\$/MWh]= **13.577,04 [R\$/mês]**

EEAT CANGAÍBA

Tabela 03: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.

Tabela 05: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.										
Unidade	Sistema	Sistema Existente								
		Vazão [m³/h]	Altura [mca]	Pnominal [cv]	U [V]	I [A]	cos fi	P1[kW]	nm	P2[kW]
Cangaíba	Bomba 01	660	38,43	150	440	184,15	0,89	124,51	0,88	110,10
Cangaíba	Bomba 02	660	38,50	150	440	186,07	0,88	124,64	0,89	110,35
Cangaíba	Bomba 03	660	35,79	150	440	183,77	0,89	124,39	0,88	109,80
Cangaíba	Bomba 04	660	39,16	150	440	164,36	0,89	111,21	0,88	98,22
Sistema Proposto										
Modelo de Motor Proposto				Pnominal [cv]	fc	n @ fc	P[cv] @ fc	P[kW] @ fc	Dif. [kW]	
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	28,07	
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	28,21	
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	27,95	
IR3 Pemium, 125 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				125,00	100%	95,40%	125	96,4	14,78	
Unidade		kW	MWh/mês		MWh/ano					
Cangaíba		99,00	72,27		867,27					

Economia Base=EE ×CMP=72,27 [MWh/mês]×436,95 [R\$/MWh]= **31.579,74 [R\$/mês]**

EEAT ITAIM PAULISTA

Tabela 04: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.

Tabela 01 - Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.											
Unidade	Sistema	Sistema Existente									
		Vazão [m³/h]	Altura [mca]	Pnominal [cv]	U [V]	I [A]	cos fi	P1[kW]	nm	P2[kW]	
Itaim	Bomba 01	1300	54,42	350	440	399,74	0,88	268,65	0,90	240,50	
Itaim	Bomba 02	1300	55,84	350	440	404,31	0,90	275,93	0,87	239,73	
Itaim	Bomba 03	950	53,48	300	440	290,16	0,88	194,37	0,91	175,99	
Itaim	Bomba 04	950	53,98	300	440	282,57	0,88	189,28	0,90	169,92	
Itaim	Bomba 05	950	54,97	300	440	305,63	0,88	204,73	0,90	185,16	
Sistema Proposto											
Modelo de Motor Proposto				Pnominal [cv]	fc	n @ fc	P[cv] @ fc	P[kW] @ fc	Dif. [kW]		
IR3 Pemium, 300 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				300,00	100%	96,20%	300	229,5	39,13		
IR3 Pemium, 300 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				300,00	100%	96,20%	300	229,5	46,41		
IR3 Pemium, 300 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				300,00	75%	96,00%	225	172,5	21,87		
IR3 Pemium, 300 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				300,00	75%	96,00%	225	172,5	16,78		
IR3 Pemium, 300 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				300,00	75%	96,00%	225	172,5	32,23		
Unidade		kW		MWh/mês		MWh/ano					
Itaim		156,42		114,19		1.370,24					

O CMP adotado foi baseado nas informações fornecidas pela Sabesp, no qual é mencionado um consumo de energia elétrica média mensal de 3.555 MWh.

CMP $\cong$ 486,64 R\$/MWh.

EEAT FERRAZ DE VANCONCELOS

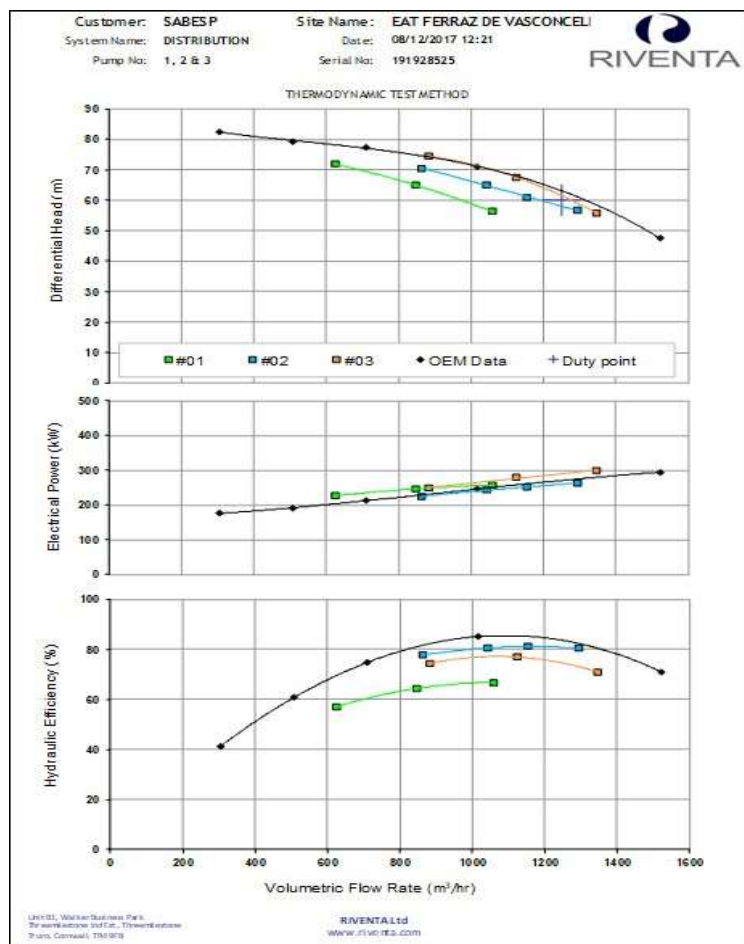


Figura 23: Curva das bombas da estação.

As bombas 1, 2 e 3 devem ser operadas na seguinte ordem de prioridade:

- Bomba 2 (Melhor)
- Bomba 3
- Bomba 1 (Pior)
- A remodelação da bomba 1 é urgentemente recomendada. A bomba 2 deve ser remodelada em seguida, uma vez que é possível tem um ganho econômico
- Se estiver executando 2 bombas em paralelo, elas devem funcionar com a mesma velocidade
- As bombas de velocidade variável devem ter uma restrição de velocidade mínima para evitar o risco de recirculação (nova: recomenda velocidades apenas > 1300rpm)
- Bomba 1 não pode operar abaixo de 1450 rpm na situação atual.

BOOSTER SUZANO

Tabela 05: Consumos de energia do sistema atual, proposto e economia gerada.

Unidade	Sistema	Sistema Existente									
		Vazão [m³/h]	Altura [mca]	Pnominal [cv]	U [V]	I [A]	cos fi	P1[kW]	nm	P2[kW]	
Suzano	Bomba 01	700	49,76	150	440	241,78	0,88	162,33	0,87	141,67	
Suzano	Bomba 02	700	58,80	150	440	276,59	0,88	185,43	0,91	169,01	
Sistema Proposto											
Modelo de Motor Proposto				Pnominal [cv]	fc	n @ fc	P[cv] @ fc	P[kW] @ fc	Dif. [kW]		
IR3 Pemium, 150 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				200,00	100%	96,20%	200	153,0	9,32		
IR3 Pemium, 150 Cv 4 Pólos 4 Tensões 60Hz B3T				200,00	100%	96,20%	200	153,0	32,41		
Unidade		kW		MWh/mês		MWh/ano					
Suzano		41,73		30,46		365,53					

Economia Base = $EE \times CMP = 30,46 \text{ [MWh/mês]} \times 446,63 \text{ [R$/MWh]} = 13.604,72 \text{ [R$/mês]}$

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando a taxa de desconto (ou taxa mínima de atratividade – TMA) para análise do *payback* descontado e Valor Presente Líquido (VPL) das ações sugeridas será igual a 8,06% ao ano (0,65% ao mês – a.m.). O horizonte adotado para análise do VPL e Taxa Interna de Retorno (TIR) será igual a 10 anos (120 meses), aderente à vida útil esperada dos sistemas propostos e ainda, os investimentos necessários e considerados para a Análise do Retorno Sobre o Investimento, chegou-se aos *payback* apontados.

Tabela 06: Investimentos EEAT Artur Alvin

Item	Qnt	Valor Unit.	Valor Total
Grupo Motobomba Mark 8AE15 - 125cv - IR3	4	R\$ 125.000,00	R\$ 500.000,00
Inversor WEG de 150 cv	1	R\$ 41.000,00	R\$ 41.000,00
Mão-de-obra de instalação	1	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
TOTAL			R\$ 561.000,00

Tabela 07: Investimentos EEAT Arujá

Item	Qnt	Valor Unit.	Valor Total
Motobomba Mark 6AE16 com motor Marathon de 75cv – 4P – IR3	4	R\$ 82.500,00	R\$ 330.000,00
Mão-de-obra de instalação	1	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
TOTAL			R\$ 360.000,00

Tabela 08: Investimentos EEAT Cangaíba

Item	Qnt	Valor Unit.	Valor Total
Reforma: Troca de rotor, anel de desgaste, buchas, rolamentos	4	R\$ 55.000,00	R\$ 220.000,00
Motor Marathon IR3 – 125 – 4P cv	4	R\$ 55.000,00	R\$ 220.000,00
Mão-de-obra de instalação	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
TOTAL			R\$ 455.000,00



Tabela 09: Investimentos EEAT Itaim Paulista

Item	Qnt	Valor Unit.	Valor Total
Grupo Motobomba 10AE14 com Motor Marathon IR3 de 300cv – 4P	2	R\$ 250.000,00	R\$ 500.000,00
Reforma das O3x 10AE14 existentes (para trabalhar em novo ponto de operação)	3	R\$ 70.000,00	R\$ 210.000,00
Inversores WEG de 300cv	3	R\$ 45.000,00	R\$ 135.000,00
Mão-de-obra de instalação	1	R\$ 85.000,00	R\$ 85.000,00
TOTAL			R\$ 930.000,00

Tabela 10: Investimentos Booster Suzano

Item	Qnt	Valor Unit.	Valor Total
Bomba NK G250-200-400 com Motor Marathon IR3 - 200cv – 4P	3	R\$ 90.000,00	R\$ 270.000,00
Mão-de-obra de instalação	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
TOTAL			R\$ 295.000,00

- EEAT Artur Alvin – 15 meses;
- EEAT Arujá – 27 meses;
- EEAT Cangaíba – 16 meses;
- EEAT Itaim Paulista – 18 meses;
- Booster Suzano – 24 meses;

Adicionalmente à análise econômica realizada, foi elaborado também abaixo alguns cenários operativos (simulações) considerando:

a) **Opção 1:** Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica;

b) **Opção 2:** Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica e troca de motores.

Ressaltamos que, em ambas as opções, analisamos as alternativas de operação solo ou em paralelo para os conjuntos analisados, sendo:

EEAT ARTUR ALVIN

Tabela 11: Opções 01 e 02

Opção 1: Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica								
Parâmetros	Condição Atual				Condição Sugerida			
	Bomba 1	2B85 em //	3B85 em //	4B85 em //	Bomba 1	2B85 em //	3B85 em //	4B85 em //
Vazão Total [m³/h]	678,75	823,09	815,55	812,84	700,55	844,50	870,95	877,28
Vazão por bomba [m³/h]	678,75	411,55	271,85	203,21	700,55	422,25	290,32	219,32
Altura Manométrica [mca]	37,96	44,11	44,89	45,15	38,74	44,51	45,89	45,97
Rendimento da Bomba [%]	65,49	67,10	58,86	50,29	87,60	80,15	72,50	68,42
Potência no eixo [kW]	107,18	147,45	169,50	198,84	84,41	127,78	149,54	160,62
Rendimento do motor [%]	91,00	93,59	92,01	90,37	93,18	93,26	92,25	90,74
Potência Elétrica [kW]	117,78	157,54	184,21	220,03	90,59	137,02	162,11	177,01
Regime de operação	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	5.945.848,32	7.210.292,66	7.144.237,35	7.120.507,07	6.136.798,94	7.397.798,01	7.629.507,86	7.684.970,77
Consumo de energia [kWh/ano]	1.031.771,36	1.380.085,48	1.613.718,39	1.927.463,57	793.534,17	1.200.273,71	1.420.055,04	1.550.584,73
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51
Custo com energia [R\$/ano]	R\$ 527.004,89	R\$ 704.915,66	R\$ 824.249,94	R\$ 984.503,70	R\$ 405.318,85	R\$ 613.071,98	R\$ 725.331,19	R\$ 792.002,72
Custo com energia específica [R\$/m³]	R\$ 0,0886	R\$ 0,0978	R\$ 0,1154	R\$ 0,1383	R\$ 0,0660	R\$ 0,0829	R\$ 0,0951	R\$ 0,1031
Redução Percentual:					25,5%	15,2%	17,6%	25,5%

Opção 2: Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica e troca de motores								
Parâmetros	Condição Atual				Condição Sugerida			
	Bomba 1	2B85 em //	3B85 em //	4B85 em //	Bomba 1	2B85 em //	3B85 em //	4B85 em //
Vazão Total [m³/h]	678,75	823,09	815,55	812,84	700,55	844,50	870,95	877,28
Vazão por bomba [m³/h]	678,75	411,55	271,85	203,21	700,55	422,25	290,32	219,32
Altura Manométrica [mca]	37,96	44,11	44,89	45,15	38,74	44,51	45,89	45,97
Rendimento da Bomba [%]	65,49	67,10	58,86	50,29	87,60	80,15	72,50	68,42
Potência no eixo [kW]	107,18	147,45	169,50	198,84	84,41	127,78	149,54	160,62
Rendimento do motor [%]	91,00	93,59	92,01	90,37	95,80	95,80	95,80	95,80
Potência Elétrica [kW]	117,78	157,54	184,21	220,03	88,11	133,38	156,10	167,66
Regime de operação	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	5.945.848,32	7.210.292,66	7.144.237,35	7.120.507,07	6.136.798,94	7.397.798,01	7.629.507,86	7.684.970,77
Consumo de energia [kWh/ano]	1.031.771,36	1.380.085,48	1.613.718,39	1.927.463,57	771.832,09	1.168.438,04	1.367.432,96	1.468.685,36
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,40	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51	R\$ 0,51
Custo com energia [R\$/ano]	R\$ 412.708,54	R\$ 704.915,66	R\$ 824.249,94	R\$ 984.503,70	R\$ 394.233,93	R\$ 596.811,06	R\$ 698.453,05	R\$ 750.170,43
Custo com energia específica [R\$/m³]	R\$ 0,0694	R\$ 0,0978	R\$ 0,1154	R\$ 0,1383	R\$ 0,0642	R\$ 0,0807	R\$ 0,0915	R\$ 0,0976
Redução Percentual:					7,4%	17,5%	20,7%	29,4%



EEAT ARUJÁ

Tabela 12: Opções 01 e 02

Opção 1: Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica								
Parâmetros	Condição Atual				Condição Sugerida			
	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //
Vazão Total [m³/h]	347,80	667,20	928,77	1.137,95	348,24	663,41	929,10	1.144,81
Vazão por bomba [m³/h]	347,80	333,60	309,59	284,49	348,24	331,70	309,70	286,20
Altura Manométrica [mca]	46,43	57,05	60,44	58,26	46,43	47,56	49,06	50,65
Rendimento da Bomba [%]	68,63	69,80	71,30	72,14	77,12	77,58	78,24	78,45
Potência na eixo [kW]	64,12	148,59	214,52	250,40	57,13	110,82	158,76	201,41
Rendimento do motor [%]	88,64	88,35	88,11	88,15	88,65	88,32	88,11	88,14
Potência Elétrica [kW]	72,33	168,18	243,47	284,07	64,44	125,48	180,18	228,52
Regime de operação	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	3.046.755,49	5.844.633,90	8.136.044,37	9.968.442,52	3.050.619,99	5.811.480,40	8.138.877,96	10.028.537,11
Consumo de energia [kWh/ano]	633.646,17	1.473.300,49	2.132.800,46	2.488.488,50	564.523,45	1.099.200,71	1.578.372,36	2.001.964,59
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60
Custo com energia [R\$/ano]	R\$ 379.380,92	R\$ 882.104,42	R\$ 1.276.964,70	R\$ 1.489.924,65	R\$ 337.995,30	R\$ 658.120,88	R\$ 945.013,76	R\$ 1.198.569,89
Custo com energia específica [R\$/m³]	R\$ 0,1245	R\$ 0,1509	R\$ 0,1570	R\$ 0,1495	R\$ 0,1108	R\$ 0,1132	R\$ 0,1161	R\$ 0,1195
Redução Percentual:					11,0%	25,0%	26,0%	20,0%

Opção 2: Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica e troca de motores								
Parâmetros	Condição Atual				Condição Sugerida			
	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //
Vazão Total [m³/h]	347,80	667,20	928,77	1.137,95	348,24	663,41	929,10	1.144,81
Vazão por bomba [m³/h]	347,80	333,60	309,59	284,49	348,24	331,70	309,70	286,20
Altura Manométrica [mca]	46,43	57,05	60,44	58,26	46,43	47,56	49,06	50,65
Rendimento da Bomba [%]	68,63	69,80	71,30	72,14	77,12	77,58	78,24	78,45
Potência na eixo [kW]	64,12	148,59	214,52	250,40	57,13	110,82	158,76	201,41
Rendimento do motor [%]	88,64	88,35	88,11	88,15	95,10	95,10	95,10	95,10
Potência Elétrica [kW]	72,33	168,18	243,47	284,07	60,07	116,53	166,94	211,79
Regime de operação	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	3.046.755,49	5.844.633,90	8.136.044,37	9.968.442,52	3.050.619,99	5.811.480,40	8.138.877,96	10.028.537,11
Consumo de energia [kWh/ano]	633.646,17	1.473.300,49	2.132.800,46	2.488.488,50	526.233,41	1.020.830,94	1.462.372,90	1.855.252,76
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,40	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,60
Custo com energia [R\$/ano]	R\$ 253.458,47	R\$ 882.104,42	R\$ 1.276.964,70	R\$ 1.489.924,65	R\$ 315.070,03	R\$ 611.198,80	R\$ 875.561,73	R\$ 1.110.789,47
Custo com energia específica [R\$/m³]	R\$ 0,0832	R\$ 0,1509	R\$ 0,1570	R\$ 0,1495	R\$ 0,1033	R\$ 0,1052	R\$ 0,1076	R\$ 0,1109
Redução Percentual:					-24,2%	30,3%	31,5%	25,9%

EEAT CANGAÍBA

Tabela 13: Opções 01 e 02

Opção 1: Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica								
Parâmetros	Condição Atual				Condição Sugerida			
	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //
Vazão Total [m³/h]	666,85	947,92	902,60	931,16	662,73	899,79	978,35	1.018,30
Vazão por bomba [m³/h]	666,85	473,96	300,87	232,79	662,73	444,90	326,12	254,58
Altura Manométrica [mca]	38,21	48,29	50,60	50,23	38,08	46,18	49,97	51,80
Rendimento da Bomba [%]	61,69	66,88	70,63	73,16	84,50	80,25	78,58	76,55
Potência na eixo [kW]	112,54	166,80	176,19	174,20	81,38	139,50	169,53	187,77
Rendimento do motor [%]	88,28	93,21	92,01	90,37	88,45	88,87	89,91	90,48
Potência Elétrica [kW]	127,48	178,96	191,48	192,76	92,02	156,98	188,56	207,53
Regime de operação	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	5.841.615,85	7.427.779,45	7.906.750,30	8.156.938,85	5.805.514,53	7.794.566,60	8.570.346,94	8.920.326,09
Consumo de energia [kWh/ano]	1.116.753,31	1.567.726,14	1.677.399,95	1.688.572,37	806.089,36	1.375.110,78	1.651.828,43	1.817.940,71
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44
Custo com energia [R\$/ano]	R\$ 497.968,55	R\$ 685.022,41	R\$ 732.944,70	R\$ 737.826,52	R\$ 352.214,31	R\$ 600.858,58	R\$ 721.771,15	R\$ 794.354,39
Custo com energia específica [R\$/m³]	R\$ 0,0835	R\$ 0,0922	R\$ 0,0927	R\$ 0,0905	R\$ 0,0607	R\$ 0,0771	R\$ 0,0842	R\$ 0,0890
Redução Percentual:					27,4%	16,4%	9,1%	1,6%

Opção 2: Reestabelecimento das bombas para a condição original de fábrica e troca de motores								
Parâmetros	Condição Atual				Condição Sugerida			
	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //	4BBS em //
Vazão Total [m³/h]	666,85	947,92	902,60	931,16	662,73	899,79	978,35	1.018,30
Vazão por bomba [m³/h]	666,85	473,96	300,87	232,79	662,73	444,90	326,12	254,58
Altura Manométrica [mca]	38,21	48,29	50,60	50,23	38,08	46,18	49,97	51,80
Rendimento da Bomba [%]	61,69	66,88	70,63	73,16	84,50	80,25	78,58	76,55
Potência na eixo [kW]	112,54	166,80	176,19	174,20	81,38	139,50	169,53	187,77
Rendimento do motor [%]	88,28	93,21	92,01	90,37	95,80	95,80	95,80	95,80
Potência Elétrica [kW]	127,48	178,96	191,48	192,76	84,95	145,62	176,97	196,01
Regime de operação	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	5.841.615,85	7.427.779,45	7.906.750,30	8.156.938,85	5.805.514,53	7.794.566,60	8.570.346,94	8.920.326,09
Consumo de energia [kWh/ano]	1.116.753,31	1.567.726,14	1.677.399,95	1.688.572,37	744.187,58	1.275.638,04	1.550.226,75	1.717.016,03
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,40	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44	R\$ 0,44
Custo com energia [R\$/ano]	R\$ 446.701,32	R\$ 685.022,41	R\$ 732.944,70	R\$ 737.826,52	R\$ 325.174,89	R\$ 557.393,68	R\$ 677.376,01	R\$ 750.255,06
Custo com energia específica [R\$/m³]	R\$ 0,0765	R\$ 0,0922	R\$ 0,0927	R\$ 0,0905	R\$ 0,0560	R\$ 0,0715	R\$ 0,0790	R\$ 0,0841
Redução Percentual:					26,8%	22,5%	14,7%	7,0%

EEAT FERRAZ DE VANCONCELOS

- Remover a bomba 1, pois possui BEP (melhor ponto de rendimento) de apenas 67% quando 85% devem ser alcançáveis. Assim, a bomba será 27% mais eficiente.
- As bombas são bem dimensionadas para a vazão média predominante, isto é aproximadamente 1600m³ / h.
- Não foi recomendado o uso de 2 bombas em paralelo a vazões menor que 1300 m³ /h. Maiores eficiências podem ser obtidas através da utilização da bomba 2 solo. Embora a proporção de tempo em que isso ocorra seja pequena, ainda pode representar uma economia de ~ 4% (R\$ 31.500,00 / ano). Não houve nenhum custo para conseguir as economias, além disso seriam imediatas.
- Os limites devem ser colocados nas unidades de velocidade variável, se não estiverem no local, para evitar "Dead-Heading" das bombas. Recomenda-se que seja utilizado um limite mínimo de velocidade de 1300 rpm.
- A reforma da bomba 1 é urgentemente recomendada. A bomba 2, sem a mesma urgência, também se beneficiaria da reforma. Retornar as duas bombas para a performance original renderia uma economia de R\$91.000,00 a.a. As despesas de remodelação podem, portanto, ser muito provavelmente devolvidas em menos de um ano.
- Em qualquer caso, recomenda-se que a solução de monitoramento seja empregada. Isso primeiro assegurará a melhor configuração de bombeamento e depois será mantida. Ele também fornecerá informações valiosas sobre a melhor forma de priorizar a aplicação de recursos de manutenção finita da maneira mais rentável. Usando custos orçamentários de R\$180.000,00 para isso, o caso comercial combinado para este e remodelação ainda renderia um retorno de menor que 2 anos.

BOOSTER SUZANO

Tabela 14: Opções 01 e 02

Parâmetros	Condição Atual			Condição Sugerida		
	Bomba 2	2BBS em //	3BBS em //	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //
Vazão Total [m³/h]	686,29	804,35	Não Disponível Bomba em manutenção	726,63	860,48	886,34
Vazão por bomba [m³/h]	686,29	402,18		726,63	430,24	295,45
Altura Manométrica [mca]	59,22	66,41		61,55	70,22	72,06
Rendimento da Bomba (%)	66,07	67,59		83,07	71,87	57,55
Potência eixo [kW]	167,63	215,34		146,71	229,09	302,41
Rendimento do motor (%)	87,09	86,38		87,67	86,24	87,20
Potência Elétrica [kW]	192,48	249,29		167,35	265,64	346,81
Regime de operação	24/7	24/7		24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	6.011.879,31	7.046.131,20		6.365.322,17	7.537.805,24	7.764.302,80
Consumo de energia [kWh/ano]	1.686.084,90	2.183.821,13		1.466.003,91	2.326.983,09	3.038.083,88
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,45	R\$ 0,45		R\$ 0,45	R\$ 0,45	R\$ 0,45
Custo com energia (R\$/ano)	R\$ 753.053,74	R\$ 975.356,98		R\$ 654.759,28	R\$ 1.039.297,21	R\$ 1.356.895,16
Custo com energia específico [R\$/m³]	R\$ 0,1253	R\$ 0,1384	R\$ 0,1029	R\$ 0,1379	R\$ 0,1748	
			Redução Percentual:	17,9%	0,4%	

Parâmetros	Condição Atual			Condição Sugerida		
	Bomba 2	2BBS em //	3BBS em //	Bomba 1	2BBS em //	3BBS em //
Vazão Total [m³/h]	686,29	804,35	Não Disponível Bomba em manutenção	726,63	860,48	886,34
Vazão por bomba [m³/h]	686,29	402,18		726,63	430,24	295,45
Altura Manométrica [mca]	59,22	66,41		61,55	70,22	72,06
Rendimento da Bomba (%)	66,07	67,59		83,07	71,87	57,55
Potência eixo [kW]	167,63	215,34		146,71	229,09	302,41
Rendimento do motor (%)	87,09	86,38		96,20	96,20	96,20
Potência Elétrica [kW]	192,48	249,29		152,51	238,13	314,35
Regime de operação	24/7	24/7		24/7	24/7	24/7
Volume total bombeado [m³/ano]	6.011.879,31	7.046.131,20		6.365.322,17	7.537.805,24	7.764.302,80
Consumo de energia [kWh/ano]	1.686.084,90	2.183.821,13		1.335.953,68	2.086.059,12	2.753.737,83
Tarifa média [R\$/kWh]	R\$ 0,45	R\$ 0,45		R\$ 0,45	R\$ 0,45	R\$ 0,45
Custo com energia (R\$/ano)	R\$ 753.053,74	R\$ 975.356,98		R\$ 596.675,12	R\$ 931.693,67	R\$ 1.229.898,08
Custo com energia específico [R\$/m³]	R\$ 0,1253	R\$ 0,1384	R\$ 0,0937	R\$ 0,1236	R\$ 0,1584	
			Redução Percentual:	25,2%	10,7%	

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

O método termodinâmico provou-se bastante eficaz, possibilitando levantamentos de dados e condições operacionais mais adequadas para os sistemas de abastecimento de água, que necessitem de uma melhor eficiência no recalque de água.

A medição e verificação de resultados consiste em um processo de utilização de medições para determinar corretamente a economia real dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia.

Com base nas análises realizadas e resultados obtidos, entendemos como estratégico o desenvolvimento das ações propostas.

O curto período de payback, aliado a uma excelente TIR, mostra com clareza a viabilidade econômica do projeto e seus impactos de longo prazo no sistema contemplado.

Ainda, ressaltamos que este material consiste em uma base sólida para o pleito de recursos em qualquer modalidade de contratação e fonte de investimento, sobretudo as Chamadas Públicas de Projeto (CPPs) das distribuidoras de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RELATÓRIO DE GESTÃO – PREMIO NACIONAL DE QUALIDADE NO SANEAMENTO – AMEGSA-NIVEL IV, Unidade de Negócio Leste – ML, 2018.
2. RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. Acqua Vitae Tecnologia em Bombeamento, Booster Suzano, rev.001, 2020.
3. RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO – DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. Acqua Vitae Tecnologia em Bombeamento, EEAT Arujá, rev.001, 2020.
4. RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO – DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. Acqua Vitae Tecnologia em Bombeamento, EEAT Artur Alvin, rev.001, 2020.
5. RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO – DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. Acqua Vitae Tecnologia em Bombeamento, EEAT Cangaíba, rev.001, 2020.
6. RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO – DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. Acqua Vitae Tecnologia em Bombeamento, EEAT Itaim Paulista, rev.001, 2020.
7. RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO – DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. Acqua Vitae Tecnologia em Bombeamento, Booster Suzano, rev.001, 2020.
8. ANÁLISE DO TESTE & RELATÓRIO. Improv Equipamentos – Riventa, rev.002, 2019.