1 – CONCEPÇÃO DE PROJETO

A nova elevatória de água bruta do Sistema Hermínio Ometto terá como concepção básica a interligação dos quatro conjuntos elevatórios em um barrilete comum para operação de um, dois ou três conjuntos em paralelo. O barrilete será interligado a uma nova adutora com descarga em uma torre de admissão a ser construída a montante do canal do vertedor parshall.

As duas adutoras atuais, DN 250 mm e DN 300 mm, não serão consideradas no dimensionamento da elevatória, mas serão interligadas ao novo sistema de modo a operarem sozinhas ou integradas ao novo sistema.

As estruturas de sucção, constituída pelo poço de sucção, tubulações e registros de ligação aos conjuntos elevatórios serão aproveitados. Com isso, evita-se esvaziar o poço de sucção para troca de tubulações, o que causaria grandes transtornos ao abastecimento. No entanto, os conjuntos elevatórios estão desalinhados entre si, sendo necessários que sejam devidamente alinhados para encaixar o barrilete. Para realização do alinhamento as tubulações de sucção serão seccionadas, depois dos registros, e posteriormente serão reconectadas com a utilização luva de ferro fundido com bolsas, tipo junta mecânica, que permitirá o posicionamento da tubulação de sução no flange do conjunto elevatório alinhado.

O trecho do recalque, relativo à saída das bombas, terá diâmetro de 300 mm. Já o trecho comum, alimentado pelos 4 conjuntos elevatórios, terá diâmetro de 400 mm. Caso utilizado diâmetro DN 500, teria sido necessário a utilização de duas peças de redução (DN 500 x DN 400 e DN 400 x DN 300), o que aumentaria a altura do barrilete em 85 cm. Por outro lado, o aumento da perda de carga com DN 400 mm foi de apenas 3% em relação à perda total, ou aproximadamente 2,50 m.

A adutora terá diâmetro de 500 mm. Com 3 conjuntos elevatórios, operando em paralelo, para condição de altura manométrica máxima, o desempenho do sistema é o seguinte:

- Vazão total: 599 l/s
- Altura Manométrica: 70,31m
- Potência requerida: 242 CV (250 CV)

A utilização de adutora com diâmetro DN 400 mm, para a mesma vazão, resultaria em uma altura manométrica superior a 70,31 m e, consequentemente, a potência requerida seria superior a 250 CV, potencia nominal dos conjuntos elevatórios existentes, implicando na substituição dos mesmos e no aumento dos gastos com energia elétrica.

A simulação realizada com adutora DN 600 mm resultou no seguinte desempenho:

- Vazão total: 659 l/s
- Altura Manométrica: 66,80 m
- Potência requerida: 250 CV (250 CV)

Verificou-se que o sistema com adutora DN 600 mm apresenta melhor desempenho em razão de produzir maior vazão (656 l/s x 599 l/s), com praticamente, a mesma potência requerida (242 CV x 250 CV). Entretanto, considerando que as adutoras existentes (DN 300 mm e DN 250 mm) poderão ser aproveitadas, o desempenho do sistema com elas, não superaria, mas aproximaria bastante do desempenho do sistema com adutora DN 600 mm, pois os diâmetros equivalentes (tubulações em paralelo) são:

- DN 500 mm + DN 300 mm = DN 550 mm
- DN 500 mm + DN 300 mm + DN 250 mm = DN 570 mm

Além disso, a produção do sistema Hermínio Ometto está limitada pela capacidade das represas em atender a demanda, sobretudo no período de estiagem, época em que a vazão do manancial é inferior a demanda.

Nessa situação a vazão captada deverá ser limitada a fim de não esgotar a capacidade das represas antes do término da estiagem. Sendo assim escolheu-se o diâmetro DN 500 mm por ter apresentado melhor adequação do ponto de vista técnico-econômico.

As Tabelas 1.1 a 1.2 apresentam o desempenho do sistema, considerando as condições de altura manométrica máxima e mínima, para rotor de 405 mm, instalado nas bombas.

Tabela 1.1 – Ponto de Operação – Rotor 405 mm – hm máximo

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	270	473	599
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	56,76	64,50	70,31
RENDIMENTO (%)	77	85	85
POTÊNCIA REQUERIDA* (CV)	292	263	242
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

Tabela 1.2 – Ponto de Operação – Rotor 405 mm – hm mínimo

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	286	500	630
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	52,81	62,52	68,83
RENDIMENTO (%)	74	84	86
POTÊNCIA REQUERIDA* (CV)	299	273	247
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

Observa-se que, apenas para a condição de 3 conjuntos operando em paralelo, a potência instalada é compatível com a potência requerida. Para as situações de 1 ou 2 conjuntos operando, é necessário controlar a corrente (amperagem) através de chave inversora de frequência.

2 – PLANEJAMENTO DA OBRA

Nos levantamentos efetuados na casa de bombas verificou-se que os quatro conjuntos elevatórios estão desalinhados e desnivelados, uns em relação aos outros. Para montagem do barrilete da forma com que se pretende fazer, é preciso alinhá-los e nivelá-los para que os tubos, peças e conexões se encaixem naturalmente.

Para que a montagem do barrilete ocorra sem causar maiores transtornos ao abastecimento, sugere-se a seguinte sequencia de execução de obra:

a) Faz-se inicialmente o alinhamento do conjunto n°. 04, com o objetivo de deixá-lo perpendicular a parede da casa de bombas, de modo que a montagem final deixe o barrilete alinhado com essa mesma parede.

b) Enquanto trabalha-se no alinhamento e montagem do conjunto n°. 04, a elevatória funcionará com os conjuntos 01, 02 e 03.

c) Faz-se a montagem das tubulações de recalque do conjunto n°. 04, e sua interligação com a nova adutora, isolando o barrilete com um flange cego na junção 45° do conjunto n°. 04, enquanto é feito o alinhamento do conjunto n°. 03.

d) O conjunto n°. 03 deverá ser solto da base para ser alinhado. Feito isso, faz-se o alinhamento da tubulação de sucção e a montagem do trecho de recalque e sua interligação ao conjunto n°. 04.

e) Se a tubulação de sucção estiver desalinhada, o alinhamento será feito cortando-se a tubulação de sucção e utilizando-se uma luva de correr com junta mecânica, que permite deflexões de 3° em cada bolsa, anto horizontas como verticais.

f) Depois de alinhada a tubulação de sucção e interligada a de recalque com o conjunto n°. 04 faz-se a chumbação da base estrutural do conjunto n°. 03 na base de concreto armado.

g) Enquanto trabalha-se no alinhamento e montagem do conjunto nº. 03, a elevatória funcionará com os conjuntos 01, 02 e 04.

h) Os mesmos procedimentos recomendados para a interligação do conjunto nº. 03 serão utilizados para a interligação dos conjuntos nº. 02 e 01.

i) Enquanto trabalha-se no alinhamento do conjunto nº. 02, a elevatória funcionará com os conjuntos 01, 03 e 04.

j) Enquanto trabalha-se no alinhamento do conjunto nº. 01, a elevatória funcionará com os conjuntos 02, 03 e 04.

3 – VAZÃO DE PROJETO

O estudo de projeção da demanda realizado no Volume I resultou nas seguintes vazões:

- Início de plano (2012): 616,17 l/s.
- Fim de plano (2031): 538, 61 l/s.

Observação: Nos estudos de projeção da demanda foi considerada a redução das perdas físicas de água e do consumo médio per capita no decorrer do período de alcance do projeto.

Segundo dados do SAEMA, os Sistemas Hermínio Ometto, Tambury e Guaçu produziram em 2010 uma vazão média, das máximas captadas de 693 l/s, conforme mostrado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Vazões máximas mensais produzidas em 2010 (l/s)

SISTEMA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA
H. OMETTO	390	390	391	390	390	390	390	390	390	390	390	398	391
TAMBURY	153	140	140	139	140	140	140	140	140	140	140	140	141
GUAÇU	170	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	161
TOTAL	713	690	691	689	690	690	690	690	690	690	690	698	693

A Figura 1 mostra a representação gráfica das vazões produzidas pelos Sistemas Hermínio Ometto, Tambury e Guaçu no ano de 2010.

A equipe técnica do SAEMA solicitou verificar a possibilidade de fixar uma vazão de projeto tal que fosse possível aduzir uma vazão equivalente a produção atual dos Sistemas Hermínio Ometto e Guaçu. Isso traria o benefício de desligar o Sistema Guaçu, pois seu rendimento energético (consumo médio de KWh/m^3 produzido), é menor que do Sistema Hermínio Ometto. Ou seja, o Sistema Guaçu consome mais energia elétrica para produzir 1 m^3 de água.

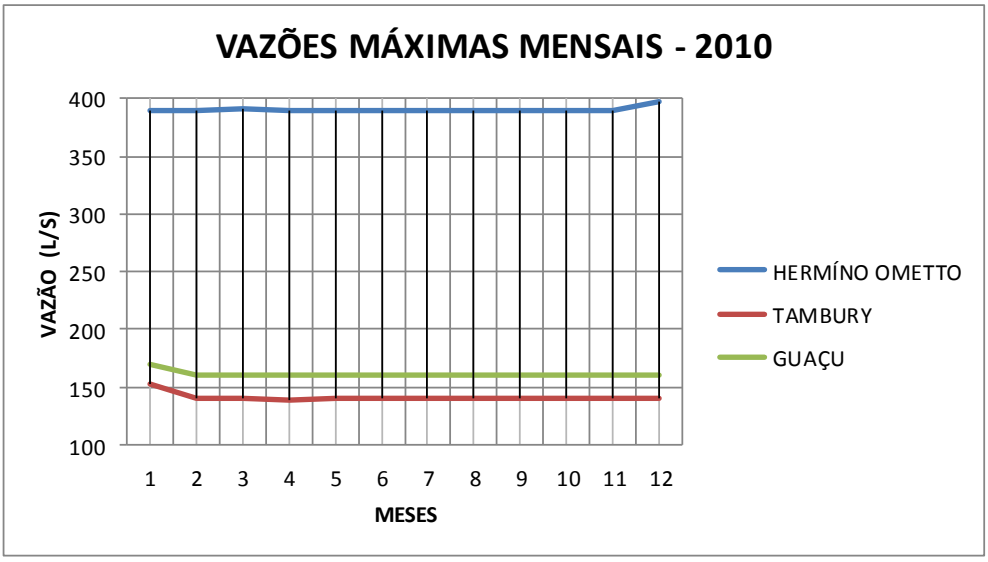


Figura 3.1 – Vazões máximas mensais produzidas em 2010.

A equipe técnica do SAEMA solicitou verificar a possibilidade de fixar uma vazão de projeto tal que fosse possível aduzir uma vazão equivalente a produção atual dos Sistemas Hermínio Ometto e Guaçu. Isso traria o benefício de desligar o Sistema Guaçu, pois seu rendimento energético (consumo médio de KWh/m^3 produzido), é menor que do Sistema Hermínio Ometto. Ou seja, o Sistema Guaçu consome mais energia elétrica para produzir 1 m^3 de água.

No entanto, isso só será viável nos períodos em que o balanço hídrico nas Represas Ometto possibilitar a captação de vazão equivalente aos dois sistemas, sem comprometer o volume de regularização para os períodos de estiagem.

De qualquer forma, o novo sistema será projetado considerando o aproveitamento dos conjuntos elevatórios existentes, ficando para ser definido apenas o diâmetro da nova adutora. Sendo assim, a vazão de orientação para o projeto será fixada em 550 l/s.

4 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RECALQUE

O sistema de recalque será dimensionado levando-se em conta as opções com adutora DN 500 mm e DN 600 mm, a fim de verificar a melhor opção do ponto de vista técnico e econômico.

Para determinação das perdas de carga serão utilizadas as seguintes expressões:

- Equação da perda de carga localizada

$$hf = \Sigma K \frac{v^2}{2g}$$

Onde:

- K = Coeficiente de perda de carga
- v = velocidade em m^3/s
- g = 9,8 m/s^2

- Equação da perda de carga na canalização (Fórmula Universal)

$$hf = f.\frac{L}{D}.\frac{v^2}{2g}$$

Onde:

- f = Coeficiente de perda de carga distribuída
- L = Comprimento da tubulação em m
- D = Diâmetro da tubulação em m
- v = velocidade em m^3/s
- g = 9,8 m/s^2

4.1 – Adutora DN 500 mm

A primeira simulação será feita adotando-se diâmetro de 400 mm para as tubulações do barrilete e diâmetro de 500 mm para a adutora propriamente.

4.1.1 – Dados do sistema

4.1.1.1 - Trecho sucção

- Tubulação: DN 350 mm – 3,60 m
- Registro de gaveta DN 350 mm

- Redução DN 350 x 250 mm

4.1.1.2 - Trecho recalque do barrilete

- Ampliação DN 200 x 300 mm – 1 unid.
- Válvula de retenção DN 300 mm – 1 unid.
- Registro de gaveta DN 300 mm – 1 unid.
- C45^{o} DN 300 mm – 1 unid.
- Junção 45° DN 300 mm – 4 unid.
- C90^{o} DN 400 mm – 1 unid.
- Tê saída lateral DN 400 mm – 1 unid.
- Tê passagem direta DN 400 mm – 1 unid.
- Registro de gaveta DN 400 mm – 1 unid.
- Ampliação DN 400 x 500 mm – 1 unid.
- Tubulação DN 400 mm – 13,0 m

4.1.1.3 - Trecho recalque adutora

- C22^{o} DN 500 mm – 3 unid.
- C90^{o} DN 500 mm – 2 unid.
- Tê passagem direta DN 500 x 300 – 2 unid.
- Tubulação DN 500 mm – 816 m

4.1.1.4 - Cotas de projeto

Levando em conta a cota do NA máximo da represa, constante do levantamento topográfico "Levantamento Cadastral – Trecho entre a estação de tratamento de água e a represa Dr. Hermínio Ometto", datado de 01/2010. Considerando ainda que o NA mínimo situa-se 4,0 metros abaixo do NA máximo, temos:

- NA máximo represa: 616,852
- NA mínimo represa: 612,852
- Cota do vertedor de descarga no canal do parshall: 659,750
- Cota do NA no vertedor: 660,180

4.1.1.5 - Desnível geométrico

- $Hg_{MÍNIMO}$: 43,33 m

- $Hg_{MÁXIMO}$: 47,33 m

4.1.2 – Perda de carga com 3 bombas funcionando em paralelo

4.1.2.1 – Perdas de carga localizadas

4.1.2.1.1 - Perdas de carga localizadas na sucção (q = Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Registro de gaveta	350	01	0,20	0,20
02	Redução	350 x 250	01	0,15	0,15
		TOTAL			0,35

Equação da perda de carga

$\Rightarrow hf_{LOCAL-250} = 0,35\ Q^2\ (\Sigma K = 0,15)$

$\Rightarrow hf_{LOCAL-350} = 0,12\ Q^2\ (\Sigma K = 0,20)$

4.1.2.1.2 - Perda de carga localizada no barrilete (q = Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Ampliação	200 x 300	01	0,30	0,30
02	Válvula de retenção	300	01	2,50	2,50
03	Registro de gaveta	300	01	0,20	0,20
04	C45°	300	01	0,20	0,20
03	Junção C45°	400 x 300	01	0,40	0,40
		TOTAL			3,60

Equação da perda de carga

$\Rightarrow hf_{LOCAL-200} = 1,72\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

$\Rightarrow hf_{LOCAL-300} = 3,74\ Q^2\ (\Sigma K = 3,30)$

4.1.2.1.3 - Perda de carga localizada no barrilete (q = 2Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	01	0,60	0,60
		TOTAL			0,60

Equação da perda de carga

$\Rightarrow hf_{LOCAL-300} = 2,72\ Q^2\ (\Sigma K = 0,60)$

4.1.2.1.4 - Perda de carga localizada no Barrilete e adutora (q = 3Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	02	0,60	1,20
02	C90°	400	01	0,40	0,40
03	Tê saída lateral	400 x 400	01	1,30	1,30
04	Tê passagem direta	400 x 200	01	0,60	0,60
05	Registro de gaveta	400	01	0,20	0,20
06	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
07	Tê passagem direta	500 x 300	02	0,60	1,20
08	C22°	500	03	0,10	0,30
09	C90°	500	02	0,40	0,80
		TOTAL			6,30

Equação da perda de carga

⇒ $hf_{LOCAL-300} = 12,25\ Q^2$ ($\Sigma K = 1,20$)

⇒ $hf_{LOCAL-400} = 9,04\ Q^2$ ($\Sigma K = 2,80$)

⇒ $hf_{LOCAL-500} = 3,04\ Q^2$ ($\Sigma K = 2,30$)

4.1.2.1.5 - Perda de carga localizada total

⇒ $hf_{LOCAL-TOTAL} = (0,35 + 0,12 + 1,72 + 3,74 + 2,72 + 12,25 + 9,04 + 3,04)\ Q^2$

⇒ $hf_{LOCAL-TOTAL} = 32,98\ Q^2$

4.1.2.2 – Perdas de carga na canalização

4.1.2.2.1 – Perda de carga na canalização - sucção (q=Q/3)

- DN 350 – 3,6 m

⇒ f = 0,016

⇒ $hf_{CANAL-350} = 0,10\ Q^2$

4.1.2.2.2 – Perda de carga na canalização (q=Q/3)

- DN 400 – 3 m

⇒ f = 0,016

⇒ $hf_{CANAL-400} = 0,04\ Q^2$

4.1.2.2.3 – Perda de carga na canalização (q=2Q/3)

- DN 400 – 4 m

⇒ f = 0,015

⇒ $hf_{CANAL-400} = 0,21\ Q^2$

4.1.2.2.4 – Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 400 – 10 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 1,21\ Q^2$

4.1.2.2.5 - Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 500 – 816 m

⇒ f = 0,014

⇒ $hf_{CANAL-500} = 30,24\ Q^2$

4.1.2.2.6 – Perdas de carga na canalização total

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = (0,10 + 0,04 + 0,21 + 1,21 + 30,24)\ Q^{1,852}$

⇒ $hf_{CANAL-TOTAL}\ 31,80\ Q^2$

4.1.2.3 – Perdas de carga geral

⇒ $hf_{LOCAL-TOTAL} = 32,98\ Q^2$

⇒ $hf_{CANAL-TOTAL}\ 31,80\ Q^2$

4.1.2.4 – Coordenadas da curva do sistema – 3 bombas operando em paralelo

VAZÃO		PERDA DE CARGA			HG MINIMO	HG MÁXIMO	ALTURA MANOMÉTRICA	
l/s	m^3/h	LOCAL.	CANAL.	TOTAL	(m)	(m)	MÍNIMA	MÁXIMA
1200	0,333	3,66	3,53	7,20	43,05	47,05	50,25	54,25
1.500	0,417	5,73	5,52	11,25	43,05	47,05	54,30	58,30
1.800	0,500	8,25	7,95	16,20	43,05	47,05	59,25	63,25
2.100	0,583	11,22	10,82	22,04	43,05	47,05	65,09	69,09
2.400	0,667	14,66	14,13	28,79	43,05	47,05	71,84	75,84
2.700	0,750	18,55	17,89	36,44	43,05	47,05	79,49	83,49

4.1.2.5 - Particularidades dos pontos de operação (ANEXO I)

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 3 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 405 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 3 BOMBAS OPERANDO (l/s)	599	630
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	199,7	210
ALTURA MANOMÉTRICA 3 BOMBAS (m)	70,31	68,83
RENDIMENTO (%)	85	86
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	242	247

* COM FOLGA DE 10%

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 3 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 380 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 3 BOMBAS OPERANDO (l/s)	495	533
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	165	177,7
ALTURA MANOMÉTRICA 3 BOMBAS (m)	62,94	61,48
RENDIMENTO (%)	82	84
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	186	191

* COM FOLGA DE 10%

4.1.3 – Perda de carga com 2 bombas funcionando em paralelo

4.1.3.1 – Perda de carga localizada

4.1.3.1.1 - Perda de carga localizada na sucção (q = Q/2)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Registro de gaveta	350	01	0,20	0,20
02	Redução	350 x 250	01	0,15	0,15
		TOTAL			0,35

Equação da perda de carga

$\Rightarrow Hf_{LOCAL-250} = 0{,}79\ Q^2\ (\Sigma K = 0{,}15)$

$\Rightarrow hf_{LOCAL-350} = 0{,}28\ Q^2\ (\Sigma K = 0{,}20)$

4.1.3.1.2 - Perda de carga localizada no barrilete (q = Q/2)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Ampliação	200 x 300	01	0,30	0,30
02	Válvula de retenção	300	01	2,50	2,50
03	Registro de gaveta	300	01	0,20	0,20
04	C45°	300	01	0,20	0,20
03	Junção C45°	400 x 300	01	0,40	0,40
		TOTAL			3,60

Equação da perda de carga

$\Rightarrow Hf_{LOCAL-200} = 3{,}88\ Q^2\ (\Sigma K = 0{,}30)$

$\Rightarrow Hf_{LOCAL-300} = 8{,}42\ Q^2\ (\Sigma K = 3{,}30)$

4.1.3.1.3 - Perda de carga localizada no Barrilete e adutora (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	03	0,60	1,80
02	C90°	400	01	0,40	0,40
03	Tê saída lateral	400 x 400	01	1,30	1,30
04	Tê passagem direta	400 x 200	01	0,60	0,60
05	Registro de gaveta	400	01	0,20	0,20
06	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
07	Tê passagem direta	500 x 300	02	0,60	1,20
08	C22°	500	03	0,10	0,30
09	C90°	500	02	0,40	0,80
		TOTAL			6,90

Equação da perda de carga

⇒ $hf_{LOCAL-300} = 18,38\ Q^2$ ($\Sigma K = 1,80$)

⇒ $hf_{LOCAL-400} = 9,04\ Q^2$ ($\Sigma K = 2,80$)

⇒ $hf_{LOCAL-500} = 3,04\ Q^2$ ($\Sigma K = 2,30$)

4.1.3.1.4 - Perda de carga localizada total

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = (0,79 + 0,28 + 3,88 + 8,42 + 18,38 + 9,04 + 3,04)\ Q^2$

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = 43,48\ Q^2$

4.1.3.2 – Perdas de carga na canalização

4.1.3.2.1 – Perdas de carga na canalização - sucção (q=Q/2)

- DN 350 – 3,6 m

⇒ f = 0,016

⇒ $Hf_{CANAL-350} = 0,23\ Q^2$

4.1.3.2.2 – Perdas de carga na canalização (q=Q/2)

- DN 400 – 3 m

⇒ f = 0,016

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 0,09\ Q^2$

4.1.3.2.3 – Perdas de carga na canalização (q=Q)

- DN 400 – 13 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 1,58\ Q^2$

4.1.3.2.4 – Perdas de carga na canalização (q=Q)

- DN 500 – 816 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-500} = 32,40\ Q^2$

4.1.3.2.5 – Perdas de carga na canalização

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = (0,23 + 0,09 + 1,58 + 32,40)\ Q^2$

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = 34,30\ Q^2$

4.1.3.3 – Perdas de carga geral

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = 43,48\ Q^2$

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = 34,30\ Q^2$

4.1.3.4 – Coordenadas da curva do sistema – 2 bombas operando em paralelo

VAZÃO		PERDA DE CARGA			HG MINIMO (m)	HG MÁXIMO (m)	ALTURA MANOMÉTRICA	
l/s	m^3/h	LOCAL.	CANAL.	TOTAL			MÍNIMA	MÁXIMA
800	0,222	2,15	1,70	3,85	43,05	47,05	46,90	50,90
1000	0,278	3,35	2,65	6,01	43,05	47,05	49,06	53,06
1.200	0,333	4,83	3,82	8,65	43,05	47,05	51,70	55,70
1.400	0,389	6,58	5,20	11,78	43,05	47,05	54,83	58,83
1.600	0,444	8,59	6,80	15,38	43,05	47,05	58,43	62,43
1.800	0,500	10,87	8,60	19,47	43,05	47,05	62,52	66,52
2.000	0,556	13,42	10,62	24,04	43,05	47,05	67,09	71,09

4.1.3.5 - Particularidades dos pontos de operação (ANEXO II)

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 2 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 405 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 2 BOMBAS OPERANDO (l/s)	473	500
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	236,5	250
ALTURA MANOMÉTRICA 3 BOMBAS (m)	64,50	62,52
RENDIMENTO (%)	85	84
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	263	273

* COM FOLGA DE 10%

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 2 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 380 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 2 BOMBAS OPERANDO (l/s)	397	420
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	198,50	210
ALTURA MANOMÉTRICA 3 BOMBAS (m)	59,34	56,77
RENDIMENTO (%)	84	84
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	206	208

* COM FOLGA DE 10%

4.1.4 – Perdas de carga com 1 bomba em funcionamento

4.1.4.1 – Perdas de carga localizada

4.1.4.1.1 – Perda de carga localizada na sucção (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Registro de gaveta	350	01	0,20	0,20
02	Redução	350 x 250	01	0,15	0,15
		TOTAL			0,35

Equação da perda de carga

⇒ $Hf_{LOCAL-250} = 3,18\ Q^2\ (\Sigma K = 0,15)$

⇒ $hf_{LOCAL-350} = 1,10\ Q^2\ (\Sigma K = 0,20)$

4.1.4.1.2 – Perda de carga localizada no barrilete (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Ampliação	200 x 300	01	0,30	0,30
02	Válvula de retenção	300	01	2,50	2,50
03	Registro de gaveta	300	01	0,20	0,20
04	C45°	300	01	0,20	0,20
03	Junção C45°	400 x 300	01	0,40	0,40
		TOTAL			3,60

Equação da perda de carga

⇒ $Hf_{LOCAL-200} = 15,51\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

⇒ $Hf_{LOCAL-300} = 33,69\ Q^2\ (\Sigma K = 3,30)$

4.1.4.1.3 – Perda de carga localizada no Barrilete e adutora (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	03	0,60	1,80
02	C90°	400	01	0,40	0,40
03	Tê saída lateral	400 x 400	01	1,30	1,30
04	Tê passagem direta	400 x 200	01	0,60	0,60
05	Registro de gaveta	400	01	0,20	0,20
06	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
07	Tê passagem direta	500 x 300	02	0,60	1,20
08	C22°	500	03	0,10	0,30
09	C90°	500	02	0,40	0,80
		TOTAL			6,90

Equação da perda de carga

⇒ $Hf_{LOCAL-300} = 18,38\ Q^2$ ($\Sigma K = 1,80$)

⇒ $Hf_{LOCAL-400} = 9,04\ Q^2$ ($\Sigma K = 2,80$)

⇒ $Hf_{LOCAL-500} = 3,04\ Q^2$ ($\Sigma K = 2,30$)

4.1.4.1.4 – Perda de carga localizada total

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = (3,18 + 1,10 + 15,51 + 33,69 + 18,38 + 9,04 + 3,04)\ Q^2$

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = 83,94\ Q^2$

4.1.4.2 – Perdas de carga na canalização

4.1.4.2.1 – Perda de carga na canalização - sucção (q=Q)

- DN 350 – 3,6 m

⇒ f = 0,016

⇒ $Hf_{CANAL-350} = 0,91\ Q^2$

4.1.4.2.2 – Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 400 – 16 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 1,94\ Q^2$

4.1.4.2.3 – Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 500 – 816 m

⇒ f = 0,016

⇒ $Hf_{CANAL-500} = 32,40\ Q^2$

4.1.4.2.4 – Perdas de carga na canalização total

$\Rightarrow Hf_{CANAL\text{-}TOTAL} = (0{,}91 + 1{,}94 + 32{,}40)\ Q^{1,852}$

$\Rightarrow Hf_{CANAL\text{-}TOTAL} = 35{,}25\ Q^{1,852}$

4.1.4.2.5 – Perdas de carga geral

$\Rightarrow Hf_{LOCAL\text{-}TOTAL} = 83{,}94\ Q^{2}$

$\Rightarrow Hf_{CANAL\text{-}500} = 35{,}25\ Q^{1,852}$

4.1.4.3 – Coordenadas da curva do sistema – 1 bomba em funcionamento

VAZÃO		PERDA DE CARGA			HG MINIMO	HG MÁXIMO	ALTURA MANOMÉTRICA	
l/s	m^3/h	LOCAL.	CANAL.	TOTAL	(m)	(m)	MÍNIMA	MÁXIMA
300	0,083	0,58	0,24	0,83	43,05	47,05	43,88	47,88
400	0,111	1,04	0,44	1,47	43,05	47,05	44,52	48,52
500	0,139	1,62	0,68	2,30	43,05	47,05	45,35	49,35
600	0,167	2,33	0,98	3,31	43,05	47,05	46,36	50,36
700	0,194	3,17	1,33	4,51	43,05	47,05	47,56	51,56
800	0,222	4,15	1,74	5,89	43,05	47,05	48,94	52,94
900	0,250	5,25	2,20	7,45	43,05	47,05	50,50	54,50
1000	0,278	6,48	2,72	9,20	43,05	47,05	52,25	56,25
1100	0,306	7,84	3,29	11,13	43,05	47,05	54,18	58,18

4.1.4.4 – Particularidades dos pontos de operação (ANEXO III)

KSB-ETA-200-40 - 1.760 RPM – 1 BOMBA EM OPERAÇÃO – ROTOR 405 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 1 BOMBA OPERANDO (l/s)	270	286
ALTURA MANOMÉTRICA 1 BOMBAS (m)	56,76	52,81
RENDIMENTO (%)	77	74
POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	292	299

* COM FOLGA DE 10%

KSB-ETA-200-40 - 1.760 RPM – 1 BOMBA EM OPERAÇÃO – ROTOR 380 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 1 BOMBA OPERANDO (l/s)	232	250
ALTURA MANOMÉTRICA 1 BOMBAS (m)	53,48	50,50
RENDIMENTO (%)	84	80
POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	217	231

* COM FOLGA DE 10%

4.1.5 – Quadro resumo – Funcionamento da elevatória com adutora DN 500 mm

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 405 mm – HM MÁXIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	270	473	599
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	56,76	64,50	70,31
RENDIMENTO (%)	77	85	85
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	292	263	242
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 405 mm – HM MÍNIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	286	500	630
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	52,81	62,52	68,83
RENDIMENTO (%)	74	84	86
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	299	273	247
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 380 mm – HM MÁXIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	232	397	495
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	53,48	59,34	62,94
RENDIMENTO (%)	84	84	82
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	217	206	186
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 380 mm – HM MÍNIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	250	420	533
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	50,50	56,77	61,48
RENDIMENTO (%)	80	84	85
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	231	208	191
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

4.2 – Adutora DN 600 mm

Simulação adotando-se diâmetro de 400 mm para as tubulações, peças e conexões do barrilete e diâmetro de 600 mm para a adutora propriamente dita.

4.2.1 – Dados do sistema

4.2.1.1 - Trecho sucção

- Tubulação: DN 350 mm – 3,60 m
- Registro de gaveta DN 350 mm
- Redução DN 350 x 250 mm

4.2.1.2 - Trecho recalque do barrilete

- Ampliação DN 200 x 300 mm – 1 unid.
- Válvula de retenção DN 300 mm – 1 unid.
- Registro de gaveta DN 300 mm – 1 unid.
- C45^{o} DN 300 mm – 1 unid.
- Junção 45° DN 300 mm – 4 unid.
- C90^{o} DN 400 mm – 1 unid.
- Tê saída lateral DN 400 mm – 1 unid.
- Tê passagem direta DN 400 mm – 1 unid.
- Registro de gaveta DN 400 mm – 1 unid.
- Ampliação DN 400 x 500 mm – 1 unid.
- Ampliação DN 500 x 600 mm – 1 unid.
- Tubulação DN 400 mm – 13,0 m

4.2.1.3 - Trecho recalque adutora

- C22^{o} DN 500 mm – 3 unid.
- C90^{o} DN 500 mm – 2 unid.
- Tê passagem direta DN 600 x 300 – 2 unid.
- Tubulação DN 600 mm – 816 m

4.2.1.4 - Cotas de projeto

Levando em conta a cota do NA máximo da represa, constante do levantamento topográfico "Levantamento Cadastral – Trecho entre a estação de tratamento de água e a represa Dr. Hermínio Ometto", datado de 01/2010. Considerando ainda que o NA mínimo situa-se 4,0 metros abaixo do NA máximo, temos:

- NA máximo represa: 616,852
- NA mínimo represa: 612,852
- Cota do vertedor de descarga no canal do parshall: 659,750
- Cota do NA no vertedor: 660,180

4.2.1.5 - Desnível geométrico

- $Hg_{MÍNIMO}$: 43,33 m
- $Hg_{MÁXIMO}$: 47,33 m

4.2.2 – Perda de carga com 3 bombas funcionando em paralelo

4.2.2.1 – Perdas de carga localizadas

4.2.2.1.1 - Perdas de carga localizadas na sucção (q = Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Registro de gaveta	350	01	0,20	0,20
02	Redução	350 x 250	01	0,15	0,15
		TOTAL			0,35

Equação da perda de carga

$\Rightarrow hf_{LOCAL-250} = 0,35\ Q^2\ (\Sigma K = 0,15)$

$\Rightarrow hf_{LOCAL-350} = 0,12\ Q^2\ (\Sigma K = 0,20)$

4.2.2.1.2 - Perda de carga localizada no barrilete (q = Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Ampliação	200 x 300	01	0,30	0,30
02	Válvula de retenção	300	01	2,50	2,50
03	Registro de gaveta	300	01	0,20	0,20
04	C45°	300	01	0,20	0,20
03	Junção C45°	400 x 300	01	0,40	0,40
		TOTAL			3,60

Equação da perda de carga

⇒ $hf_{LOCAL-200} = 1,72\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

⇒ $hf_{LOCAL-300} = 3,74\ Q^2\ (\Sigma K = 3,30)$

4.2.2.1.3 - Perda de carga localizada no barrilete (q = 2Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	01	0,60	0,60
		TOTAL			0,60

Equação da perda de carga

⇒ $hf_{LOCAL-300} = 2,72\ Q^2\ (\Sigma K = 0,60)$

4.2.2.1.4 - Perda de carga localizada no Barrilete e adutora (q = 3Q/3)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	02	0,60	1,20
02	C90°	400	01	0,40	0,40
03	Tê saída lateral	400 x 400	01	1,30	1,30
04	Tê passagem direta	400 x 200	01	0,60	0,60
05	Registro de gaveta	400	01	0,20	0,20
06	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
07	Ampliação	500 x 600	01	0,30	0,30
08	Tê passagem direta	600 x 300	02	0,60	1,20
09	C22°	600	03	0,10	0,30
10	C90°	600	02	0,40	0,80
		TOTAL			6,60

Equação da perda de carga

⇒ $hf_{LOCAL-300} = 12,25\ Q^2\ (\Sigma K = 1,20)$

⇒ $hf_{LOCAL-400} = 9,04\ Q^2\ (\Sigma K = 2,80)$

⇒ $hf_{LOCAL-500} = 0,40\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

⇒ $hf_{LOCAL-600} = 1,47\ Q^2\ (\Sigma K = 2,30)$

4.2.2.1.5 - Perda de carga localizada total

⇒ $hf_{LOCAL-TOTAL} = (0,35 + 0,12 + 1,72 + 3,74 + 2,72 + 12,25 + 9,04 + 0,40 + 1,47)\ Q^2$

⇒ $hf_{LOCAL-TOTAL} = 31,81\ Q^2$

4.2.2.2 – Perdas de carga na canalização

4.2.2.2.1 – Perda de carga na canalização - sucção (q=Q/3)

- DN 350 – 3,6 m

⇒ f = 0,016

⇒ $hf_{CANAL-350} = 0,10\ Q^2$

4.2.2.2.2 – Perda de carga na canalização (q=Q/3)

- DN 400 – 3 m

⇒ f = 0,016

⇒ $hf_{CANAL-400} = 0,04\ Q^2$

4.2.2.2.3 – Perda de carga na canalização (q=2Q/3)

- DN 400 – 4 m

⇒ f = 0,015

⇒ $hf_{CANAL-400} = 0,21\ Q^2$

4.2.2.2.4 – Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 400 – 10 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 1,21\ Q^2$

4.2.2.2.5 - Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 600 – 816 m

⇒ f = 0,014

⇒ $hf_{CANAL-500} = 12,15\ Q^2$

4.2.2.2.6 – Perdas de carga na canalização total

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = (0,10 + 0,04 + 0,21 + 1,21 + 12,15)\ Q^{1,852}$

⇒ $hf_{CANAL-TOTAL}\ 13,71\ Q^2$

4.2.2.3 – Perdas de carga geral

⇒ $hf_{LOCAL-TOTAL} = 31,81\ Q^2$

⇒ $hf_{CANAL-TOTAL}\ 13,71\ Q^2$

4.2.2.4 – Coordenadas da curva do sistema – 3 bombas operando em paralelo

VAZÃO		PERDA DE CARGA			HG MINIMO (m)	HG MÁXIMO (m)	ALTURA MANOMÉTRICA	
l/s	m^3/h	LOCAL.	CANAL.	TOTAL			MÍNIMA	MÁXIMA
1200	0,333	3,53	1,52	5,06	43,05	47,05	48,11	52,11
1.500	0,417	5,52	2,38	7,90	43,05	47,05	50,95	54,95
1.800	0,500	7,95	3,43	11,38	43,05	47,05	54,43	58,43
2.100	0,583	10,82	4,67	15,49	43,05	47,05	58,54	62,54
2.400	0,667	14,14	6,09	20,23	43,05	47,05	63,28	67,28
2.700	0,750	17,89	7,71	25,61	43,05	47,05	68,66	72,66

4.2.2.5 - Particularidades dos pontos de operação (ANEXO IV)

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 3 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 405 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 3 BOMBAS OPERANDO (l/s)	659	679
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	219,7	226,3
ALTURA MANOMÉTRICA 3 BOMBAS (m)	66,80	64,06
RENDIMENTO (%)	86	85
POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	250	250

* COM FOLGA DE 10%

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 3 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 380 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 3 BOMBAS OPERANDO (l/s)	560	603
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	186,7	201
ALTURA MANOMÉTRICA 3 BOMBAS (m)	61,34	59,60
RENDIMENTO (%)	84	85
POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	200	207

* COM FOLGA DE 10%

4.2.3 – Perda de carga com 2 bombas funcionando em paralelo

4.2.3.1 – Perda de carga localizada

4.2.3.1.1 - Perda de carga localizada na sucção (q = Q/2)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Registro de gaveta	350	01	0,20	0,20
02	Redução	350 x 250	01	0,15	0,15
		TOTAL			0,35

Equação da perda de carga

⇒ $Hf_{LOCAL-250} = 0,79\ Q^2\ (\Sigma K = 0,15)$

⇒ $hf_{LOCAL-350} = 0,28\ Q^2\ (\Sigma K = 0,20)$

4.2.3.1.2 - Perda de carga localizada no barrilete (q = Q/2)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Ampliação	200 x 300	01	0,30	0,30
02	Válvula de retenção	300	01	2,50	2,50
03	Registro de gaveta	300	01	0,20	0,20
04	C45°	300	01	0,20	0,20
03	Junção C45°	400 x 300	01	0,40	0,40
		TOTAL			3,60

Equação da perda de carga

⇒ $Hf_{LOCAL-200} = 3,88\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

⇒ $Hf_{LOCAL-300} = 8,42\ Q^2\ (\Sigma K = 3,30)$

4.2.3.1.3 - Perda de carga localizada no Barrilete e adutora (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	03	0,60	1,80
02	C90°	400	01	0,40	0,40
03	Tê saída lateral	400 x 400	01	1,30	1,30
04	Tê passagem direta	400 x 200	01	0,60	0,60
05	Registro de gaveta	400	01	0,20	0,20
06	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
07	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
08	Tê passagem direta	500 x 300	02	0,60	1,20
09	C22°	500	03	0,10	0,30
10	C90°	500	02	0,40	0,80
		TOTAL			7,20

Equação da perda de carga

⇒ $hf_{LOCAL-300} = 18,38\ Q^2\ (\Sigma K = 1,80)$

⇒ $hf_{LOCAL-400} = 9,04\ Q^2\ (\Sigma K = 2,80)$

⇒ $hf_{LOCAL-500} = 0,40\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

⇒ $hf_{LOCAL-600} = 1,47\ Q^2\ (\Sigma K = 2,30)$

4.2.3.1.4 - Perda de carga localizada total

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = (0,79 + 0,28 + 3,88 + 8,42 + 18,38 + 9,04 + 0,40 + 1,47)\ Q^2$

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = 42,66\ Q^2$

4.2.3.2 – Perdas de carga na canalização

4.2.3.2.1 – Perdas de carga na canalização - sucção (q=Q/2)

- DN 350 – 3,6 m

⇒ f = 0,016

⇒ $Hf_{CANAL-350} = 0,23\ Q^2$

4.2.3.2.2 – Perdas de carga na canalização (q=Q/2)

- DN 400 – 3 m

⇒ f = 0,016

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 0,09\ Q^2$

4.2.3.2.3 – Perdas de carga na canalização (q=Q)

- DN 400 – 13 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 1,58\ Q^2$

4.2.3.2.4 – Perdas de carga na canalização (q=Q)

- DN 600 – 816 m

⇒ f = 0,014

⇒ $hf_{CANAL-500} = 12,15\ Q^2$

4.2.3.2.5 – Perdas de carga na canalização

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = (0,23 + 0,09 + 1,58 + 12,15)\ Q^2$

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = 14,05\ Q^2$

4.2.3.3 – Perdas de carga geral

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = 42,66\ Q^2$

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = 14,05\ Q^2$

4.2.3.4 – Coordenadas da curva do sistema – 2 bombas operando em paralelo

VAZÃO		PERDA DE CARGA			HG MINIMO	HG MÁXIMO	ALTURA MANOMÉTRICA	
l/s	m^3/h	LOCAL.	CANAL.	TOTAL	(m)	(m)	MÍNIMA	MÁXIMA
800	0,222	2,11	0,69	2,80	43,05	47,05	45,85	49,85
1000	0,278	3,29	1,08	4,38	43,05	47,05	47,43	51,43
1.200	0,333	4,74	1,56	6,30	43,05	47,05	49,35	53,35
1.400	0,389	6,45	2,12	8,58	43,05	47,05	51,63	55,63
1.600	0,444	8,43	2,78	11,20	43,05	47,05	54,25	58,25
1.800	0,500	10,67	3,51	14,18	43,05	47,05	57,23	61,23
2.000	0,556	13,17	4,34	17,50	43,05	47,05	60,55	64,55

4.2.3.5 - Particularidades dos pontos de operação (ANEXO V)

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 2 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 405 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 2 BOMBAS OPERANDO (l/s)	505	527
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	252,5	263,50
ALTURA MANOMÉTRICA 2 BOMBAS (m)	61,50	58,78
RENDIMENTO (%)	84	85
POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	271	263

* COM FOLGA DE 10%

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 2 BOMBAS EM PARALELO – ROTOR 380 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 2 BOMBAS OPERANDO (l/s)	422	444
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	211	222
ALTURA MANOMÉTRICA 2 BOMBAS (m)	57,15	54,25
RENDIMENTO (%)	85	84
POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	208	210

* COM FOLGA DE 10%

4.2.4 – Perdas de carga com 1 bomba em funcionamento

4.2.4.1 – Perdas de carga localizada

4.2.4.1.1 – Perda de carga localizada na sucção (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Registro de gaveta	350	01	0,20	0,20
02	Redução	350 x 250	01	0,15	0,15
		TOTAL			0,35

Equação da perda de carga

⇒ $Hf_{LOCAL-250} = 3,18\ Q^2\ (\Sigma K = 0,15)$

⇒ $hf_{LOCAL-350} = 1,10\ Q^2\ (\Sigma K = 0,20)$

4.2.4.1.2 – Perda de carga localizada no barrilete (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Ampliação	200 x 300	01	0,30	0,30
02	Válvula de retenção	300	01	2,50	2,50
03	Registro de gaveta	300	01	0,20	0,20
04	C45°	300	01	0,20	0,20
03	Junção C45°	400 x 300	01	0,40	0,40
		TOTAL			3,60

Equação da perda de carga

⇒ $Hf_{LOCAL-200} = 15,51\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

⇒ $Hf_{LOCAL-300} = 33,69\ Q^2\ (\Sigma K = 3,30)$

4.2.4.1.3 – Perda de carga localizada no Barrilete e adutora (q = Q)

ITEM	PEÇAS	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE	K	ΣK
01	Junção C45° passagem direta	400 x 300	03	0,60	1,80
02	C90°	400	01	0,40	0,40
03	Tê saída lateral	400 x 400	01	1,30	1,30
04	Tê passagem direta	400 x 200	01	0,60	0,60
05	Registro de gaveta	400	01	0,20	0,20
06	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
07	Ampliação	400 x 500	01	0,30	0,30
08	Tê passagem direta	500 x 300	02	0,60	1,20
09	C22°	500	03	0,10	0,30
10	C90°	500	02	0,40	0,80
		TOTAL			7,20

Equação da perda de carga

⇒ $hf_{LOCAL-300} = 18,38\ Q^2\ (\Sigma K = 1,80)$

⇒ $hf_{LOCAL-400} = 9,04\ Q^2\ (\Sigma K = 2,80)$

⇒ $hf_{LOCAL-500} = 0,40\ Q^2\ (\Sigma K = 0,30)$

⇒ $hf_{LOCAL-600} = 1,47\ Q^2\ (\Sigma K = 2,30)$

4.2.4.1.4 – Perda de carga localizada total

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = (3,18 + 1,10 + 15,51 + 33,69 + 18,38 + 9,04 + 0,40 + 1,47)\ Q^2$

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = 82,77\ Q^2$

4.2.4.2 – Perdas de carga na canalização

4.2.4.2.1 – Perda de carga na canalização - sucção (q=Q)

- DN 350 – 3,6 m

⇒ f = 0,016

⇒ $Hf_{CANAL-350} = 0,91\ Q^2$

4.2.4.2.2 – Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 400 – 16 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-400} = 1,94\ Q^2$

4.2.4.2.3 – Perda de carga na canalização (q=Q)

- DN 600 – 816 m

⇒ f = 0,015

⇒ $Hf_{CANAL-500} = 13,02\ Q^2$

4.2.4.2.4 – Perdas de carga na canalização total

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = (0,91 + 1,94 + 13,02)\ Q^{1,852}$

⇒ $Hf_{CANAL-TOTAL} = 15,87\ Q^{1,852}$

4.2.4.2.5 – Perdas de carga geral

⇒ $Hf_{LOCAL-TOTAL} = 82,77\ Q^2$

⇒ $Hf_{CANAL-500} = 15,87\ Q^{1,852}$

4.2.4.3 – Coordenadas da curva do sistema – 1 bomba em funcionamento

VAZÃO		PERDA DE CARGA			HG MINIMO	HG MÁXIMO	ALTURA MANOMÉTRICA	
l/s	m^3/h	LOCAL.	CANAL.	TOTAL	(m)	(m)	MÍNIMA	MÁXIMA
300	0,083	0,57	0,11	0,69	43,05	47,05	43,74	47,74
400	0,111	1,02	0,20	1,22	43,05	47,05	44,27	48,27
500	0,139	1,60	0,31	1,90	43,05	47,05	44,95	48,95
600	0,167	2,30	0,44	2,74	43,05	47,05	45,79	49,79
700	0,194	3,13	0,60	3,73	43,05	47,05	46,78	50,78
800	0,222	4,09	0,78	4,87	43,05	47,05	47,92	51,92
900	0,250	5,17	0,99	6,17	43,05	47,05	49,22	53,22
1000	0,278	6,39	1,22	7,61	43,05	47,05	50,66	54,66
1100	0,306	7,73	1,48	9,21	43,05	47,05	52,26	56,26

4.2.4.4 – Particularidades dos pontos de operação (ANEXO VI)

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 1 BOMBA EM OPERAÇÃO – ROTOR 405 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 1 BOMBA OPERANDO (l/s)	278	289
ALTURA MANOMÉTRICA 1 BOMBAS (m)	54,66	51,28
RENDIMENTO (%)	77	74
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	289	294

* COM FOLGA DE 10%

KSB-ETA-200-40-7.760 RPM – 1 BOMBA EM OPERAÇÃO – ROTOR 380 mm

PONTO DE OPERAÇÃO	HM máxima	HM mínima
VAZÃO 1 BOMBA OPERANDO (l/s)	236	250
ALTURA MANOMÉTRICA 1 BOMBAS (m)	52,55	49,22
RENDIMENTO (%)	83	80
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	219	226

* COM FOLGA DE 10%

4.2.5 – Quadro resumo – Funcionamento da elevatória com adutora DN 600 mm

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 405 mm – HM MÁXIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	278	505	659
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	54,66	61,50	66,80
RENDIMENTO (%)	77	84	86
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	289	271	250
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 405 mm – HM MÍNIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	289	527	679
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	51,28	58,78	64,06
RENDIMENTO (%)	74	85	85
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	294	263	250
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 380 mm – HM MÁXIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	236	422	560
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	52,55	57,15	61,34
RENDIMENTO (%)	83	85	84
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	219	208	200
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

PONTO DE OPERAÇÃO – ROTOR 380 mm – HM MÍNIMO

PONTO DE OPERAÇÃO	1 CONJUNTO	2 CONJUNTOS	3 CONJUNTOS
VAZÃO TOTAL (l/s)	250	444	603
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	49,22	54,25	59,60
RENDIMENTO (%)	80	84	85
POTÊNCIA NECESSÁRIA* (CV)	226	210	207
POTÊNCIA INSTALADA (CV)	250	250	250

* COM FOLGA DE 10%

4.3 – Quadro Comparativo – DN 500 x DN 600 mm

As Tabelas a seguir apresentam valores de vazão e potência requerida (necessária) decorrentes da variação de dois componentes do sistema:

a) Diâmetro da adutora: DN 500 mm e DN 600 mm

b) Diâmetro do rotor da bomba: ϕ 405 mm e ϕ 380 mm.

A avaliação do diâmetro mais adequado da adutora, do ponto de vista técnico-econômico, será feita considerando a capacidade de o novo sistema suprir, pelo menos durante certo período, a vazão aduzida pelo sistema Guaçu. Para tanto, a vazão de recalque do novo sistema deverá ser no mínimo 550 l/s (H. Ometto = 390 l/s e Guaçu = 160 l/s).

4.3.4.1 – Rotor 405 mm

3 CONJUNTOS ELEVATÓRIOS – ROTOR 405 mm

ADUTORA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA			ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA		
	VAZÃO (l/s)	ALTURA MANOMÉTRICA (m)	POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	VAZÃO (l/s)	ALTURA MANOMÉTRICA (m)	POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)
DN 500	599	70,31	242	630	68,83	247
DN 600	659	66,80	250	679	64,06	250

Para altura manométrica máxima, o sistema com adutora DN 600 mm produz 60 l/s a mais que o sistema com adutora DN 500 mm. No entanto, isso ocorre quando a represa está vazia (nível mais baixo = hm máxima), situação em que há pouca água reservada, tornando-se necessário a utilização do sistema Guaçu, para não esgotar prematuramente o volume reservado na Represa Hermínio Ometto.

Já o sistema com adutora DN 500 mm, apesar de apresentar vazão menor, aduz vazão suficiente (559 l/s) para compensar eventuais paralizações do sistema Guaçu (390 l/s + 160 l/s).

Com altura manométrica mínima, represa cheia, ou nas condições de enchimento do período chuvoso (teoricamente sobrando água na represa), o ganho de vazão, com adutora DN 600 mm seria de 49 l/s. Ou seja, a vazão aduzida passaria de 630 l/s para 679 l/s, significando um ganho de 7,7%.

Considerando que a intenção inicial é produzir no mínimo 550 l/s (Hermínio Ometto + Guaçu), o sistema com adutora DN 500 mm supera esse patamar.

Com relação à potência, conclui-se que os sistemas com adutora DN 500 mm ou DN 600 mm requerem, respectivamente, 242 CV e 250 CV, portanto compatíveis com os motores existentes de 250 CV.

3 CONJUNTOS ELEVATÓRIOS – ROTOR 380 mm

ADUTORA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA			ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA		
	VAZÃO (l/s)	ALTURA MANOMÉTRICA (m)	POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)	VAZÃO (l/s)	ALTURA MANOMÉTRICA (m)	POTÊNCIA NECESSÁRIA (CV)
DN 500	495	62,94	186	533	61,48	191
DN 600	560	61,34	200	603	59,60	207

Reduzindo-se o diâmetro do rotor das bombas de 405 mm para 380 mm ocorrem as seguintes variações:

- DN 500 mm (hm máxima): 599 l/s → 495 l/s – 242 CV → 186 CV
- DN 600 mm (hm máxima): 659 l/s → 560 l/s – 250 CV → 200 CV

- DN 500 mm (hm mínima): 630 l/s → 533 l/s – 247 CV → 191 CV
- DN 600 mm (hm mínima): 679 l/s → 603 l/s – 250 CV → 207 CV

5 – PRESSÕES TRANSIENTES

Cálculo do golpe de aríete devido a paralização das bombas devido à queda de energia elétrica.

5.1 – Características do sistema

– Vazão: 599 l/s

– Desnível geométrico: hg = 47,05 m

– Perda de carga: hf = 23,26 m

– Altura manométrica: hm = 70,31 m

5.2 – Características da adutora

– Material: FOFO – k7

– Diâmetro: 500 mm (DI = 486 mm)

– Comprimento: L = 816 m

- Coeficiente k = 1,0

- Espessura da parede: e = 7,0 mm = 0,007 m

5.3 – Velocidade:

- v = 3,28 m/s

5.4 – Celeridade

- $C = \dfrac{9.900}{48,3 + k.\dfrac{D}{e}^{0,5}}$

- $C = \dfrac{9.900}{48,3 + 1,0.\dfrac{0,486}{0,007}^{0,5}} = 912 \text{ m/s}$

5.5 – Período da tubulação

- $T = \dfrac{2L}{C}$

- $T = \dfrac{2x816}{912} = 1,8s$

5.6 – Tempo de parada da bomba

- $t = C + \frac{KxLxvxn}{gxhm}$

Onde:

- C = 1 (função da declividade da linha)
- K = 1,5 (500 m < L < 1.500 m)
- v = 3,28 m/s
- N = 3 (número de bombas em paralelo)
- G = 9,8 m/s
- Hm = 70,31 m
- $t = 1 + \frac{1{,}5x816x3{,}28x3}{9{,}8x70{,}31} = 18{,}5$ s

Como $t > T \Rightarrow$ Fechamento lento

5.7 – Fórmula de Michaud

- $\Delta H = \frac{2xLxv}{gxt}$
- $\Delta H = \frac{2x816x3{,}28}{9{,}8x18{,}5} = 29{,}5$ m

5.8 – Pressões transientes

- $H_{MAX} = hg + \Delta H = 47{,}05 + 29{,}5 = 76{,}55$ m
- $H_{MIN} = hg - \Delta H = 47{,}05 - 29{,}5 = 17{,}55$ m

5.9 – Medidas preventivas

- Utilização de tubulação de ferro fundido classe K7.

6 – BLOCOS DE ANCORAGEM

6.1 – BA 01 - C90º DN 400 mm

- Pressão de cálculo: Pc = 76,55 mca x 0,0981 = 7,51 daN/cm^2.

- $Er = 1{,}571 x Pc x Dn^2 x sen\frac{\alpha}{2}$

Onde:

- Pc = 7,51 daN/cm^2

- Dn = 40 cm

- α = 90º

- $Er = 1{,}571 x 7{,}51 x 40^2 x sen\frac{90}{2}$

- Er = 13.348 daN

- Peso do bloco necessário

- $P_B = \frac{1{,}5 E_R COS\frac{\alpha}{2}}{tg\phi}$

- $P_B = \frac{1{,}5 x 13.348 x COS45}{tg30}$

- P_B = 24.522 daN = 24.056 kg

- Volume do bloco

Considerando o peso específico do concreto armado igual a 2.500 kg/m^3:

- V = 9,6 m^3

6.2 – BA 02 - TÊ DN 500 mm

- Pressão de cálculo: Pc = 76,55 mca x 0,0981 = 7,51 daN/cm^2.

- $Eh = 0{,}785 x Pc x Dn^2$

Onde:

- Pc = 7,51 daN/cm^2

- Dn = 50 cm

- $Eh = 0{,}785 x 7{,}51 x 50^2$

- Er = 14.738 daN

- Peso do bloco necessário

- $P_B = \frac{1,5Eh - qxBxH}{tg\phi}$

- $P_B = \frac{1,5x14.738 - 0,40x300x100}{0,577}$

- P_B = 17.516 daN = 17.184 kg

- Volume do bloco

Considerando o peso específico do concreto armado igual a 2.500 kg/m^3:

- V = 6,9 m^3

6.3 – BA 03 - TÊ DN 250 mm

- Pressão de cálculo: Pc = 76,55 mca x 0,0981 = 7,51 daN/cm^2.

- $Eh = 0,785xPcxDn^2$

Onde:

- Pc = 7,51 daN/cm^2

- Dn = 25 cm

- $Eh = 0,785x7,51x25^2$

- Er = 3.685 daN

- Peso do bloco necessário

- $P_B = \frac{1,5Eh - qxBxH}{tg\phi}$

- $P_B = \frac{1,5x3.685 - 0,40x100x100}{0,577}$

- P_B = 2.647 daN = 2.597 kg

- Volume do bloco

Considerando o peso específico do concreto igual a 2.500 kg/m^3

- V = 1,10 m^3

6.4 – BA 04 - TÊ DN 300 mm

- Pressão de cálculo: Pc = 76,55 mca x 0,0981 = 7,51 daN/cm^2.

- $Eh = 0,785xPcxDn^2$

Onde:

- Pc = 7,51 daN/cm^2
- Dn = 30 cm
- $Eh = 0{,}785 x 7{,}51 x 30^2$
- Er = 5.306 daN
- Peso do bloco necessário
- $P_B = \frac{1{,}5Eh - qxBxH}{tg\phi}$
- $P_B = \frac{1{,}5x5.306 - 0{,}40x120x120}{0{,}577}$
- P_B = 3.811 daN = 3.739 kg
- Volume do bloco

Considerando o peso específico do concreto igual a 2.500 kg/m^3

- V = 1,5 m^3

6.5 – BA 05 - C45º DN 300 mm (interligação)

- Pressão de cálculo: Pc = 76,55 mca x 0,0981 = 7,51 daN/cm^2.
- a_1 = 3,0^o
- a_2 = 14,0^o
- α = - 11,0^o
- β = -81,50^o
- $Er = 1{,}571xPcxDn^2xsen\frac{\alpha}{2}$

Onde:

- Pc = 7,51 daN/cm^2
- Dn = 30 cm
- α = 45º
- $Er = 1{,}571x7{,}51x30^2xsen\frac{45}{2}$
- Er = 4.063 daN
- Eh = Er x COS β
- Eh = 4.063 x COS 81,50
- Eh = 601 daN

- Ev = Er x SEN β
- Ev = 4.063 x SEN 81,50
- Ev = 4.018 daN
- Peso do bloco necessário
- $P_B = \frac{1,5xEh}{tg\phi} - Ev$
- $P_B = \frac{1,5x601}{0,577} - 4.063$
- P_B =-2.501 daN = -2.453 kg
- Ancoragem independente do volume do bloco.

6.6 – BA 06 - C45º DN 250 mm

- Pressão de cálculo: Pc = 76,55 mca x 0,0981 = 7,51 daN/cm^2.
- a_1 = 3,0^o
- a_2 = 14,0^o
- α = - 11,0^o
- β = -81,50^o
- $Er = 1,571xPcxDn^2xsen\frac{\alpha}{2}$

Onde:

- Pc = 7,51 daN/cm^2
- Dn = 30 cm
- α = 45º
- $Er = 1,571x7,51x25^2xsen\frac{45}{2}$
- Er = 2.607 daN
- Eh = Er x COS β
- Eh = 2.607 x COS 81,50
- Eh = 385 daN
- Ev = Er x SEN β
- Ev = 2.607 x SEN 81,50
- Ev = 2.578 daN

- Peso do bloco necessário

- $P_B = \frac{1,5xEh}{tg\phi} - Ev$

- $P_B = \frac{1,5x385}{0,577} - 2.578$

- P_B =-1.577 daN = -1.547 kg

- Ancoragem independente do volume do bloco.

6.7 – BA 07 – C11º DN 500 mm

- Pressão de cálculo: Pc = 76,55 mca x 0,0981 = 7,51 daN/cm^2.

- $a_1 = 0^o$

- $a_2 = 11^o$

- $\alpha = 11^o$

- $\beta = 80^o$

- $Er = 1,571xPcxDn^2xsen\frac{\alpha}{2}$

Onde:

- Pc = 7,51 daN/cm^2

- Dn = 50 cm

- α = 11º

- $Er = 1,571x7,51x50^2xsen\frac{11}{2}$

- Er = 2.827 daN

- Eh = Er x COS β

- Eh = 2.827 x COS 80

- Eh = 491 daN

- Ev = Er x SEN β

- Ev = 2.827 x SEN 80

- Ev = 2.784 daN

- Peso do bloco necessário

- $P_B = \frac{1,5xEh}{tg\phi} - Ev$

- $P_B = \frac{1,5x491}{0,577} - 2.784$

- P_B =-1.274 daN = -1.249 kg

- Ancoragem independente do volume do bloco.

6.8 – BA 08 – C90º DN 500 mm

- Pressão de cálculo = (660,350 – 651,000) + 3,45 = 12,80 mca

- Pressão de cálculo: Pc = 12,80 mca x 0,0981 = 1,26 daN/cm^2.

- $Eh = 1,571xPcxDn^2xsen\frac{\alpha}{2}$

- Eh = 3.499 daN

- $V = \frac{1,5xEh \quad qtxBH}{0,577x2.400}$

Onde:

- Eh 3.499 daN

- B = 140 cm

- H = 100 cm

- qt = 0,40 daN/cm^2

- $V = \frac{1,5x3.499 \quad 0,40x100x100}{0,577x2.400}$

- V = 0,90 daN = 0,88 m^3.

6.9 – BA 09 – C90º DN 500 mm

- Pressão de cálculo = (660,350 – 654,500) + 0,73 = 6,58 mca

- Pressão de cálculo: Pc = 6,58 mca x 0,0981 = 0,65 daN/cm^2.

- $Eh = 1,571xPcxDn^2xsen\frac{\alpha}{2}$

- Eh = 1.805 daN

- $V = \frac{1,5xEh \quad qtxBH}{0,577x2.400}$

Onde:

- Eh = 1.805 daN

- B = 100 cm
- H = 0,70 cm
- qt = 0,40 daN/cm^2
- $V = \frac{1,5x1.805 \quad 0,40x50x70}{0,577x2.400}$
- V = 0,94 daN = 0,93 m^3.

7 – MEDIÇÃO DE VAZÃO (MACROMEDIÇÃO)

Foi previsto a colocação de um macromedidor de vazão do tipo eletromagnético na chegada da adutora de água bruta. Terá como objetivo controlar a produção do Sistema Hermínio Ometto, o índice de perdas físicas de água no sistema de distribuição e o índice de perdas de faturamento.

O medidor eletromagnético tem as seguintes características:

a) Exatidão até ± 1% do valor medido;
b) Baixo índice de manutenção;
c) Recomendado para grandes volumes/vazões;
d) Perda de carga quase desprezível.

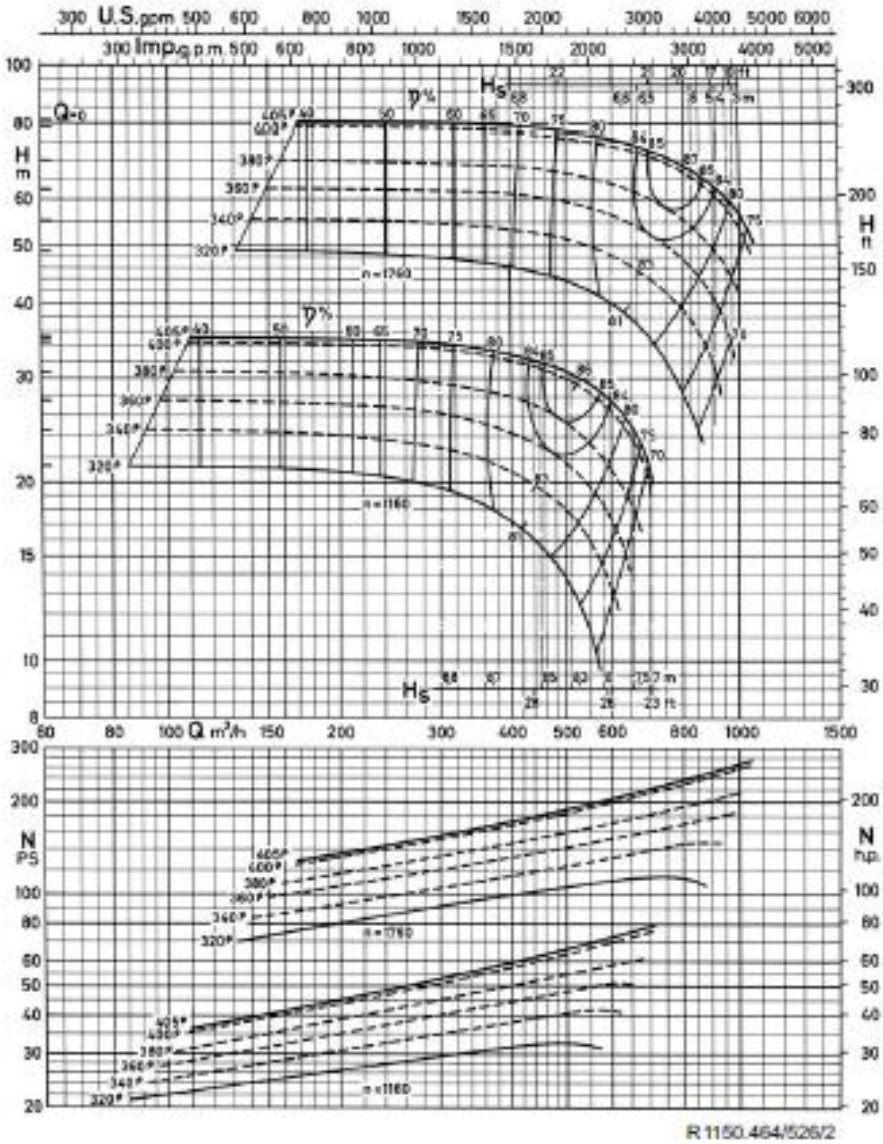
ANEXO I – CURVA CARACTERÍSTICA

BOMBA KSB – ETA – 200 – 40 (1.760 RPM)

Bomba Tipo / Pump Type / Tipo de Bomba: KSB ETA	Tamanho / Size / Tamaño: 200-40	KSB
Oferta nº / Project - No. / Oferta - nº	Item nº / Item - No. / Pos - nº	Velocidade Nominal / Nom. Rotative Speed / Velocidad Nominal: 1760 rpm / 1160 rpm

Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica

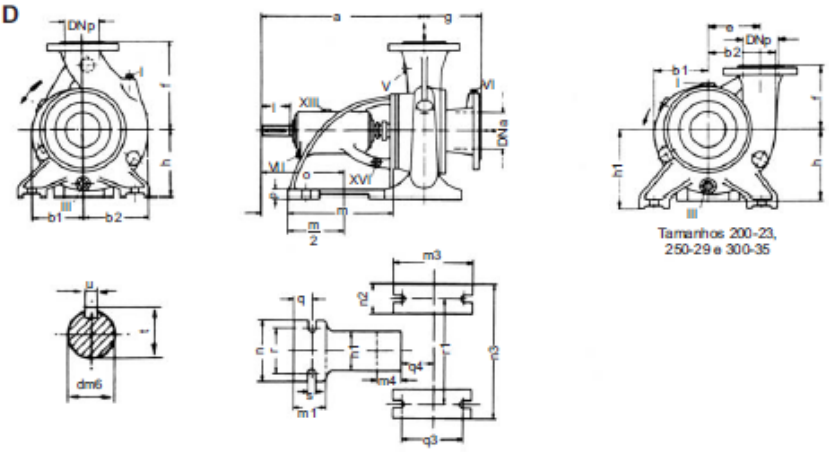
Potência Necessária
Shaft Power
Potencia Necesaria



ANEXO II – DIMENSIONAIS DA BOMBA

BOMBA KSB – ETA – 200 – 40 (1.760 RPM)

10.3 Suportes C e D



Medidas em mm

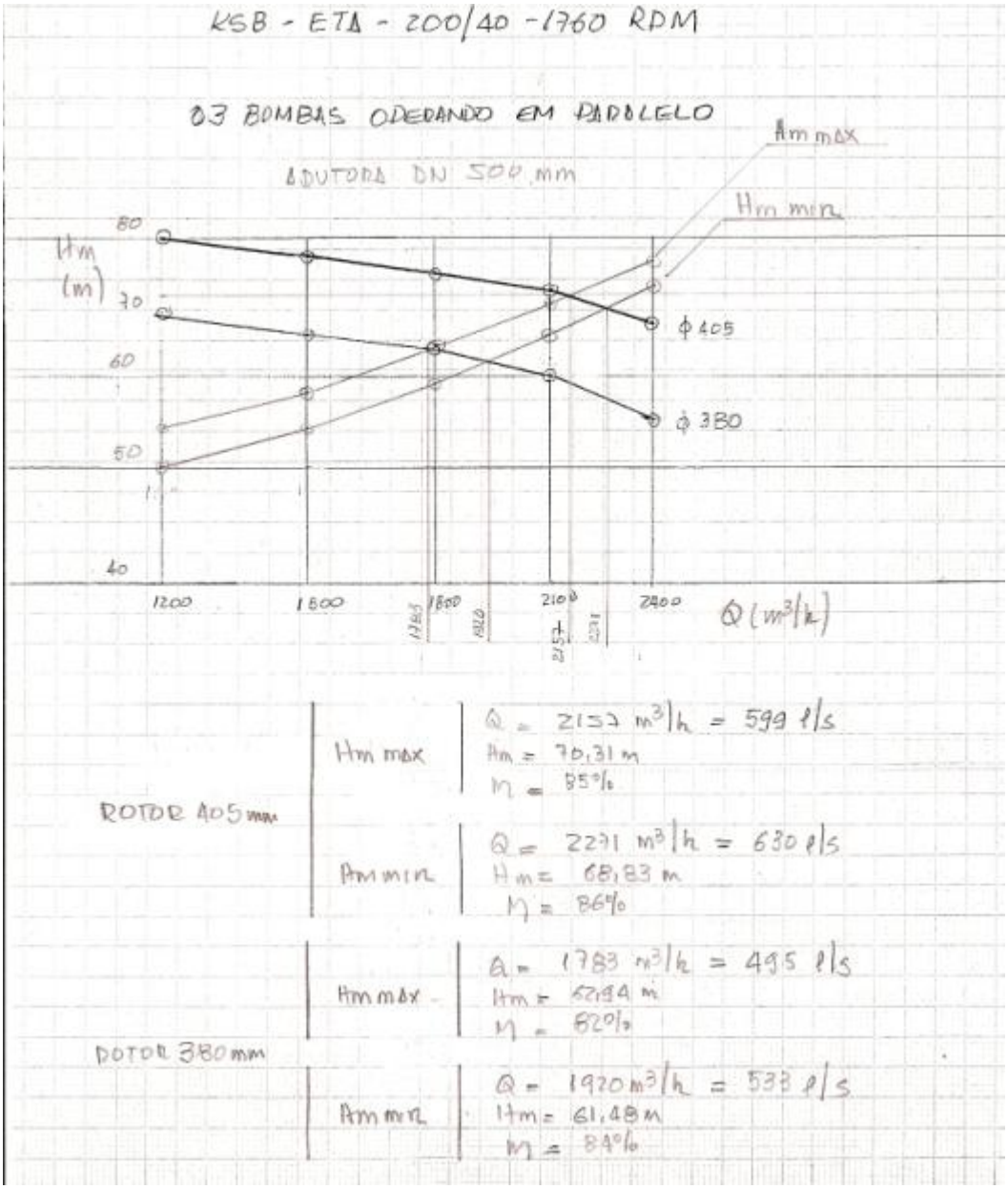
MODELO	SUPORTE	MEDIDAS DAS BOMBAS																							
		a	b_1	b_2	e	f	g	h	h_1	m	m_1	m_3	m_4	n	n_1	n_2	n_3	o	p	q	q_3	q_4	r	r_1	s	w
100-40	C	624	255	275	–	400	155	300	300	445	105	250	80	250	160	140	580	306	22	60	190	96	210	440	22	83
100-50 (1)	C	624	255	275	–	400	230	300	300	445	105	250	80	250	160	140	580	306	22	60	190	96	210	440	22	83
125-33	C	629	230	266	–	375	150	300	300	445	105	250	80	250	160	140	580	306	22	60	190	101	210	440	22	83
125-40	C	619	267	298	–	475	160	300	300	445	105	250	50	250	160	140	250	306	22	60	190	91	210	440	22	83
125-50 (1)	C	619	267	298	–	475	247	300	300	445	105	250	80	250	160	140	580	306	22	60	190	91	210	440	22	83
150-26	C	629	222	283	–	400	170	300	300	445	105	250	80	250	160	140	580	306	22	60	190	101	210	440	22	83
150-33	C	624	245	300	–	425	170	300	300	445	105	250	80	250	160	140	580	306	22	60	190	96	210	440	22	83
150-40	D	870	285	325	–	425	160	400	400	650	150	250	120	380	200	140	700	417	25	85	190	128	335	560	26	92
150-50	D	870	323	363	–	525	170	400	400	650	150	250	120	380	200	140	700	417	25	85	190	128	335	560	26	92
200-23	C	635	264	335	244	300	250	300	330	445	105	250	80	250	160	140	580	306	22	60	190	107	210	440	24	83
200-33	D	875	277	353	–	475	175	400	400	650	150	250	120	380	200	140	700	417	25	85	190	133	335	560	28	92
200-40	D	880	308	372	–	625	180	400	400	650	150	250	120	380	200	140	700	417	25	85	190	138	335	560	28	92
250-29	D	880	340	435	292	350	220	400	400	650	150	250	120	380	200	140	800	417	25	85	190	138	335	660	28	92
250-33	D	853	295	398	–	525	245	400	400	650	150	250	120	380	200	140	700	417	25	85	190	111	335	560	28	92
250-40	D	875	330	410	–	600	180	400	400	650	150	250	120	380	200	140	800	417	25	85	190	133	335	660	28	92
300-35	D	890	405	520	352	450	300	400	520	650	150	320	120	380	200	160	840	417	25	85	260	148	335	680	28	92

MODELO	SUPORTE	PONTA LIVRE DO EIXO				FLANGE DE SUCÇÃO (2)						FLANGE DE PRESSÃO (2)					
		Ø dm_6	l	u	t	DNa	Flange Ø externo	Centro de Furos Ø	Anel de Encosto Ø	Parafusos		DNp	Flange Ø externo	Centro de Furos Ø	Anel de Encosto Ø	Parafusos	
										Qtde.	Furos Ø					Qtde.	Furos Ø
100-40	C	42	105	12	45,1	125	250	210	188	8	18	100	220	180	158	8	18
100-50 (1)	C	42	105	12	45,1	125	250	210	188	8	18	100	220	180	158	8	18
125-33	C	42	105	12	45,1	150	285	240	212	8	23	125	250	210	188	8	18
125-40	C	42	105	12	45,1	150	285	240	212	8	23	125	250	210	188	8	18
125-50 (1)	C	42	105	12	45,1	150	285	240	212	8	23	125	250	210	188	8	18
150-26	C	42	105	12	45,1	200	340	295	268	8	23	150	285	240	212	8	23
150-33	C	42	105	12	45,1	200	340	295	268	8	23	150	285	240	212	8	23
150-40	D	50	135	14	53,5	200	340	295	268	8	23	150	285	240	212	8	23
150-50	D	50	135	14	53,5	200	340	295	268	8	23	150	285	240	212	8	23
200-23	C	42	105	12	45,1	200	340	295	268	8	23	200	340	295	268	8	23
200-33	D	50	135	14	53,5	250	395	350	320	12	23	200	340	295	268	8	23
200-40	D	50	135	14	53,5	250	395	350	320	12	23	200	340	295	268	8	23
250-29	D	50	135	14	53,5	250	395	350	320	12	23	250	395	350	320	12	23
250-33	D	50	135	14	53,5	300	445	400	370	12	23	250	395	350	320	12	23
250-40	D	50	135	14	53,5	300	445	400	370	12	23	250	395	350	320	12	23
300-35	D	50	135	14	53,5	300	445	400	370	12	23	300	445	400	370	12	23

CONEXÕES						
Previsto para		Ø	Previsto para			Ø
I - Funil de enchimento, escape de ar	Modelos 100-40 até 125-50	1/2"	VII - Escoamento do óleo			3/8"
	Modelos 150-26 até 300-35	3/4"	XIII - Preenchimento para o óleo			3/8"
III - Escoamento	Modelos 100-40 até 125-50	1/2"				3/8"
	Modelos 150-26 até 300-35	3/4"	XVI - Escoamento de água gotejante		Suporte C	3/4"
V - Manômetro		1/2"			Suporte D	1"
VI - Vacuômetro		1/2"				

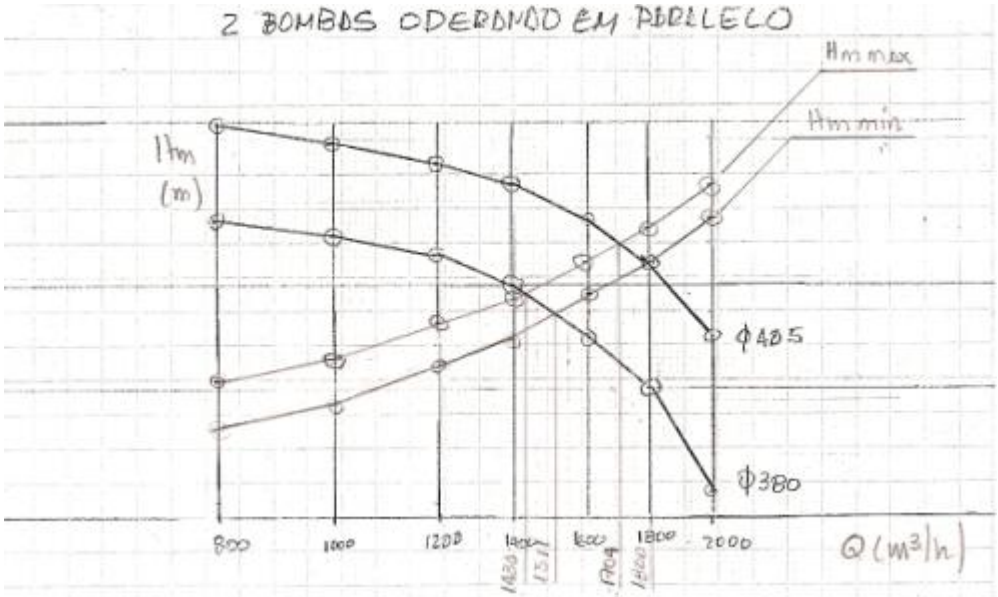
ANEXO III – CURVA BOMBA X CURVA SISTEMA

PONTOS DE OPERAÇÃO (DN 500 – 3 CONJUNTOS EM PARALELO)



ANEXO IV – CURVA BOMBA X CURVA SISTEMA

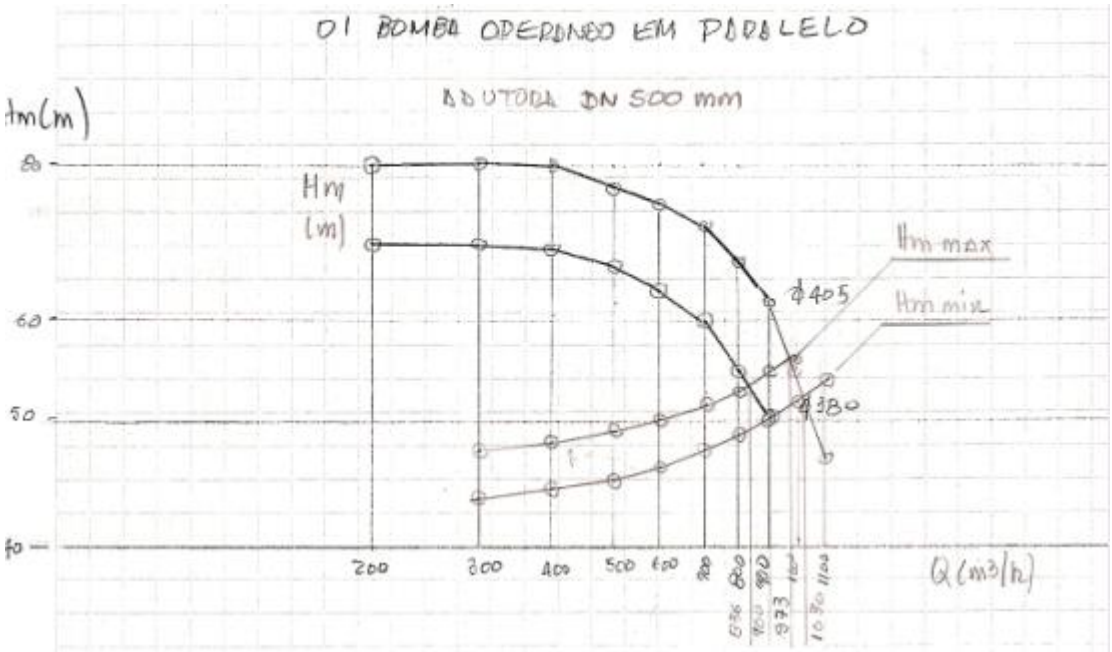
PONTOS DE OPERAÇÃO (DN 500 – 2 CONJUNTOS EM PARALELO)



ROTOR 405 mm	Hm max	Q = 1704 m³/h = 473 l/s Hm = 64,50 m η = 85%
	Hm min	Q = 1800 m³/h = 500 l/s Hm = 62,52 m η = 84%
ROTOR 380 mm	Hm max	Q = 1430 m³/h = 397 l/s Hm = 59,34 m η = 84%
	Hm min	Q = 1511 m³/h = 420 l/s Hm = 56,77 m η = 84%

ANEXO V – CURVA BOMBA X CURVA SISTEMA

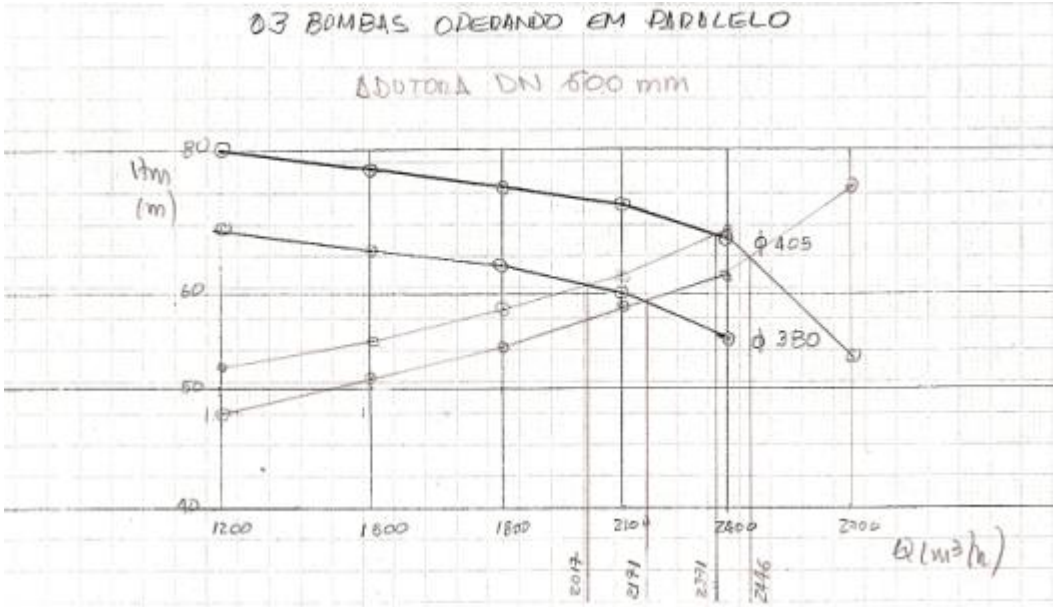
PONTOS DE OPERAÇÃO (DN 500 – 1 CONJUNTO)



ROTOR Ø405 mm	Hm max	Q = 973 m³/h = 270 l/s Hm = 55,76 m η = 72%
	Hm min	Q = 1030 m³/h = 286 l/s Hm = 52,81 m η = 74%
ROTOR Ø380 mm	Hm max	Q = 836 m³/h = 232 l/s Hm = 53,48 m η = 84%
	Hm min	Q = 900 m³/h = 250 l/s Hm = 50,50 m η = 80%

ANEXO VI – CURVA BOMBA X CURVA SISTEMA

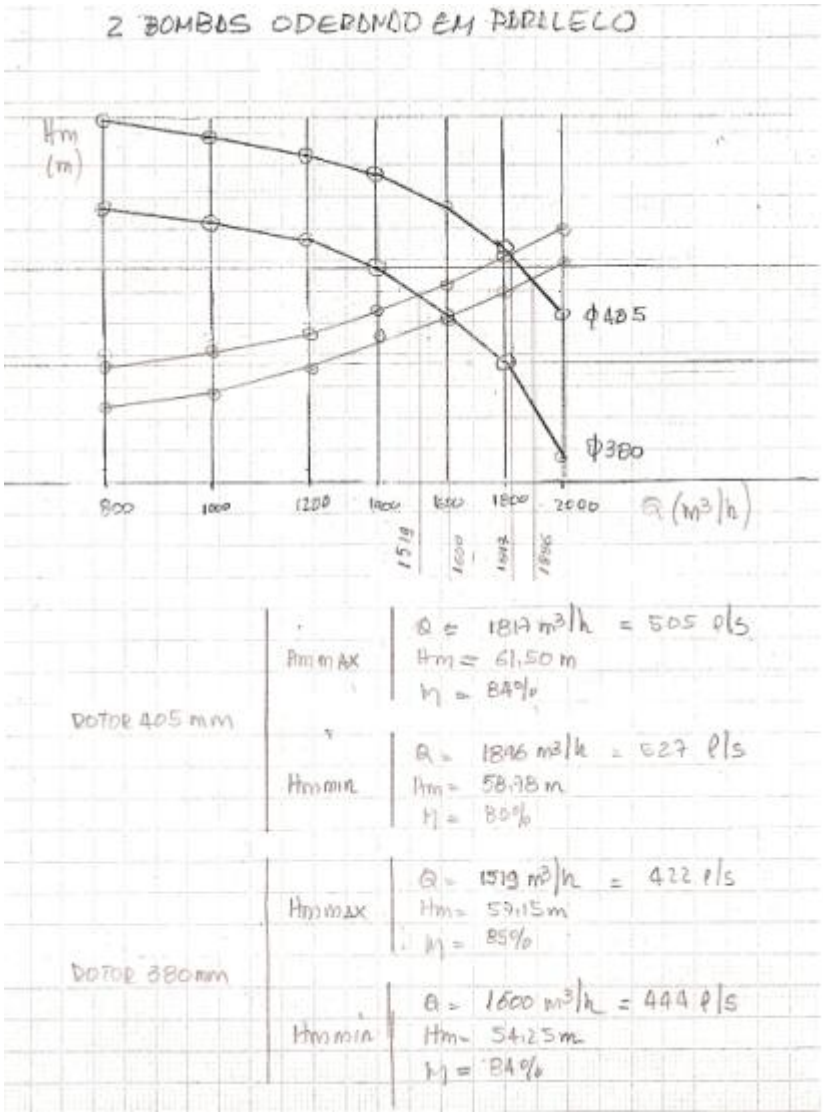
PONTOS DE OPERAÇÃO (DN 600 – 3 CONJUNTOS EM PARALELO)

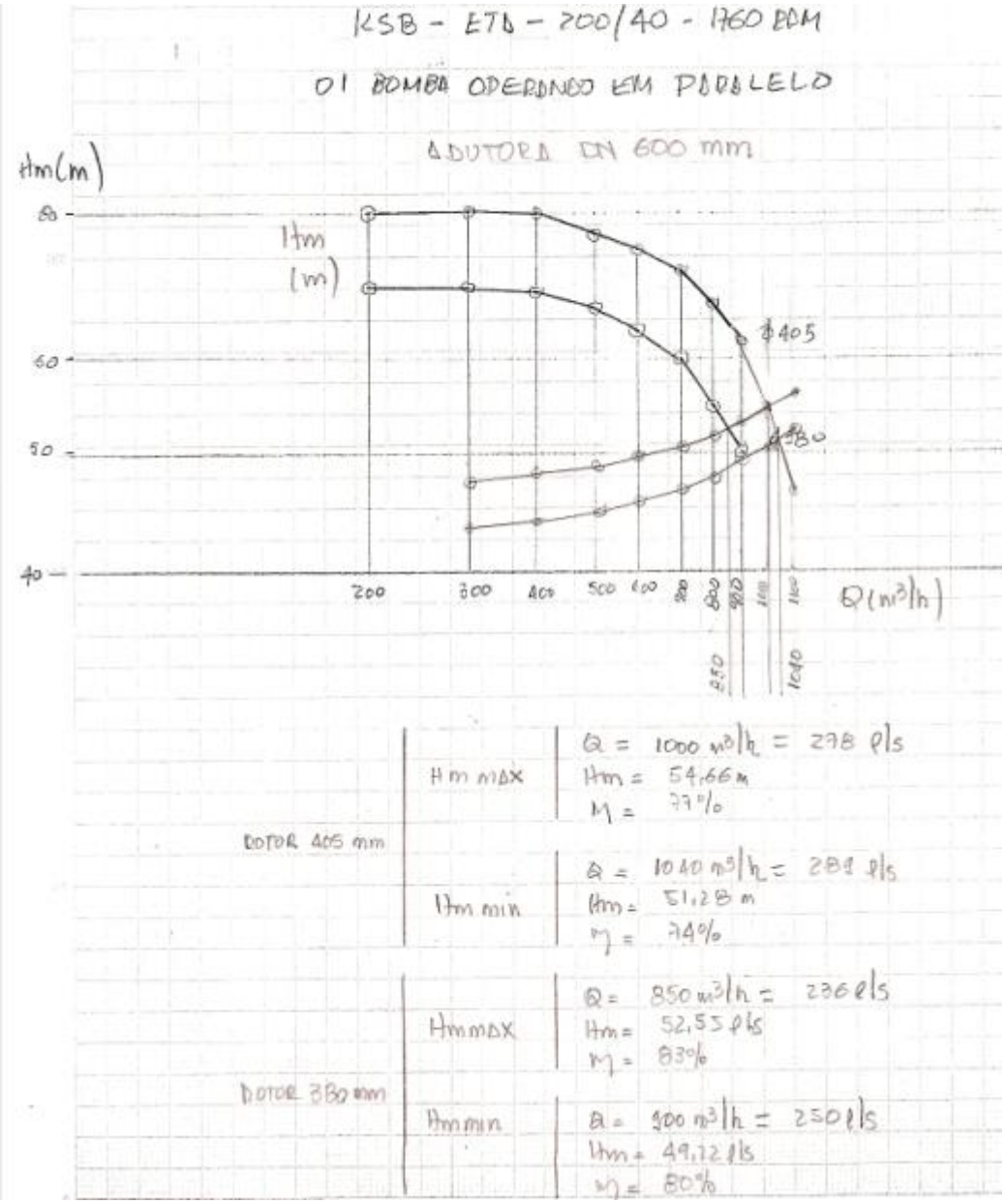


ROTOR 405 mm	Hm máx	Q = 2371 m³/h = 659 l/s Hm = 66.80 m η = 86%
	Hm mín	Q = 2446 m³/h = 679 l/s Hm = 64,06 m η = 85%
ROTOR 380 mm	Hm máx	Q = 2017 m³/h = 560 l/s Hm = 61.34 m η = 84%
	Hm mín	Q = 2171 m³/h = 603 l/s Hm = 59,60 m η = 85%

ANEXO VII – CURVA BOMBA X CURVA SISTEMA

PONTOS DE OPERAÇÃO (DN 600 – 2 CONJUNTOS EM PARALELO)



ANEXO VIII – CURVA BOMBA X CURVA SISTEMA

PONTOS DE OPERAÇÃO (DN 600 – 1CONJUNTO)