

**PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS NA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA****Descrição das Perdas de Carga**

Segue a listagem das peças e conexões nos barriletes de sucção e de recalque da Estação Elevatória. Os coeficientes correspondentes a cada conexão estão agrupados por barrilete.

As perdas de carga serão referidas à carga de velocidade do escoamento na adutora. Na compatibilização dos coeficientes de perda de carga, os ajustes foram feitos em função da segunda potência da razão das vazões e da quarta potência da razão dos diâmetros.

Considerando abordagem conservativa, admitiu-se que as bombas consideradas em operação foram as mais afastadas em relação à saída do barrilete de recalque.

Diâmetros das Tubulações

Tubulação do barrilete de interligação das tubulações de sucção	D_{s2} (mm)	505,00
Tubulação na sucção das bombas	D_{s3} (mm)	505,00
Tubulação no recalque das bombas	D_{r1} (mm)	403,80
Tubulação do barrilete de interligação das tubulações de recalque	D_{r2} (mm)	403,80
Tubulação de interligação - barrilete de recalque ao início da adutora	D_{r3} (mm)	403,80
Tubulação da adutora	D_a (mm)	403,80

Coeficientes de Perda de Carga**Peças****Coef. K****Quant.**Condição para Uma Bomba Operando

Barrilete de Interligação das Tubulações de Sucção de cada Bomba	K_{s2}	0,38
Tubulação na Sucção de cada Bomba	K_{s3}	0,45
Tubulação no Recalque de cada Bomba	K_{r1}	3,44
Barrilete de Interligação das Tubulações de Recalque de cada Bomba	K_{r2}	1,19
Interligação da Saída do Barrilete de Recalque até o Início da Adutora	K_{r3}	0,90
Coef. de Perda de Carga - Barr. de Sucção - Uma Bomba Operando	K_{s1BB}	0,84
Coef. de Perda de Carga - Barr. de Recalque - Uma Bomba Operando	K_{r1BB}	5,53

Barrilete de Interligação das Tubulações de Sucção de cada Bomba

Barrilete de interligação, 1 bomba operando	$K_{s2/1} =$	0,94	1	0,94
---	--------------	------	---	------

Tubulação na Sucção de cada Bomba

Curva 90°	$K_{C90} =$	0,40	1	0,40
Válvula Borboleta	$K_{VBL} =$	0,50	1	0,50
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
Tubulação de Sucção (L = 3,0 m)	$K_{TUB} =$	0,12	1	0,12
Redução Gradual (D1/D2=505/456=1,11)	$K_{RDG} =$	0,04	1	0,04
	K_{s3} (soma)			1,11



AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR

HITA

EEAPT - Recalque para os Filtros

RESP.: C. Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-01

Tubulação no Recalque de cada Bomba

Ampliação Gradual (D1/D2=355/403,8=0,88)	$K_{RDG} =$	0,04	1	0,04
Válvula de Retenção - Fechamento Rápido	$K_{VRR} =$	2,50	1	2,50
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
Válvula Borboleta	$K_{VBL} =$	0,50	1	0,50
Curva 45°	$K_{C45} =$	0,20	1	0,20
Tubulação de Recalque (L = 3,0 m)	$K_{TUB} =$	0,15	1	0,15
	K_{r_1} (soma)			3,44

Barrilete de Interligação das Tubulações de Recalque de cada Bomba

Barrilete de interligação, 1 bomba operando	$K_{r_{2/1}} =$	1,19	1	1,19
---	-----------------	------	---	------

Interligação da Saída do Barrilete de Recalque até o Início da Adutora

Curva 90°	$K_{C90} =$	0,40	1	0,40
Curva 45°	$K_{C45} =$	0,20	1	0,20
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
Estrutura de Medição e Controle de Vazão	$K_{EMC} =$	0,20	1	0,20
Tubulação de Interligação (L = 1,0 m)	$K_{TUB} =$	0,05	1	0,05
	K_{r_3} (soma)			0,90

**Estudo das Interligações das Tubulações de Sucção com o Barrilete de Sucção (Blevins)**

Neste estudo, todos os coeficientes de perda de carga são relativos à carga de velocidade na saída do barrilete de interligação das tubulações de recalque das bombas.

As variações de perda de carga em cada interligação serão compensadas por pequenas variações de vazão nas bombas e, conseqüentemente, por pequenas variações de perda de carga nas tubulações de recalque das bombas. Desta maneira, e para efeito de cálculo das perdas de carga totais no barrilete, poderá ser adotado o valor médio do coeficiente relativo a cada bomba, para cada condição de operação.

Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba	0,94
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bomba	0,94

Operando com Uma Bomba*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Sucção*

Tê de Saída Lateral (na saída lateral)	$K_{TSL/L} =$	0,70		1		0,70
Tê de Saída Lateral (na passagem direta)	$K_{TSL/D} =$	0,37		1		0,37
Tubulação do Barrilete (L = 3,0 m)	$K_{TUB} =$	0,12		1		0,12

Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Sucção

Tê de Saída Lateral (na passagem direta)	$K_{TSL/D} =$	0,00		1		0,00
Tubulação do Barrilete (L = 3,0 m)	$K_{TUB} =$	0,12		1		0,12

Estudo das Interligações das Tubulações de Sucção com o Barrilete de Sucção (A. Netto)

Neste estudo, todos os coeficientes de perda de carga são relativos à carga de velocidade na saída do barrilete de interligação das tubulações de recalque das bombas.

As variações de perda de carga em cada interligação serão compensadas por pequenas variações de vazão nas bombas e, conseqüentemente, por pequenas variações de perda de carga nas tubulações de recalque das bombas. Desta maneira, e para efeito de cálculo das perdas de carga totais no barrilete, poderá ser adotado o valor médio do coeficiente relativo a cada bomba, para cada condição de operação.

Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba	1,60
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bomba	1,60

Operando com Uma Bomba*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Saída Lateral (na saída lateral)	$K_{TSL/L} =$	1,30		1		1,30
Tê de Saída Lateral (na passagem direta)	$K_{TSL/D} =$	0,23		1		0,23
Tubulação do Barrilete (L = 3,0 m)	$K_{TUB} =$	0,15		1		0,15

Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Recalque

Tê de Saída Lateral (na passagem direta)	$K_{TSL/D} =$	0,00		1		0,00
Tubulação do Barrilete (L = 03 m)	$K_{TUB} =$	0,15		1		0,15

**Estudo das Interligações das Tubulações de Recalque com o Barrilete de Recalque (Blevins)**

Neste estudo, todos os coeficientes de perda de carga são relativos à carga de velocidade na saída do barrilete de interligação das tubulações de recalque das bombas.

As variações de perda de carga em cada interligação serão compensadas por pequenas variações de vazão nas bombas e, conseqüentemente, por pequenas variações de perda de carga nas tubulações de recalque das bombas. Desta maneira, e para efeito de cálculo das perdas de carga totais no barrilete, poderá ser adotado o valor médio do coeficiente relativo a cada bomba, para cada condição de operação.

Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba	1,19
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bomba	1,19

Operando com Uma Bomba*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na entrada lateral)	$K_{TEL/L} =$	0,69	1	0,69
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D} =$	0,10	1	0,10
Tubulação do Barrilete (L = 4,0 m)	$K_{TUB} =$	0,20	1	0,20

Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Recalque

Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D} =$	0,10	1	0,10
Tubulação do Barrilete (L = 04 m)	$K_{TUB} =$	0,20	1	0,20

Estudo das Interligações das Tubulações de Recalque com o Barrilete de Recalque (A. Netto)

Neste estudo, todos os coeficientes de perda de carga são relativos à carga de velocidade na saída do barrilete de interligação das tubulações de recalque das bombas.

As variações de perda de carga em cada interligação serão compensadas por pequenas variações de vazão nas bombas e, conseqüentemente, por pequenas variações de perda de carga nas tubulações de recalque das bombas. Desta maneira, e para efeito de cálculo das perdas de carga totais no barrilete, poderá ser adotado o valor médio do coeficiente relativo a cada bomba, para cada condição de operação.

Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba	1,24
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bomba	1,24

Operando com Uma Bomba*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na entrada lateral)	$K_{TEL/L} =$	0,90	1	0,90
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D} =$	0,60	1	0,60
Tubulação do Barrilete (L = 3,0 m)	$K_{TUB} =$	0,15	1	0,15

Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Recalque

Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D} =$	0,04	1	0,04
Tubulação do Barrilete (L = 03 m)	$K_{TUB} =$	0,15	1	0,15

**PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS NOS TRECHOS DE ADUTORA****Definição das Perdas de Carga**

Segue a listagem das peças e conexões nos trechos de adutora.

As perdas de carga serão referidas à carga de velocidade no trecho de adutora que se segue ao recalque, modificando-se os coeficientes em função da quarta potência da razão dos diâmetros.

Coeficientes de Perda de Carga	Peças	Coef. K	Quant.	ΣK
<u>Primeiro Trecho de Adutora</u>				
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
	Ka₁ (soma)			0,05
<u>Segundo Trecho de Adutora</u>				
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
	Ka₂ (soma)			0,05
<u>Terceiro Trecho de Adutora</u>				
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
	Ka₃ (soma)			0,05
<u>Quarto Trecho de Adutora</u>				
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
	Ka₄ (soma)			0,05
<u>Quinto Trecho de Adutora</u>				
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
Curva 90°	$K_{C90} =$	0,40	1	0,40
Saida Direta	$K_{SDR} =$	1,00	1	1,00
	Ka₅ (soma)			1,45

**CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS EXISTENTES NA EEAT****Parâmetros Descritivos dos Conjuntos Motor-Bomba**

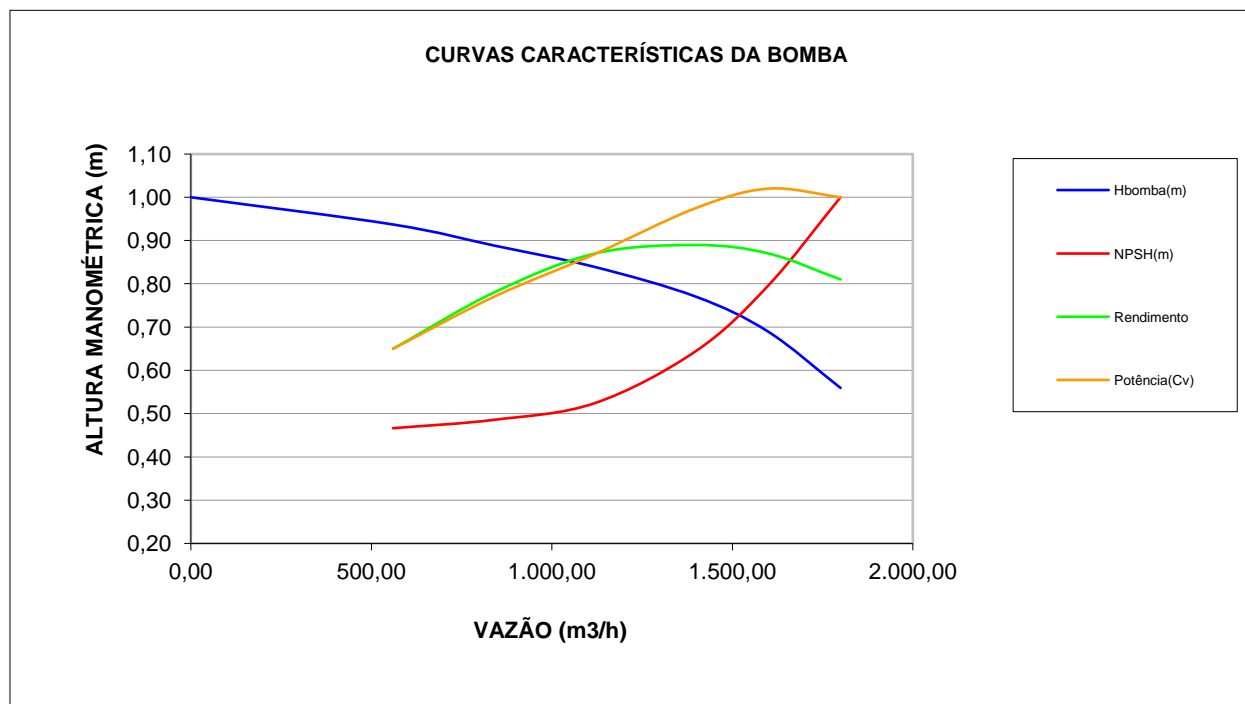
Segue a descrição dos conjuntos motor-bomba considerados na memória de cálculo. Bomba de eixo horizontal, tipo bi-partida, Marca Flowserve, Modelo 14LN17, com rotor de 17,5" (444,5mm), e com rotação nominal de 880rpm.

Flange da Sucção da Bomba (ANSI RF - 150 LBS)	DN 450
Flange da Descarga da Bomba (ANSI RF - 150 LBS)	DN 350
Potência Nominal do Motor (Cv)	125
Rotação Nominal (rpm)	880
Rendimento no ponto de trabalho	89%
Inércia do conjunto girante ($GD^2/4$)(Aproximação - $165 \times (P/N)^{1,435}$)	10,03
Diâmetro do rotor (mm)	444,50
Velocidade periférica para a rotação nominal (m/s)	20,48
Rotação máxima considerada (rpm)	880
Velocidade periférica para a rotação máxima considerada (m/s)	20,48

Curvas Características

Ponto	Q (m ³ /h)	Hbomba(m)	NPSH(m)	Rendimento	Potência(Cv)
Shut-Off	0,00	25,40			
Qmin	560,00	23,80	2,40	65,0%	74,90
Q2	840,00	22,56	2,50	78,0%	88,76
Q3	1.120,00	21,30	2,70	87,0%	100,16
Qótm	1.400,00	19,56	3,32	89,0%	112,42
Q5	1.600,00	17,50	4,10	87,0%	117,56
Qmax	1.800,00	14,20	5,15	81,0%	115,27

Qmin = 40% de Qotm; Qotm=vazão no ponto de maior rendimento; Qmax=fim da curva do fornecedor



**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR****EEAPT - Recalque para os Filtros**

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

PERDAS DE CARGA NO RECALQUE E NA ADUTORA**Descrição**

As perdas de carga na estação elevatória, e em cada trecho de adutora, serão calculados considerando-se vazões crescentes. Esses valores serão somados para obter a curva do sistema (carga necessária). O ajuste da vazão em cada trecho será feito de maneira proporcional à vazão do trecho base.

Parâmetros do SistemaVazão de Projeto em Cada Trecho da Adutora

Vazão de Projeto do Primeiro Trecho de Adutora	Qa ₁ (l/s)	394,74
Vazão de Projeto do Segundo Trecho de Adutora	Qa ₂ (l/s)	394,74
Vazão de Projeto do Terceiro Trecho de adutora	Qa ₃ (l/s)	394,74
Vazão de Projeto do Quarto Trecho de adutora	Qa ₄ (l/s)	394,74
Vazão de Projeto do Quinto Trecho de adutora	Qa ₅ (l/s)	394,74

Extensão de Cada Trecho da Adutora

Extensão do Primeiro Trecho de Adutora	La ₁ (m)	8,00
Extensão do Segundo Trecho de Adutora	La ₂ (m)	8,00
Extensão do Terceiro Trecho de adutora	La ₃ (m)	6,00
Extensão do Quarto Trecho de adutora	La ₄ (m)	6,00
Extensão do Quinto Trecho de adutora	La ₅ (m)	6,00

Cota Topográfica no Final de cada Trecho da Adutora

CT no final do Primeiro Trecho de Adutora	La ₁ (m)	6,50
CT no final do Segundo Trecho de Adutora	La ₂ (m)	6,50
CT no final do Terceiro Trecho de adutora	La ₃ (m)	6,50
CT no final do Quarto Trecho de adutora	La ₄ (m)	6,50
CT no final do Quinto Trecho de adutora	La ₅ (m)	12,50

Tubulação em Cada Trecho da Adutora

		DI Novo	DI Equival.
Primeiro Trecho	Tubulação de Ferro Fundido DI _{T1} (mm)	403,80	403,80
Segundo Trecho	Tubulação de Ferro Fundido DI _{T2} (mm)	403,80	403,80
Terceiro Trecho	Tubulação de Ferro Fundido DI _{T3} (mm)	403,80	403,80
Quarto Trecho	Tubulação de Ferro Fundido DI _{T4} (mm)	403,80	403,80
Quinto Trecho	Tubulação de Ferro Fundido DI _{T5} (mm)	403,80	403,80

Cotas e Extensões Relevantes da Adutora

Cota do NA mínimo no poço de sucção	H ₁ min (m)	6,50
Cota do NA médio no poço de sucção	H ₁ med (m)	9,00
Cota do NA máximo no poço de sucção	H ₁ max (m)	11,50
Cota do eixo das bombas da EE	NE _{bEE} (m)	6,00
Extensão até a EE	L _{EE} (m)	0,00
Carga máxima na estaca final da tubulação	H ₂ max (m)	12,50
Extensão Total da Adutora	La (m)	34,00
Cota do Terreno em Ponto Crítico Intermediário	H _{Cl} max (m)	12,50
Extensão até Ponto Crítico Intermediário	La _{Cl} (m)	34,00

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR****EEAPT - Recalque para os Filtros**

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

Perdas de Carga Relevantes para as Vazões de Projeto

Perdas de carga distribuídas na adutora - totais	Hf _{FI} (m)	0,70
Perdas de carga localizadas na adutora - totais	Hl _{FI} (m)	0,80
Perdas de carga distribuídas na adutora a montante da EE	Hfa _S (m)	0,00
Perdas de carga localizadas na adutora a montante da EE	Hla _S (m)	0,00
Perda de carga no barrilete de sucção da EE para a vazão de projeto	Hl _{EEs} (m)	0,41
Perda de carga no barrilete de recalque da EE para a vazão de projeto	Hl _{EEr} (m)	2,68
Perdas de carga distribuídas na adutora a jusante da EE	Hfa _R (m)	0,70
Perdas de carga localizadas na adutora a jusante da EE	Hla _R (m)	0,80
Perdas de carga distribuídas na adutora até o ponto alto intermediário	Hf _{PC} (m)	0,70
Perdas de carga localizadas na adutora até o ponto alto intermediário	Hl _{PC} (m)	0,80

Determinação das Curvas do Sistema

As curvas do sistema incluirão a altura geométrica, as perdas nos barriletes, as perdas distribuídas, e as perdas localizadas ao longo da adutora.

$$H_{sis} = H_g + H_f + (K_s + K_r + K_a) \times V^2/2g = H_G + H_L$$

Altura Geométrica para Seleção das Bombas

Altura geométrica máxima até o final da adutora	HG _{max} (m)	6,00
Altura geométrica média até o final da adutora	HG _{med} (m)	3,50
Altura geométrica mínima até o final da adutora	HG _{min} (m)	1,00
Altura geométrica no final da adutora para seleção das bombas	HG _{prfa} (m)	6,00
Altura geométrica diferencial do ponto crítico ao final da adutora (H _{C1} - H ₂)	HG _{dif} (m)	0,00
Altura geométrica de projeto no ponto crítico intermediário	HG _{prpc} (m)	6,00

Vazões de Referência para as Curvas do Sistema

Vazão de projeto - trecho base, estação elevatória	Q _{TB} (l/s)	394,74
Vazão mínima recomendada para um conjunto motor-bomba	Q _{min} (m ³ /h)	560,00
Faixa máxima considerada para a vazão total	Q _{max} (m ³ /h)	1.800,00



AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR

HITA

EEAPT - Recalque para os Filtros

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

Valores para a vazão de Projeto

Q (m ³ /h)	HG _{pro} (m)	HL (m)	H _f (m)	HS _{máx} (m)	HS _{pro} (m)	HS _{min} (m)
1.421,06	6,00	3,88	0,70	10,58	8,08	5,58

Curvas do Sistema para Uma Bomba Operando

Q (m ³ /h)	HG _{pro} (m)	HL (m)	H _f (m)	HS _{máx1B} (m)	HS _{pro1B} (m)	HS _{min1B} (m)
0,00	6,00	0,00	0,00	6,00	3,50	1,00
560,00	6,00	0,60	2,43	9,04	6,54	4,04
655,38	6,00	0,83	3,02	9,84	7,34	4,84
750,77	6,00	1,08	3,65	10,74	8,24	5,74
846,15	6,00	1,38	4,33	11,71	9,21	6,71
941,54	6,00	1,70	5,07	12,77	10,27	7,77
1.036,92	6,00	2,07	5,85	13,92	11,42	8,92
1.132,31	6,00	2,47	6,68	15,15	12,65	10,15
1.227,69	6,00	2,90	7,56	16,46	13,96	11,46
1.323,08	6,00	3,37	8,49	17,86	15,36	12,86
1.418,46	6,00	3,87	9,47	19,34	16,84	14,34
1.513,85	6,00	4,41	10,50	20,91	18,41	15,91
1.609,23	6,00	4,98	11,58	22,56	20,06	17,56
1.704,62	6,00	5,59	12,70	24,29	21,79	19,29
1.800,00	6,00	6,23	13,88	26,11	23,61	21,11

**Verificação das Perdas de Carga Localizadas nas Estações Elevatórias**Parâmetros da Estação Elevatória

A estação elevatória ficará localizada no primeiro trecho

Vazão de projeto da estação elevatória convencional	Q_{EE} (l/s)	394,74
Diâmetro interno da tubulação da adutora na saída da EE	DI (mm)	403,80
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Velocidade do escoamento	V (m/s)	3,08
Coef. de perda de carga na sucção da EE - uma bomba operando	K_{SE1BB}	0,84
Coef. de perda de carga no recalque da EE - uma bomba operando	K_{RE1BB}	5,53
Perda de carga na sucção da EE - uma bomba operando	HL_{SE} (m)	0,41
Perda de carga no recalque da EE - uma bomba operando	HL_{RE} (m)	2,68

Perdas de Carga Localizadas na Estação Elevatória

Q_a (m ³ /h)	V_a (m/s)	HL_{1BB} (m)
0,00	0,00	0,00
560,00	1,21	0,48
655,38	1,42	0,66
750,77	1,63	0,86
846,15	1,84	1,09
941,54	2,04	1,35
1.036,92	2,25	1,64
1.132,31	2,46	1,96
1.227,69	2,66	2,30
1.323,08	2,87	2,67
1.418,46	3,08	3,07
1.513,85	3,28	3,50
1.609,23	3,49	3,96
1.704,62	3,70	4,44
1.800,00	3,90	4,95

Valores para a vazão de Projeto

Q (m ³ /h)	V (m/s)	HL_{1BB} (m)
1.421,06	3,08	3,08

Verificação das Perdas de Carga nos Trechos da Adutora

A perda de carga distribuída será calculada pela Fórmula Universal

$$H_f = f \times L \times V^2 / (2g \times DN)$$

Para o fator de fricção será utilizada aproximação numérica da fórmula de Colebrook desenvolvida por SWAMEE e JAIN

$$\text{Fator de Fricção, } f = 1,325 / [\ln(k / 3,7 D + 5,74/R^{0,9})]^2$$

Viscosidade da água (25 °C)	μ (N.s/m ²)	8,904E-04
Peso específico da água	γ (N/m ³)	9.777,60
Viscosidade cinemática da água (25 °C)	ν (mm ² /s)	8,930E-01



AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR

HITA

EEAPT - Recalque para os Filtros

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

Primeiro Trecho

Tubulação de Ferro Fundido

		Tubo Equiv.
Diâmetro interno da tubulação	DI (mm)	403,80
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Rugosidade relativa	k / DN	0,00050

Vazão e Perdas de Carga Distribuídas no Trecho

Vazão de projeto	Q (l/s)	394,74
Velocidade do escoamento	V (m/s)	3,08
Número de Reynolds	R	1.393.809,70
Fator de fricção	f	0,0171
Perda de carga unitária	J (m/km)	20,52
Extensão da adutora para dimensionamento do escoamento	La (m)	8,00
Perda de carga distribuída para dimensionamento do escoamento	Hfa (m)	0,16
Coefficiente de perda de carga localizada neste trecho de adutora	Ka ₁	0,05
Perda de carga localizada para a vazão de projeto	Hla ₁ (m)	0,02
Perda de carga total para a vazão de projeto	HLa ₁ (m)	0,19

Perdas de Carga Distribuídas no Primeiro Trecho da Adutora

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₁ (m)	Hf (m)
0,00	0,00	0,00	0,0000	0,000	0,00	0,000
560,00	1,21	549.259,87	0,0177	3,289	0,00	0,026
655,38	1,42	642.815,12	0,0175	4,473	0,01	0,036
750,77	1,63	736.370,38	0,0174	5,838	0,01	0,047
846,15	1,84	829.925,63	0,0174	7,384	0,01	0,059
941,54	2,04	923.480,88	0,0173	9,110	0,01	0,073
1.036,92	2,25	1.017.036,14	0,0173	11,017	0,01	0,088
1.132,31	2,46	1.110.591,39	0,0172	13,104	0,02	0,105
1.227,69	2,66	1.204.146,64	0,0172	15,371	0,02	0,123
1.323,08	2,87	1.297.701,90	0,0171	17,819	0,02	0,143
1.418,46	3,08	1.391.257,15	0,0171	20,447	0,02	0,164
1.513,85	3,28	1.484.812,40	0,0171	23,256	0,03	0,186
1.609,23	3,49	1.578.367,65	0,0171	26,245	0,03	0,210
1.704,62	3,70	1.671.922,91	0,0170	29,414	0,03	0,235
1.800,00	3,90	1.765.478,16	0,0170	32,763	0,04	0,262

Valores para a vazão de Projeto

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₁ (m)	Hf (m)
1.421,06	3,08	1.393.809,70	0,0171	20,522	0,02	0,164



AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR

HITA

EEAPT - Recalque para os Filtros

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

Segundo Trecho

Tubulação de Ferro Fundido

		Tubo Equiv.
Diâmetro interno da tubulação	DI (mm)	403,80
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Rugosidade relativa	k / DN	0,00050

Vazão e Perdas de Carga Distribuídas no Trecho

Vazão de projeto	Q (l/s)	394,74
Velocidade do escoamento	V (m/s)	3,08
Número de Reynolds	R	1.393.809,70
Fator de fricção	f	0,0171
Perda de carga unitária	J (m/km)	20,52
Extensão da adutora para dimensionamento do escoamento	La (m)	8,00
Perda de carga distribuída para dimensionamento do escoamento	Hfa (m)	0,16
Coefficiente de perda de carga localizada neste trecho de adutora	Ka ₂	0,05
Perda de carga localizada para a vazão de projeto	Hla ₂ (m)	0,02
Perda de carga total para a vazão de projeto	HLa ₁ (m)	0,19

Perdas de Carga Distribuídas no Segundo Trecho da Adutora

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₂ (m)	Hf (m)
0,00	0,00	0,00	0,0000	0,000	0,00	0,000
560,00	1,21	549.259,87	0,0177	3,289	0,00	0,026
655,38	1,42	642.815,12	0,0175	4,473	0,01	0,036
750,77	1,63	736.370,38	0,0174	5,838	0,01	0,047
846,15	1,84	829.925,63	0,0174	7,384	0,01	0,059
941,54	2,04	923.480,88	0,0173	9,110	0,01	0,073
1.036,92	2,25	1.017.036,14	0,0173	11,017	0,01	0,088
1.132,31	2,46	1.110.591,39	0,0172	13,104	0,02	0,105
1.227,69	2,66	1.204.146,64	0,0172	15,371	0,02	0,123
1.323,08	2,87	1.297.701,90	0,0171	17,819	0,02	0,143
1.418,46	3,08	1.391.257,15	0,0171	20,447	0,02	0,164
1.513,85	3,28	1.484.812,40	0,0171	23,256	0,03	0,186
1.609,23	3,49	1.578.367,65	0,0171	26,245	0,03	0,210
1.704,62	3,70	1.671.922,91	0,0170	29,414	0,03	0,235
1.800,00	3,90	1.765.478,16	0,0170	32,763	0,04	0,262

Valores para a vazão de Projeto

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₁ (m)	Hf (m)
1.421,06	3,08	1.393.809,70	0,0171	20,522	0,02	0,164



AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR

HITA

EEAPT - Recalque para os Filtros

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

Terceiro Trecho

Tubulação de Ferro Fundido

		Tubo Equiv.
Diâmetro interno da tubulação	DI (mm)	403,80
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Rugosidade relativa	k / DN	0,00050

Vazão e Perdas de Carga Distribuídas no Trecho

Vazão de projeto	Q (l/s)	394,74
Velocidade do escoamento	V (m/s)	3,08
Número de Reynolds	R	1.393.809,70
Fator de fricção	f	0,0171
Perda de carga unitária	J (m/km)	20,52
Extensão da adutora para dimensionamento do escoamento	La (m)	6,00
Perda de carga distribuída para dimensionamento do escoamento	Hfa (m)	0,12
Coefficiente de perda de carga localizada neste trecho de adutora	Ka ₃	0,05
Perda de carga localizada para a vazão de projeto	Hla ₃ (m)	0,02
Perda de carga total para a vazão de projeto	HLa ₁ (m)	0,15

Perdas de Carga Distribuídas no Terceiro Trecho da Adutora

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₃ (m)	Hf (m)
0,00	0,00	0,00	0,0000	0,000	0,00	0,000
560,00	1,21	549.259,87	0,0177	3,289	0,00	0,020
655,38	1,42	642.815,12	0,0175	4,473	0,01	0,027
750,77	1,63	736.370,38	0,0174	5,838	0,01	0,035
846,15	1,84	829.925,63	0,0174	7,384	0,01	0,044
941,54	2,04	923.480,88	0,0173	9,110	0,01	0,055
1.036,92	2,25	1.017.036,14	0,0173	11,017	0,01	0,066
1.132,31	2,46	1.110.591,39	0,0172	13,104	0,02	0,079
1.227,69	2,66	1.204.146,64	0,0172	15,371	0,02	0,092
1.323,08	2,87	1.297.701,90	0,0171	17,819	0,02	0,107
1.418,46	3,08	1.391.257,15	0,0171	20,447	0,02	0,123
1.513,85	3,28	1.484.812,40	0,0171	23,256	0,03	0,140
1.609,23	3,49	1.578.367,65	0,0171	26,245	0,03	0,157
1.704,62	3,70	1.671.922,91	0,0170	29,414	0,03	0,176
1.800,00	3,90	1.765.478,16	0,0170	32,763	0,04	0,197

Valores para a vazão de Projeto

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₁ (m)	Hf (m)
1.421,06	3,08	1.393.809,70	0,0171	20,522	0,02	0,123



AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR

HITA

EEAPT - Recalque para os Filtros

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

Quarto Trecho

Tubulação de Ferro Fundido

		Tubo Equiv.
Diâmetro interno da tubulação	DI (mm)	403,80
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Rugosidade relativa	k / DN	0,00050

Vazão e Perdas de Carga Distribuídas no Trecho

Vazão de projeto	Q (l/s)	394,74
Velocidade do escoamento	V (m/s)	3,08
Número de Reynolds	R	1.393.809,70
Fator de fricção	f	0,0171
Perda de carga unitária	J (m/km)	20,52
Extensão da adutora para dimensionamento do escoamento	La (m)	6,00
Perda de carga distribuída para dimensionamento do escoamento	Hfa (m)	0,12
Coefficiente de perda de carga localizada neste trecho de adutora	Ka ₄	0,05
Perda de carga localizada para a vazão de projeto	Hla ₄ (m)	0,02
Perda de carga total para a vazão de projeto	HLa ₁ (m)	0,15

Perdas de Carga Distribuídas no Quarto Trecho da Adutora

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₄ (m)	Hf (m)
0,00	0,00	0,00	0,0000	0,000	0,00	0,000
560,00	1,21	549.259,87	0,0177	3,289	0,00	0,020
655,38	1,42	642.815,12	0,0175	4,473	0,01	0,027
750,77	1,63	736.370,38	0,0174	5,838	0,01	0,035
846,15	1,84	829.925,63	0,0174	7,384	0,01	0,044
941,54	2,04	923.480,88	0,0173	9,110	0,01	0,055
1.036,92	2,25	1.017.036,14	0,0173	11,017	0,01	0,066
1.132,31	2,46	1.110.591,39	0,0172	13,104	0,02	0,079
1.227,69	2,66	1.204.146,64	0,0172	15,371	0,02	0,092
1.323,08	2,87	1.297.701,90	0,0171	17,819	0,02	0,107
1.418,46	3,08	1.391.257,15	0,0171	20,447	0,02	0,123
1.513,85	3,28	1.484.812,40	0,0171	23,256	0,03	0,140
1.609,23	3,49	1.578.367,65	0,0171	26,245	0,03	0,157
1.704,62	3,70	1.671.922,91	0,0170	29,414	0,03	0,176
1.800,00	3,90	1.765.478,16	0,0170	32,763	0,04	0,197

Valores para a vazão de Projeto

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₁ (m)	Hf (m)
1.421,06	3,08	1.393.809,70	0,0171	20,522	0,02	0,123



AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR

HITA

EEAPT - Recalque para os Filtros

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-04

Quinto Trecho

Tubulação de Ferro Fundido

		Tubo Equiv.
Diâmetro interno da tubulação	DI (mm)	403,80
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Rugosidade relativa	k / DN	0,00050

Vazão e Perdas de Carga Distribuídas no Trecho

Vazão de projeto	Q (l/s)	394,74
Velocidade do escoamento	V (m/s)	3,08
Número de Reynolds	R	1.393.809,70
Fator de fricção	f	0,0171
Perda de carga unitária	J (m/km)	20,52
Extensão da adutora para dimensionamento do escoamento	La (m)	6,00
Perda de carga distribuída para dimensionamento do escoamento	Hfa (m)	0,12
Coefficiente de perda de carga localizada neste trecho de adutora	Ka ₅	1,45
Perda de carga localizada para a vazão de projeto	Hla ₅ (m)	0,70
Perda de carga total para a vazão de projeto	HLa ₁ (m)	0,83

Perdas de Carga Distribuídas no Quinto Trecho da Adutora

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₅ (m)	Hf (m)
0,00	0,00	0,00	0,0000	0,000	0,00	0,000
560,00	1,21	549.259,87	0,0177	3,289	0,11	0,020
655,38	1,42	642.815,12	0,0175	4,473	0,15	0,027
750,77	1,63	736.370,38	0,0174	5,838	0,20	0,035
846,15	1,84	829.925,63	0,0174	7,384	0,25	0,044
941,54	2,04	923.480,88	0,0173	9,110	0,31	0,055
1.036,92	2,25	1.017.036,14	0,0173	11,017	0,37	0,066
1.132,31	2,46	1.110.591,39	0,0172	13,104	0,45	0,079
1.227,69	2,66	1.204.146,64	0,0172	15,371	0,52	0,092
1.323,08	2,87	1.297.701,90	0,0171	17,819	0,61	0,107
1.418,46	3,08	1.391.257,15	0,0171	20,447	0,70	0,123
1.513,85	3,28	1.484.812,40	0,0171	23,256	0,80	0,140
1.609,23	3,49	1.578.367,65	0,0171	26,245	0,90	0,157
1.704,62	3,70	1.671.922,91	0,0170	29,414	1,01	0,176
1.800,00	3,90	1.765.478,16	0,0170	32,763	1,13	0,197

Valores para a vazão de Projeto

Q (m ³ /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla ₁ (m)	Hf (m)
1.421,06	3,08	1.393.809,70	0,0171	20,522	0,70	0,123

Estimativa da Carga Nos Filtros e nos Barriletes

Vazão de projeto considerada	Q (m ³ /h)	1.421,06
	Q (l/s)	394,74
Perda de carga considerada nos filtros (fornecedor)	H _{Pi} (m)	4,00
Perdas de carga consideradas nos barriletes e fundo falso (estimadas)	H _{Gpc} (m)	4,80

Perdas de Carga nos Filtros e nos Barriletes

Q (m³/h)	Hf (m)	Hb (m)	Htot (m)
0,00	0,000	0,000	0,000
560,00	1,576	0,745	2,322
655,38	1,845	1,021	2,866
750,77	2,113	1,340	3,453
846,15	2,382	1,702	4,084
941,54	2,650	2,107	4,757
1.036,92	2,919	2,556	5,474
1.132,31	3,187	3,047	6,235
1.227,69	3,456	3,583	7,038
1.323,08	3,724	4,161	7,885
1.418,46	3,993	4,782	8,775
1.513,85	4,261	5,447	9,708
1.609,23	4,530	6,155	10,685
1.704,62	4,798	6,907	11,705
1.800,00	5,067	7,701	12,768

Valores para a vazão de Projeto

Q (m³/h)	Hf (m)	Hb (m)	Htot (m)
1.421,06	4,000	4,800	8,800

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR****EEAPT - Recalque para os Filtros**

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-05

RECALQUE COM BOMBAS BI-PARTIDAS (1 + 1)**Descrição**

Segue o dimensionamento de recalque de água misturada através dos filtros de zeólitos, admitindo-se operação com um conjunto motor-bomba e outro como reserva do primeiro.

Parâmetros do RecalqueNa Adutora

Diâmetro interno da adutora	DI_{ADUT} (mm)	403,80
Cota do NA mínimo no Poço de Sucção	H_1 min (m)	6,50
Carga máxima na estaca final da tubulação	H_2 max (m)	12,50
Altura geométrica de projeto considerada	HGpr (m)	6,00
Perdas distribuídas na adutora consideradas para a vazão de projeto	Hf_{AQP} (m)	0,70
Perdas localizadas na adutora consideradas para a vazão de projeto	Hl_{AQP} (m)	3,88
Perdas de carga distribuídas na adutora a montante da EE	Hfa_S (m)	0,00
Perdas de carga localizadas na adutora a montante da EE	Hla_S (m)	0,00

Na Estação Elevatória

Cota do eixo das bombas	NEb_{EE} (m)	6,00
Vazão de projeto	Q_{EE} (l/s)	394,74
Coef. de perda de carga no barr. de sucção da EE - 1BB	K_{SE1BB}	0,84
Perdas de carga localizadas no barrilete de sucção da EE	Hl_{EEs} (m)	0,41
Perdas de carga localizadas no barrilete de recalque da EE	Hl_{EEr} (m)	2,68

Parâmetros para Seleção das Bombas (Uma Bomba Operando)Estação Elevatória Convencional

Número de bombas em paralelo	n	1
Vazão de projeto	Q (m ³ /h)	1.421,06
Perdas de carga a montante das bombas	Hls_{MBB} (m)	0,41
Pressão de vapor (admite-se temperatura até 60 °C)	Pv (m.c.a.)	2,03
NPSH disponível ($10,33 - Pv - NEb_{EE} + H_1 \text{min} - Hls_{MBB}$)	NPSHd (m)	8,40
Altura manométrica para as Bombas da EE	$Hamt_{EE}$ (m)	13,67
Limite de vazão para a bomba indicada	Q_{LIM} (m ³ /h)	1.800,00

Valor do NPSH Disponível x Requerido para as Condições Estudadas (Hgmín, rpm Nominal)

Descrição	1BB Oper.
RPM Nominal	880
Q 1BB (m ³ /h)	1.603,45
Q Total (l/s)	445,40
V Adut. (m/s)	3,48
Hls_{MBB} (m)	0,52
NPSHd (m)	8,28
NPSHr (m)	4,12

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR****EEAPT - Recalque para os Filtros**

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-05

Valor do NPSH Disponível x Requerido para as Condições Estudadas (Hgmín, rpm Reduzidas)

Descrição	1BB Oper.
RPM Reduzido	600
Q 1BB (m ³ /h)	1.018,97
Q Total (l/s)	283,05
V Adut. (m/s)	2,21
Hls _{MBB} (m)	0,21
NPSHd (m)	8,59
NPSHr (m)	1,70

Curvas do Sistema - Segmentos para Uma Bomba Operando

Q (m³/h)	HS_{máx1B} (m)	HS_{pro1B} (m)	HS_{min1B} (m)
0,00	6,00	3,50	1,00
560,00	9,04	6,54	4,04
655,38	9,84	7,34	4,84
750,77	10,74	8,24	5,74
846,15	11,71	9,21	6,71
941,54	12,77	10,27	7,77
1.036,92	13,92	11,42	8,92
1.132,31	15,15	12,65	10,15
1.227,69	16,46	13,96	11,46
1.323,08	17,86	15,36	12,86
1.418,46	19,34	16,84	14,34
1.513,85	20,91	18,41	15,91
1.609,23	22,56	20,06	17,56
1.704,62	24,29	21,79	19,29
1.800,00	26,11	23,61	21,11

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR****EEAPT - Recalque para os Filtros**

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-05

Curvas das Bombas com Rotação Nominal

Q (m³/h)	HB_{1BB} (m)
0,00	25,40
560,00	23,80
655,38	23,38
750,77	22,95
846,15	22,54
941,54	22,12
1.036,92	21,69
1.132,31	21,24
1.227,69	20,73
1.323,08	20,13
1.418,46	19,40
1.513,85	18,50
1.609,23	17,38
1.704,62	15,97
1.800,00	14,20

Curvas das Bombas com Rotação Reduzida

Uma Bomba - 880 rpm

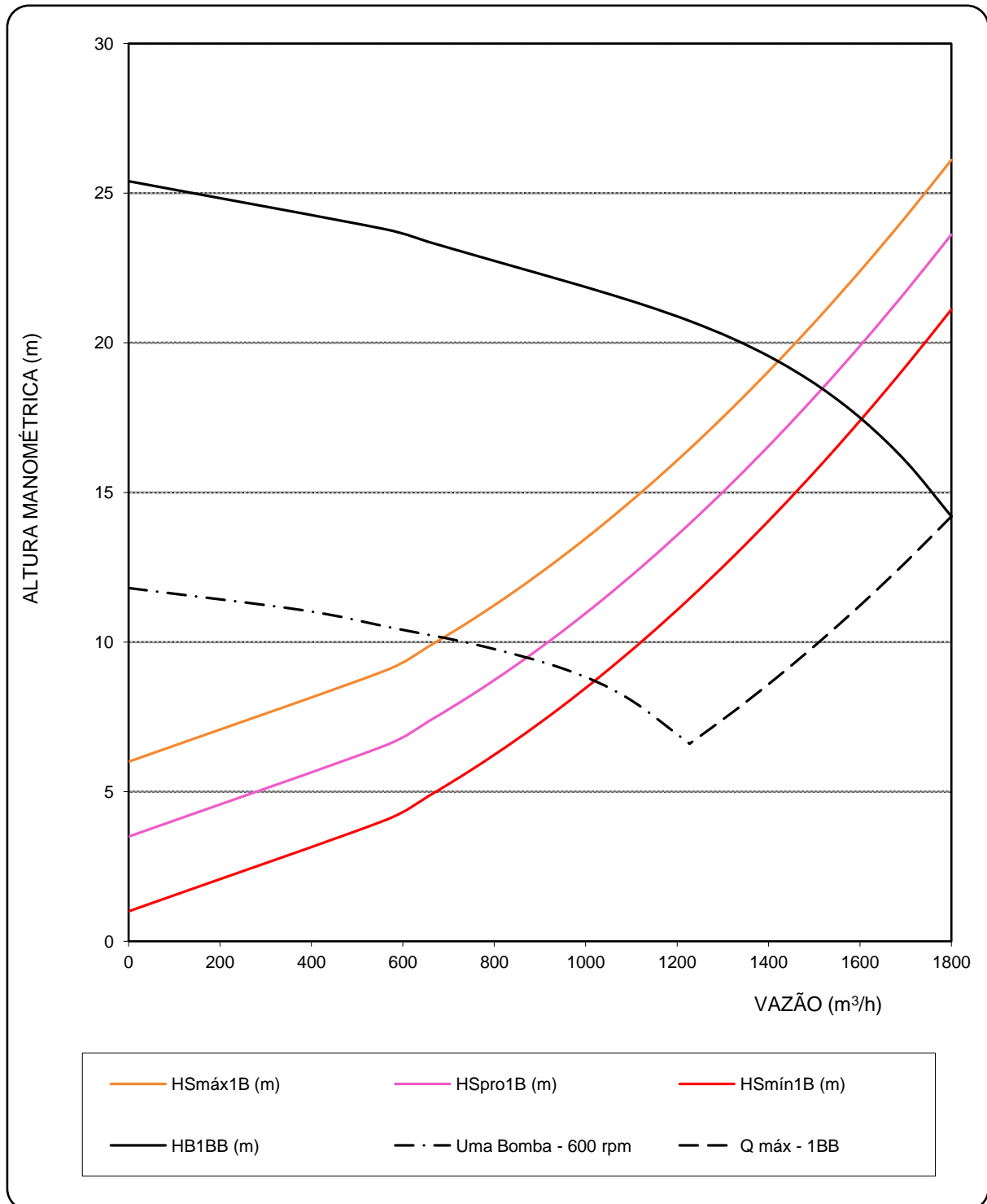
Q (m³/h)	HB (m)
0,00	25,40
560,00	23,80
840,00	22,56
1.120,00	21,30
1.400,00	19,56
1.600,00	17,50
1.800,00	14,20

Uma Bomba - 600 rpm

Q rpm	HB (m)	Q máx - 1BB	HB (m)
0,00	11,81	1.800,00	14,20
381,82	11,06	1.704,55	12,73
572,73	10,49	1.609,09	11,35
763,64	9,90	1.513,64	10,04
954,55	9,09	1.418,18	8,81
1.090,91	8,14	1.322,73	7,67
1.227,27	6,60	1.227,27	6,60



Curvas do Sistema e das Bombas - BOMBAS BI-PARTIDAS



**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - 10º SETOR****EEAPT - Recalque para os Filtros**

RESP.: C.Hita

DATA: DEZ/2017

MC-EEAT-BLM-S10-FILTR-05

Parâmetros da EE Operando com Uma Bomba em Rotação Nominal

Operação	Q _{Tot} (l/s)	Q _{1BB} (m ³ /h)	(%) Q _{1BB} / Q _{ótím.}	Hamt (m.c.a.)	Pot _{1BB} (CV)	Pot _{Tot} (CV)
1BB-HGmáx	394,74	1.421,07	101,50%	19,38	113,00	113,00
1BB-HGpro	421,51	1.517,43	108,39%	18,47	116,06	116,06
1BB-HGmín	445,40	1.603,45	114,53%	17,46	117,75	117,75

Parâmetros da EE Operando com Uma Bomba a 600 rpm

Operação	Q _{Tot} (l/s)	Q _{1BB} (m ³ /h)	(%) Q _{1BB} / Q _{ótím.}	Hamt (m.c.a.)	Pot _{1BB} (CV)	Pot _{Tot} (CV)
1BB-HGmáx	191,22	688,41	72,12%	10,14	30,32	30,32
1BB-HGpro	242,25	872,12	91,36%	9,49	33,99	33,99
1BB-HGmín	283,05	1.018,97	106,75%	8,69	36,59	36,59