





Código:	FM-ENG-001			
Nº da revisão:	01			
Elaborador:	Rachel Cezar Leão Viana			
Aprovador:	Christiano Barros			
Data da aprovação:	25/09/2020			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Classificação:	Público			
SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT			Nº ORDEM SOLICITAÇÃO ENGENHARIA (OSE)	
			SE04004	
			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			EX-53474	2/11
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
N044500-M-1MC005	1			

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	OBJETIVO	3
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3.0	MEMORIAL DE CÁLCULO – EAT	4

Código:	FM-ENG-001				
Nº da revisão:	00				
Elaborador:	PEEX				
Aprovador:					
Data da aprovação:					
Periodicidade da revisão:	Anual				
Abrangência:	Corporativa	SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT	Nº CONTRATADA	PÁGINA	
Classificação:	Público		EX-51446	3/11	
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
			N044500-M-1MC005	1	

1.0 OBJETIVO

Este documento traz a segunda parte do contrato 4900000067, SE 04004, que abrange a produção e distribuição de água do povoado de Degredo, cidade de Linhares, estado do Espírito Santo.

Este volume contém a memória de cálculo hidráulica do projeto básico e detalhado do sistema de abastecimento de água do referido povoado, de Degredo, Linhares, ES.



Ele é apresentado em 3 itens, ou capítulos. O primeiro define o objeto desse trabalho; o segundo os documentos utilizados como referência na elaboração dessa parte do contrato; o terceiro o memorial de cálculo da EAT em área adjacente ao poço 2, inclusive AAT.

O memorial descritivo é apresentado no documento N044500-M-1MD005.

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os seguintes documentos foram usados como referência para a elaboração deste estudo:

N044500-G-1RT001	PROJETO CONCEITUAL SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 RELATÓRIO TÉCNICO – GERAL
N044500-T-100015	PROJETO CONCEITUAL SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 DESENHO GERAL - TUBULAÇÃO E SISTEMAS
N044500-J-1RT001	PROJETO CONCEITUAL SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 RELATÓRIO TÉCNICO - ENGENHARIA ECONÔMICA (ORÇAMENTO-CAPEX/OPEX)
ATA de REUNIÃO Nº 01 PEEX	SE04004 – DEGREDADO – 27/03/2020 E 28/04/2020
N044500-G-1RT003	ESTUDO DE ALTERNATIVA ENTRE IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIO ELEVADO DE 30M³ EM CONCRETO E AÇO PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 PROJETO BÁSICO – MEMORIAL DESCRITIVO

Código:	FM-ENG-001			
Nº da revisão:	00			
Elaborador:	PEEX			
Aprovador:				
Data da aprovação:				
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			EX-51446	4/11
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N044500-M-1MC005	1

3.0 MEMORIAL DE CÁLCULO – EAT

1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA - ALIMENTAÇÃO DO REL

A EAT destina-se a bombear a vazão da hora de maior consumo do RAP para o REL.
O REL tem entrada por baixo. A partida e parada da bomba são comandados por um transdutores de pressão instalados na saída das bombas, que fazem as vezes de sensores de nível, contudo mais baratos e, por serem instalados junto às bombas e não no alto do reservatório, de substituição mais simples.

DADOS INICIAIS

Vazão máxima de recalque - Vazão da hora de maior consumo	2.94 L/s
NA mínimo no RAP (situado na sucção).....	5.70 m
NA máximo no RAP (situado na sucção).....	7.75 m
Terreno no rel.....	5.00 m
NA mínimo no REL.....	28.50 m
NA máximo no REL.....	32.25 m
Altura geométrica mínima.....	20.75 m
Altura geométrica máxima.....	26.55 m
Cota do eixo dos conjuntos elevatórios (a confirmar).....	5.14 m
Nº de conjuntos elevatórios	1 un



SINGULARIDADES E VALOR RELATIVO DE K, NA TUBULAÇÃO DO SISTEMA

Quadro de K relativo e perdas de carga localizadas - Sucção

Peça	K	DN da peça	DN do tubo	K relativo	Quant.	K
Entrada de tubulação	1.00	100	100	1.00	1	1.00
Crivo	0.75	100	100	0.75	1	0.75
Registro de gaveta aberto	0.20	100	100	0.20	1	0.20
T de saída lateral	1.30	100	100	1.30	1	1.30
Curva 90°	0.40	100	100	0.40	1	0.40
Curva 11°30'	0.05	100	100	0.05	2	0.10
Ampliação gradual 100x150	0.30	100	100	0.30	1	0.30
Total =						4.05
Adotado =						4.5

Quadro de K relativo e perdas de carga localizadas - Recalque

Peça	K	DN da peça	DN do tubo	K relativo	Quant.	K
Entrada de tubulação	1.00	40	80	16.00	1	16.00
Ampliação gradual	0.30	40	80	4.80	1	4.80
Válvula de retenção	2.50	80	80	2.50	1	2.50
Registro aberto	0.20	80	80	0.20	1	0.20
T de saída lateral	1.30	80	80	1.30	2	2.60
Curva de 90	0.40	80	80	0.40	3	1.20
Curva de 45°	0.20	80	80	0.20	2	0.40
T de passagem direta	0.80	80	80	0.80	1	0.80
Saída	1.00	80	80	1.00	1	1.00
Total =						29.50
Adotado =						30

Código:	FM-ENG-001			
Nº da revisão:	00			
Elaborador:	PEEX			
Aprovador:				
Data da aprovação:				
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			EX-51446	5/11
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N044500-M-1MC005	1

DIMENSIONAMENTO

Tubulação de sucção

LINHA DE SUCÇÃO (somente tubulação)



Vazão Máxima	2.94 L/s
Diâmetro econômico	65 mm
Diâmetro interno da tubulação adotada	101 mm
Velocidade	0.37 m/s
Material	FoFo
Coefficiente de Rugosidade - C	120
Comprimento	6.35 m
Valor total de Krelativo adotado (somado no barrilete).....	0.0
Perda de carga contínua	0.014 m
Perda de carga localizada.....	0.000 m
Perda de carga total	0.014 m

BARRILETE DE SUCÇÃO (perdas localizadas)

Vazão Máxima	2.94 L/s
Diâmetro econômico	65 mm
Diâmetro interno da tubulação adotada	101 mm
Velocidade	0.37 m/s
Material	FoFo
Coefficiente de Rugosidade - C	120
Comprimento	0.00 m
Valor total de Krelativo adotado.....	4.5
Perda de carga contínua	0.000 m
Perda de carga localizada.....	0.031 m
Perda de carga total	0.031 m

NPSHd

Patm local.....	10.32 m
Perda total na sucção.....	0.04 m
Altura mínima de água sobre o eixo da bomba.....	-0.56 m
Pressão de vapor da água a 25°C.....	0.34 m
NPSHd.....	10.50 m

Código:	FM-ENG-001			
Nº da revisão:	00			
Elaborador:	PEEX			
Aprovador:				
Data da aprovação:				
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			EX-51446	6/11
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N044500-M-1MC005	1

Tubulação de recalque

BARRILETE DE RECALQUE (perdas localizadas)

Vazão Máxima	2.94 L/s
Diâmetro econômico	65 mm
Diâmetro interno da tubulação adotada	81 mm
Velocidade	0.57 m/s
Material	FoFo
Coefficiente de Rugosidade - C	120
Comprimento	0.00 m
Valor total de Krelativo adotado	30.0
Perda de carga contínua	0.00 m
Perda de carga localizada	0.50 m
Perda de carga total	0.50 m

LINHA DE RECALQUE (somente tubulação)

Vazão Máxima	2.94 L/s
Diâmetro econômico	65 mm
Diâmetro interno da tubulação adotada	81 mm
Velocidade	0.57 m/s
Material	FoFo
Coefficiente de Rugosidade - C	120
Comprimento (a confirmar)	50.07 m
Valor total de Krelativo adotado (somado no barrilete)	0.0
Perda de carga contínua	0.33 m
Perda de carga localizada	0.00 m
Perda de carga total	0.33 m

Bomba Referência EBARA BHS 232 - 7 Estágios, 3500rpm, 2cv, NPSHr = 1,4m 2 hp



Pontos de Operação

Ponto	Q	Hg	Hm	P c	NPSHd	n (hz)	η	P (cv)	
1	2.94	26.55	27.42	23.36	10.50	60.00	55.2%	1.95	Especificação
2	2.95	26.55	27.42	23.36	10.50	60.00	55.1%	1.96	Q operacional mínimo
3	3.18	20.75	21.76	28.12	10.49	60.00	48.8%	1.89	Q operacional máximo
-	0.00	26.55	26.55	-	-	38.20	-	-	Fim da rampa

Pc é a pressão no transdutor da bomba, para controle do sistema elétrico.

No ponto 3, de parada da bomba, ela corresponde à pressão na descarga da bomba com a bomba operando, ou seja, $NA_{rel} - Nível_{bomba} + \text{perda de carga}$.

No ponto 1 ou 2, de partida, ela corresponde à pressão na descarga da bomba com a bomba parada, ou seja, sem as perdas de carga.

Código:	FM-ENG-001			
Nº da revisão:	00			
Elaborador:	PEEX			
Aprovador:				
Data da aprovação:				
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT			Nº CONTRATADA	PÁGINA
			EX-51446	7/11
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
			N044500-M-1MC005	1



2 - CURVAS DO SISTEMA E DAS BOMBAS

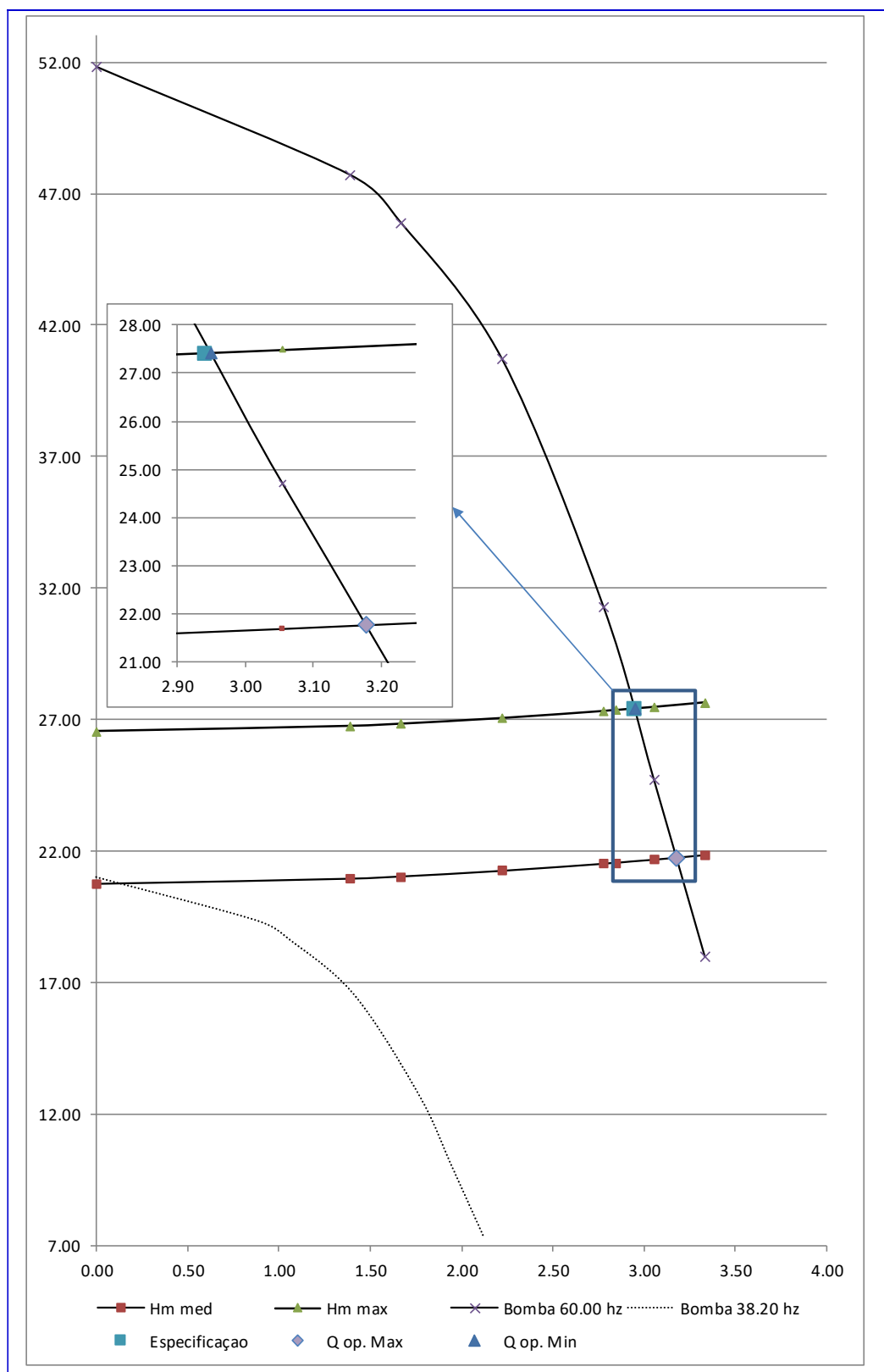
Vazão	Perda na sucção		NPSHd mínimo	Perda no recalque		Altura manométrica	
	Barrilete	Linha		Barrilete	Linha FoFo	Mínima	Máxima
L/s	m	m	m	m		m	m
0.00	0.00	0.00	10.54	0.00	0.00	20.75	26.55
1.39	0.00	0.01	10.53	0.11	0.08	20.95	26.75
1.67	0.00	0.01	10.53	0.16	0.11	21.04	26.84
2.22	0.01	0.02	10.52	0.28	0.19	21.25	27.05
2.78	0.01	0.03	10.50	0.44	0.29	21.53	27.33
2.84	0.01	0.03	10.50	0.46	0.31	21.56	27.36
3.06	0.02	0.03	10.50	0.54	0.35	21.69	27.49
3.33	0.02	0.04	10.49	0.64	0.41	21.86	27.66



EBARA BHS 232 - 7 Estágios, 3500rpm, 2cv

Bomba 60.00 hz		Bomba 38.20 hz	
Q L/s	H (m)	Q L/s	H (m)
0.00	51.80	0.00	21.00
1.39	47.70	0.88	19.33
1.67	45.90	1.06	18.61
2.22	40.70	1.41	16.50
2.78	31.30	1.77	12.69
3.06	24.70	1.95	10.01
3.33	18.00	2.12	7.30

Intercessão 1		Intercessão 2		Ponto Q máximo	
Q	2.94	Q	2.95	Q	3.177466
NA no RAP	5.7	NA no RAP	7.75	NA no RAP	7.75
P controle	23.36	P controle	23.36	P controle	28.11929
H bomba	27.418	H bomba	27.42374	H bomba	21.75929
Rend.	59.5%	Rend.	59.5%	Rend.	52.0%
P abs	1.806362	P abs	1.812886	P abs	1.772805
Frequencia	60	Frequencia	60	Frequencia	60
NPSHd	10.49881	NPSHd	10.49851	NPSHd	10.4914

Código:	FM-ENG-001				
Nº da revisão:	00				
Elaborador:	PEEX				
Aprovador:					
Data da aprovação:					
Periodicidade da revisão:	Anual				
Abrangência:	Corporativa	SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT	Nº CONTRATADA	PÁGINA	
Classificação:	Público		EX-51446	8/11	
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
			N044500-M-1MC005	1	



Código:	FM-ENG-001				
Nº da revisão:	00				
Elaborador:	PEEX				
Aprovador:					
Data da aprovação:					
Periodicidade da revisão:	Anual				
Abrangência:	Corporativa	SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT	Nº CONTRATADA	PÁGINA	
Classificação:	Público		EX-51446	9/11	
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
			N044500-M-1MC005	1	

CÁLCULO DE GOLPE DE ARÍETE

1 - Avaliação expedita

CÁLCULO DA CELERIDADE

PVC, segundo Fórmula de Allievi

C = Celeridade, calculado segundo fórmula a seguir e igual a 1231.42m/s.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}}$$

onde

D = Diâmetro externo do tubo, 98.0mm;

e = Espessura da parede do tubo, 6.0mm;

k = Coeficiente de ponderação que leva em conta o módulo de elasticidade do material, 1 para FoFo.

C = Celeridade calculada, 1231.42m/s

CÁLCULO DO PERÍODO OU FASE DA LINHA

$$\phi = \frac{2L}{C}$$

onde

C = Celeridade, calculada acima;

L = Comprimento da linha, 50.07m;

ϕ = Período da linha, 0.081s;

VERIFICAÇÃO DO TIPO DE MANOBRA: MANOBRA RÁPIDA

Se:

$t > \phi$ t, tem-se manobra lenta;

$t < \phi$ t, tem-se manobra rápida.



onde

t = Tempo de manobra, menor entre tempo de parada da bomba ou fechamento da válvula de retenção.

Tempo de fechamento da válvula de retenção:

O tempo de fechamento para a válvula de retenção adotada é igual ao tempo de parada da bomba.

Tempo de parada da bomba: Curto para bombas multiestágio.

Código:	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	PEEX		
Aprovador:			
Data da aprovação:			
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa	Nº CONTRATADA EX-51446	PÁGINA 10/11
Classificação:	Público		
SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT		Nº FUNDAÇÃO RENOVA N044500-M-1MC005	REV. 1

CÁLCULO DA SOBREPRESSÃO:

Manobra Lenta, Fórmula de Michaud:

$$H_a = \frac{C \cdot V}{g} \cdot \frac{\phi}{t}$$

$$H_a = 558.38\text{m}$$

Manobra Rápida:

$$H_a = \frac{C \cdot V}{g} \cdot 1$$

$$H_a = 68.66\text{m}$$

onde

C = Celeridade, 1231.42m/s.

V = Velocidade na Linha, 0.55m/s.

ϕ = Período da linha, 0.081s;

t = Tempo de Manobra, 0.01m/s.

g = Aceleração da gravidade, 9.81m/s².

Assim:

Q	U	H	Ha	H transiente	
				Máxima	Mínima
3.2L/s	0.55m/s	21.76m	68.66m	90.42m	-68.66m
(Sobre o solo)					

Como a pressão mínima encontrada é menor que a pressão de vapor, o sistema pode estar sujeito a descolamentos que coluna, e a avaliação expedita com a fórmula de Allievi é inadequada. Uma avaliação numérica das pressões transientes máximas e mínimas é apresentada a seguir.

2 - Avaliação numérica - Sistema sem proteção

CELERIDADES UTILIZADAS

Calculadas pelo modelo numérico utilizado.

Tubo de FoFo parede 6mm: 1375.83m/s.

OUTROS DADOS

Inércia do conjunto: 0.002 kg.m², favorável à segurança por intensificar pressões transientes;



Curva de eficiência da bomba:

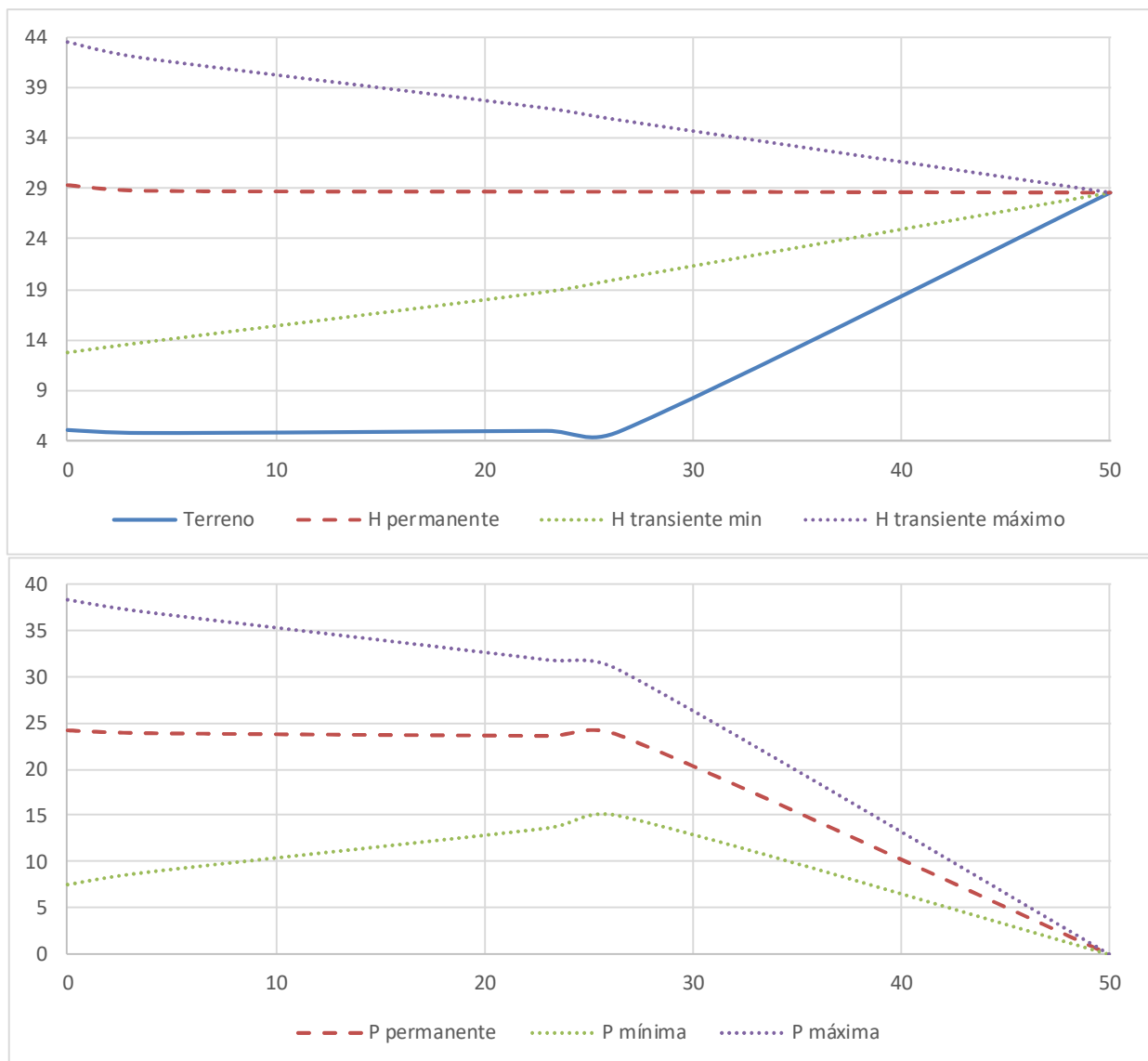
Q L/s	n %
1.38	55
2.22	60.1
2.5	59.9
3.05	54
3.33	42.5

A avaliação foi feita com vazão operacional de 3.08L/s.

RESULTADOS

L	Permanente			Trans. Max		Trans. Min		
AAB	P	Z	H	P	H	P	H	
0	24.2	5.1	29.3	38.4	43.5	7.6	12.7	Bomba
3.65	23.9	4.8	28.7	37.1	41.9	8.9	13.7	Fim do primeiro trecho + barrilete
23	23.6	5	28.6	31.9	36.9	13.7	18.7	Fim do segundo trecho
26.57	23.6	5	28.6	30.7	35.7	15	20	Fim do terceiro trecho
50.07	0	28.5	28.5	0	28.5	0	28.5	Subida para o REL

Código:	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	PEEX		
Aprovador:			
Data da aprovação:			
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa	Nº CONTRATADA EX-51446	PÁGINA 11/11
Classificação:	Público		
SOCIOECONÔMICO 02 - PROGRAMA 04 - QUALIDADE DE VIDA DE OUTROS POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS LINHARES PROJETO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE DEGREDADO - SE04004 MEMÓRIA DE CÁLCULO - MECÂNICA MEMÓRIA DE CÁLCULO DA EAT E AAT		Nº FUNDAÇÃO RENOVA N044500-M-1MC005	REV. 1



Nota-se que não ocorrem pressões negativas na linha, a linha está completamente aprovada.