MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO – UFAPE
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA – PREF
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA – DEA

MEMORIAL DE CÁLCULO HIDROMECÂNICO

REFORMA E ADEQUAÇÃO DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA EXISTENTE PARA ATENDER AUMENTO DA DEMANDA DECORRENTE DA FAZENDA EXPERIMENTAL DA UFAPE, INCLUINDO MELHORIAS NA CAPTAÇÃO ATUAL, TRECHO SUL DO SISTEMA

GARANHUNS -PE
NOVEMBRO DE 2026

1 DADOS GERAIS PARA DIMENSIONAMENTO

Vazão disponível na captação : Q_D = 2,0 L/s = 5,40 m³/h
Período de funcionamento: p = 12,0 hrs
Vazão de adução: Q_{AB} = QR . 24 / p = 4,0 L/s = 14,40 m³/h
Comprimento da adutora: L_{AB} = 1140 m
Cota do terreno na elevatória: C_{TE} = 769,01 m
Cota do $NA_{máx.}$ no poço de sucção: $C_{MÁX.EEAB}$ = 776,30 m
Cota do $NA_{mín.}$ no poço de sucção: $C_{MÍN.EEAB}$ = 774,30 m
Cota do eixo da bomba: C_{EB} = 769,41 m
Cota do terreno no Reservatório da Fazenda didática/experimental: $CT._{RES}$ = 817,00 m
Cota do NA na chegada do Reservatório da Fazenda didática/experimental: $CC._{RES}$ = 818,50 m

Obs.: Todas as cotas do sistema tiveram como base o PE3D.

2 BARRILETES DE SUCÇÃO E RECALQUE

Vazão de dimensionamento: 4,0 L/s
Número de conjuntos operando simultaneamente: 1 unid.
Vazão de cada conjunto: 4,0 L/s
Diâmetro da tubulação de sucção (FºFº): DN = 100 mm → DI = 100,80 mm
Diâmetro da tubulação de recalque (FºFº): DN = 100 mm → DI = 100,80 mm
Velocidade nas tubulações de sucção e recalque:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Onde:
Q = Vazão (em m³/s)
D = Diâmetro da tubulação (em metros)

Sucção: V_S = 0,5 m/s
Recalque: V_R = 0,5 m/s

Compatíveis com o recomendado no item 5.8.5.1 da NBR 12.214/2020.

3 ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

1) Desnível Geométrico:

Cota do $NA_{máx.}$ no poço de sucção: $C_{MÁX.EEAB} = 776{,}30$ m
Cota do $NA_{mín.}$ no poço de sucção: $C_{MÍN.EEAB} = 774{,}30$ m
Cota do NA na chegada do Reservatório da Fazenda didática/experimental: $CC._{RES} = 818{,}50$ m

Desnível geométrico de recalque:
$Hg_{mín.} = C_{Máx.Res} - C_{Máx.EEAB} = 42{,}20$ m
$Hg_{máx.} = C_{Máx.Res} - C_{Mín.EEAB} = 44{,}20$ m

2) Perda de Carga Localizada:

$$h_f = k \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Onde:
k = coeficiente experimental de cada peça
v = velocidade com base na seção de menor diâmetro
g = aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

Diâmetro da sucção (D_S): DN = 100 mm → DI = 100,80 mm
Diâmetro de entrada da bomba (D_{SB}): DN = 40 mm → DI = 40,00 mm
Diâmetro de saída da bomba (D_{RB}): DN = 32 mm → DI = 32,00 mm
Diâmetro do barrilete de recalque 1 (D_{R1}): DN = 100 mm → DI = 100,80 mm
Diâmetro do barrilete de recalque 2 (D_{R2}): DN = 100 mm → DI = 100,80 mm
Diâmetro da Adutora (D_A): DN = 100 mm → DI = 100,80 mm

Relação de Peças	DN (mm)	Di (mm)	Quant.	K	Q (m³/s)	Vel (m/s)	h_f (m)
Barrilete de Sucção:							
Entrada de canalização	100	100,80	1,00	1,00	0,00400	0,501	0,013

Válvula de gaveta	100	100,80	1,00	0,20	0,00400	0,501	0,003
Tê de passagem direta	100	100,80	2,00	0,60	0,00400	0,501	0,015
Curva 90º	100	100,80	2,00	0,40	0,00400	0,501	0,010
Redução gradual*	100x40	40,00	1,00	0,15	0,00400	3,183	0,077
						Σh_S =	**0,118**
Barrilete de Recalque:							
Ampliação gradual*	100x32	32,00	1,00	0,30	0,00400	4,974	0,378
Curva 90º	100	100,80	1,00	0,40	0,00400	0,501	0,005
Válvula de retenção	100	100,80	1,00	2,50	0,00400	0,501	0,032
Válvula borboleta	100	100,80	1,00	0,30	0,00400	0,501	0,004
Junção	100x100	100,80	1,00	0,40	0,00400	0,501	0,005
Tê de passagem direta	100	100,80	2,00	0,60	0,00400	0,501	0,015
						Σh_R =	**0,439**
Adutora:							
Curva 90º	100	108,40	3,00	0,40	0,00400	0,433	0,011
Curva 45º	100	108,40	22,00	0,20	0,00400	0,433	0,042
Curva 22,5º	100	108,40	8,00	0,10	0,00400	0,433	0,008
Válvula gaveta	100	108,40	1,00	0,20	0,00400	0,433	0,002
Tê de passagem direta	100	108,40	4,00	0,60	0,00400	0,433	0,023
Saída de canalização	100	108,40	1,00	1,00	0,00400	0,433	0,010
						Σh_A =	**0,070**

***** Com base na seção de menor diâmetro

$hf = \Sigma h_S + \Sigma h_R + \Sigma h_A =$ **0,627 m**

3) Perda de Carga distribuída (Fórmula Universal):

$$\Delta h = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(0{,}27 \cdot \frac{e}{D} + \frac{2{,}51}{R \cdot \sqrt{f}}\right)$$

$$R = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Onde:
Δh = perda de carga linear (m);
f = coeficiente de atrito;
L = comprimento da tubulação (m);
v = velocidade média (m/s);
D = diâmetro da tubulação (m);
'g = aceleração da gravidade (m/s²);
e = Rugosidade:
PVC → e = 0,1 mm
FoFo → e = 0,3 mm
R = número de Reynolds;
μ = viscosidade cinemática: → μ = 1,08E-06 m²/s
Q= Vazão da adutora: → $Q_{AB.01}$ = 4,0 L/s
Diâmetro econômico (Bresse com K=1,1): → D = 1,1 √Q → D = 69,57 mm
Diâmetro adotado: → D1 = 100 mm → DI = 100,80 mm
Rugosidade : PVC DEFºFº → k1 = 0,1 mm
Velocidade média: → v1 = 0,4334 m/s
Número de Reynolds: → R1 = 43501
Coeficiente de atrito: → f1 = 0,02429
Perda de carga unitária: → J1 = 0,002145 m/m
Comprimento da adutora: → L_{A1} = 1140 m
Perda de carga distribuída: → 'Δh1 = J1 . L_{A1} = 2,445 m

4) Altura Manométrica Total:

AMT $_{Máx}$: 'Hr$_{máx.}$ = Hg$_{máx.}$ + Δh1 + Δh2 + hf = **50,81 m**
AMT $_{Mín}$: 'Hr$_{mín.}$ = Hg$_{mín.}$ + Δh1 + Δh2 + hf = **47,81 m**

4 CURVAS CARACTERÍSTICAS

1) Curvas do sistema:

Para as condições extremas de funcionamento da bomba, isto é, considerando os níveis de operação no poço de sucção temos:

V_S (m/s)	V_{SB} (m/s)	V_{RB} (m/s)	V_{R1} (m/s)	V_{R2} (m/s)	V_A (m/s)	V_{CA} (m/s)
0,125	0,796	1,243	0,125	0,125	0,125	0,125
0,188	1,194	1,865	0,188	0,188	0,188	0,188
0,251	1,592	2,487	0,251	0,251	0,251	0,251
0,313	1,989	3,108	0,313	0,313	0,313	0,313
0,376	2,387	3,730	0,376	0,376	0,376	0,376
0,439	2,785	4,352	0,439	0,439	0,439	0,439
0,501	3,183	4,974	0,501	0,501	0,501	0,501
0,564	3,581	5,595	0,564	0,564	0,564	0,564
0,627	3,979	6,217	0,627	0,627	0,627	0,627
0,689	4,377	6,839	0,689	0,689	0,689	0,689
0,752	4,775	7,460	0,752	0,752	0,752	0,752

Curvas do Sistema						
Q (m³/h)	**Q (L/s)**	**N° Conj. Func.**	**f_1**	**hf (m)**	**Hmáx. (m)**	**Hmín. (m)**
3,60	1,00	1,00	0,03165	0,037	47,98	44,98
5,40	1,50	1,00	0,02896	0,084	48,23	45,23
7,20	2,00	1,00	0,02734	0,149	48,58	45,58
9,00	2,50	1,00	0,02624	0,232	49,00	46,00
10,80	3,00	1,00	0,02543	0,334	49,51	46,51
12,60	3,50	1,00	0,02480	0,455	50,11	47,11
14,40	4,00	1,00	0,02429	0,594	50,78	47,78
16,20	4,50	1,00	0,02388	0,752	51,54	48,54
18,00	5,00	1,00	0,02353	0,928	52,37	49,37
19,80	5,50	1,00	0,02323	1,123	53,29	50,29
21,60	6,00	1,00	0,02298	1,337	54,28	51,28

2) Curvas da bomba:

Uma bomba funcionando na rotação No é representada pela equação: $H = A + BQ + CQ^2$

Após um intervalo de tempo T, se a rotação passar de No para NT as Leis de Similaridade permitem escrever:

$$\frac{Q_T}{Q_0} = \frac{N_T}{N_0} = \alpha \rightarrow Q_0 = \frac{Q_T}{\alpha} \quad e \quad \frac{H_T}{H_0} = \left(\frac{N_T}{N_0}\right)^2 = \alpha^2 \rightarrow H_0 = \frac{H_T}{\alpha^2}$$

Ou seja, para obter-se a equação na nova rotação, a partir da equação inicial, basta aplicar as relações acima na equação conhecida e teremos a equação para a nova rotação N1.

$$\frac{H_T}{\alpha^2} = A + B\frac{QT}{\alpha} + C\frac{Q_T^2}{\alpha^2} \rightarrow H = A\,\alpha^2 + B\,\alpha\,Q + C\,Q^2$$

Com o objetivo de verificar a disponibilidade de equipamentos compatíveis com as condições operacionais requeridas pelo sistema, foi adotada, para fins de avaliação, a bomba da fabricante Imbil, modelo ITAP 32200, equipada com rotor de 185 mm. **Ressalta-se que equipamentos similares, com características hidráulicas e operacionais equivalentes, também apresentam condições de atendimento aos requisitos do sistema.**

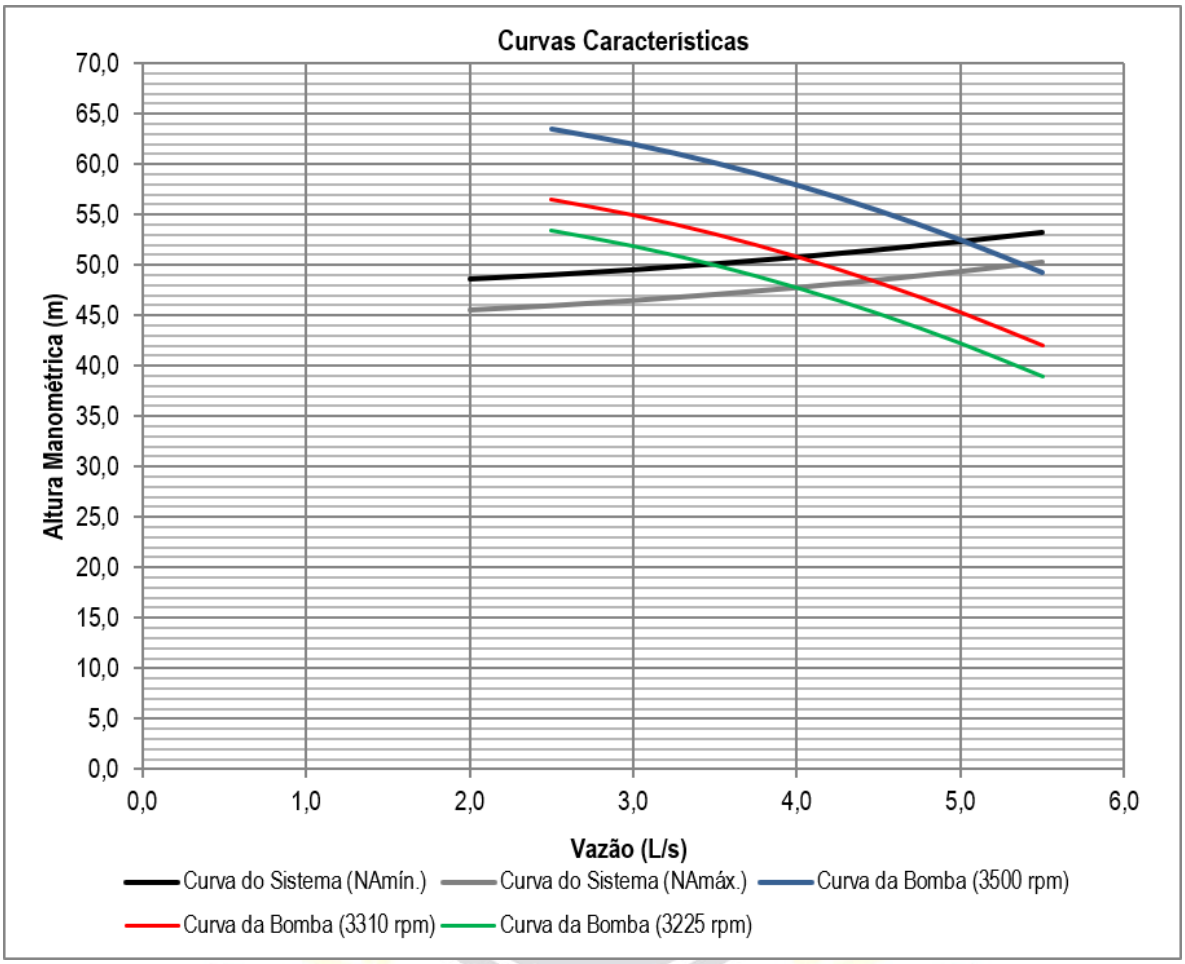
Para fins de dimensionamento foi escolhido o modelo:
IMBIL ITAP ITAP 32200 - Rotor 185 - 3500 rpm
$H = A\,\alpha^2 + B\,\alpha\,Q + C\,Q2$
A = 65,8929
C = - 0,69244
B = 0,78050

IMBIL ITAP ITAP 32200 - Rotor 185 - 3500 rpm					
Ponto_Coleta	**Vazao**	**Pressao**	**Potencia**	**Rendimento**	**Npsh**
1	0	65,8929	3,866666668116	0	2,8
2	0,8188	65,3612	4,033333333333	18,0009	2,8
3	1,6376	64,7842	4,333333333333	33,0655	2,8
4	2,4564	63,632	4,873333333333	43,168866666667	2,8

5	3,2752	61,3747	5,466666666667	49,4317	3,4
6	4,094	57,4824	6,1774	51,325633333333	4,1
7	4,9128	51,4252	6,685966666667	50,9677	4,8
8	5,7316	42,6732	6,950633333333	46,8395	5,7
	Q			**η**	**NPSH**
	4,00			51,11	4,02

IMBIL ITAP ITAP 32200 - Rotor 185 - 3500 rpm					
Q (m³/h)	**Q (L/s)**	**N =**	**3.500**	**3.310**	**3.225**
		α =	1,0000	0,9457	0,9214
0,00	0,00	H_1=	65,8929	58,9312	55,9416
3,60	1,00	H_2=	65,9810	58,9769	55,9683
5,40	1,50	H_3=	65,5057	58,4804	55,4624
7,20	2,00	H_4=	64,6841	57,6377	54,6102
9,00	2,50	H_5=	63,5164	56,4488	53,4118
10,80	3,00	H_6=	62,0024	54,9136	51,8671
12,60	3,50	H_7=	60,1423	53,0322	49,9763
14,40	4,00	H_7=	57,9359	50,8047	47,7392
16,20	4,50	H_7=	55,3832	48,2308	45,1559
18,00	5,00	H_7=	52,4844	45,3108	42,2264

19,80	5,50	H_7=	49,2393	42,0446	38,9506
21,60	6,00	H_7=	45,6481	38,4321	35,3287



Condições de Operação dos Conjuntos Motobomba:

VERTENDO PER EDUCATIONEM

Nível D'água Poço	Q_R (L/s)	N° Conj. Func.	Q_B (L/s)	AMT (m)	N(rpm)	η (%)	Potência			
							Consumida		Recom.	Inst.
							CV	kW	CV	CV
NAmín.	4,00	1	4,00	50,81	3.310	51,11	5,30	3,90	6,36	7,50
NAmáx.	4,00		4,00	47,81	3.225	51,11	4,99	3,67	6,49	7,50

Dessa forma, serão implantados 2 (dois) conjuntos motobombas com potência de 7,50 CV.

5 ANÁLISE DO NPSH

Altura manométrica de sucção (Hs):

Altura geométrica de sucção (Hgs): → 'Hgs = -1,35m
Altura manométrica de sucção (Hs): Hs = Hgs + ΣhS = -1,23 m

NPSH requerido: → **$NPSH_r$ = 4,02 m**
NPSH disponível: NPSHd = Hg - ΣΔHs + Patm/γ- Pvapor/γ
Hg - altura estática de sucção (m): 1,35m
ΣΔHs - somatório de perda de carga (m): 0,118 m
Patm - pressão atmosférica (N/m^2):
Pvapor - pressão de vapor da água (N/m^2)
γ - peso específico da água (N/m^3)
Patm/γ = 10,33
Pvapor/γ = 0,323
$NPSH_d$ = 11,24 m

Como **$NPSH_d$** > **$NPSH_r$** → A bomba não cavita.

6 ESTUDO DO GOLPE DE ARÍETE

Em um conduto forçado o transiente hidráulico é analisado aplicando as equações de conservação de massa e da quantidade de movimento para um volume de controle que acompanha o deslocamento da

onda de pressão ao longo da tubulação. É obtido um sistema de duas equações diferenciais não-lineares nas duas incógnitas (x-espaço e t- tempo), para a determinação da carga piezométrica H=H(x, t) e da velocidade V=V(x, t). A forma desse sistema de equações é:

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} + V\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{a^2}{g}\frac{\partial V}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial V}{t} + V\frac{\partial V}{\partial x} + g\frac{\partial H}{\partial x} + f\frac{V|V|}{2D} = 0$$

Como este sistema não tem solução analítica, para a integração das equações o procedimento habitual é transformá-lo num sistema de equações de diferenças finitas e admitir que a solução seja alcançada em instantes t sucessivos separados de um intervalo Δt e em pontos x específicos (separados de uma distância Δx) obedecendo a condição:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = a$$

Sendo "a" a celeridade, isto é, a velocidade de propagação da onda de pressão na tubulação. Esta celeridade, no caso da água, é calculada utilizando a expressão:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{47{,}6 + K \cdot \frac{D}{e}}}$$

onde o coeficiente K depende do material da tubulação.

As equações diferenciais acima são transformadas em um sistema de duas equações algébricas, lineares com duas incógnitas, da forma:

$$H_i^{n+1} - H^n_{i-1} + \frac{a}{g}\left(V_i^{n+1} - V^n_{i-1}\right) + \frac{f^n_{i-1}\,\Delta x}{D} \cdot V^n_{i-1}\left|V^n_{i-1}\right| = 0$$

$$H_i^{n+1} - H^n_{i+1} + \frac{a}{g}\left(V_i^{n+1} - V^n_{i+1}\right) + \frac{f^n_{i+1}\,\Delta x}{D} \cdot V^n_{i+1}\left|V^n_{i+1}\right| = 0$$

VERTENDO PER EDUCATIONEM

Com as quais se pode calcular a carga piezométrica H e a velocidade V, na iésima seção da tubulação e no dado instante n+1, a partir dos valores de H e V conhecidos nos pontos i, i-1, i+1 no instante anterior n. A simulação desses valores será feita com o software Allievi que realiza esse procedimento através do "MOC - MÉTODO DAS CARACTERÍSTICAS".

Dados:

1) Adutora:

Vazão de adução: 4,00 L/s
Vazão de uma bomba: 4,00 L/s
Diâmetro da linha de recalque: DN = 100 mm → DI = 100,80 mm
Material da linha de recalque: PVC DeFoFo
Espessura da parede do tubo: 4,80 MM
Velocidade de escoamento: 0,43 m/s
Coeficiente da tubulação: K = 18,00 (PVC DeFoFo)
Celeridade: a= 464,57 m/s

2) Bomba:

Número de bombas operando: 1 unidade
Altura manométrica de recalque: 50,84 m
Potência nos motores: 5,31 Cv = 3,903 kW
N (Rotação do motor): 3310 rpm
Momento de Inércia (Dados do Fabricante):
Bomba → GD^2 = 0,042 kgf.m² I = 0,001 kgf.m²
Motor → I = 0,009 kgf.m²
Conjunto → I = 0,010 kgf.m²

Para análise do regime transitório no sistema da adutora foi considerado primeiramente o comportamento do sistema sem nenhum dispositivo de proteção. A seguir apresentam-se os principais resultados obtidos.

Distância (m)	Linha Piez. Dinâmica (m)	Envoltória Pressões	Envoltória Pressões	Pressões Regime	Pressões Máximas (m)	Pressões Mínimas (m)	Perfil do Terreno	Perfil da Tubulação

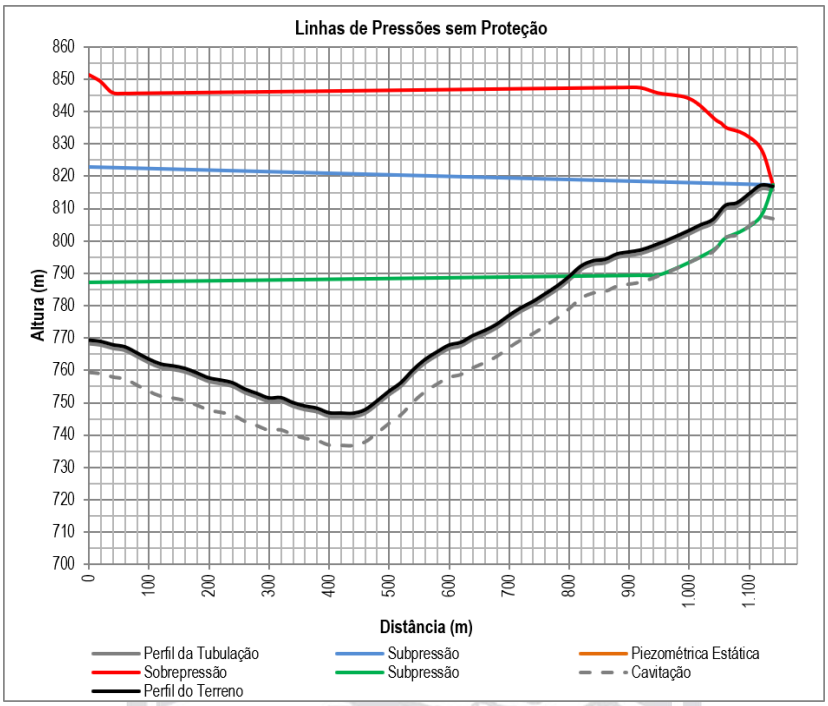
		Máximas (m)	Mínimas (m)	Permanente (m)						
							x (m)	y (m)	x (m)	y (m)
0,000	823,002	851,364	787,185	53,592	81,954	17,775	0,000	769,410	0,000	768,310
19,160	822,909	849,337	787,231	53,878	80,306	18,200	20,000	769,014	20,000	767,914
38,319	822,817	845,941	787,276	54,743	77,867	19,202	40,000	767,987	40,000	766,887
57,479	822,724	845,607	787,322	55,291	78,174	19,889	60,000	767,353	60,000	766,253
76,639	822,632	845,648	787,367	56,825	79,842	21,561	80,000	765,494	80,000	764,394
95,798	822,539	845,690	787,413	58,579	81,730	23,453	100,000	763,552	100,000	762,452
114,958	822,447	845,732	787,459	60,039	83,323	25,050	120,000	762,023	120,000	760,923
134,118	822,354	845,774	787,504	60,732	84,151	25,882	140,000	761,456	140,000	760,356
153,277	822,262	845,815	787,550	61,312	84,866	26,601	160,000	760,693	160,000	759,593
172,437	822,169	845,857	787,596	62,354	86,041	27,780	180,000	759,283	180,000	758,183
191,597	822,077	845,899	787,641	63,693	87,515	29,257	200,000	757,733	200,000	756,633
210,756	821,985	845,941	787,687	64,622	88,578	30,324	220,000	757,045	220,000	755,945
229,916	821,892	845,983	787,733	65,269	89,360	31,110	240,000	756,193	240,000	755,093
249,076	821,800	846,025	787,779	66,480	90,706	32,459	260,000	754,268	260,000	753,168

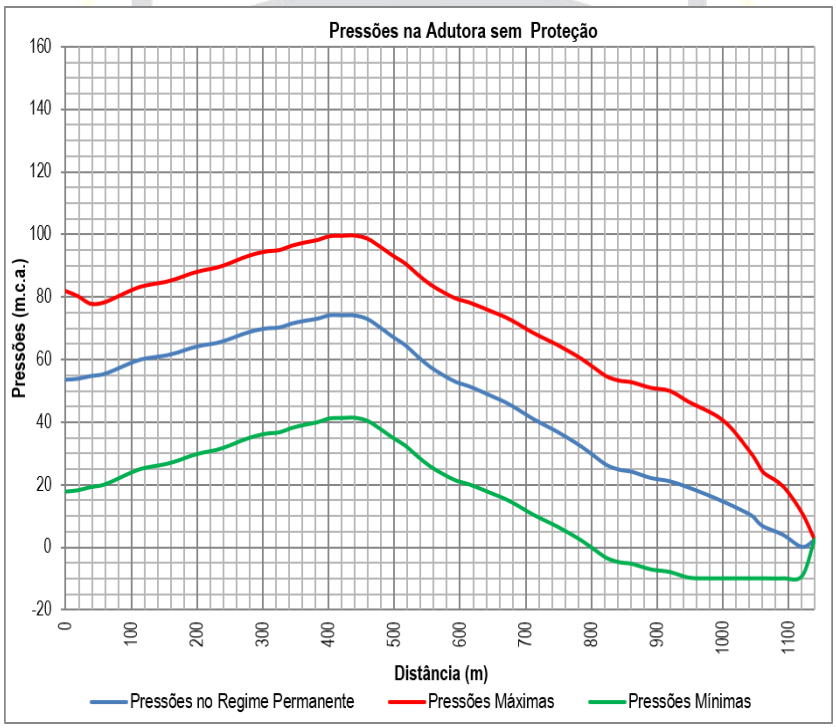
268,235	821,707	846,067	787,824	67,990	92,350	34,107	280,000	752,930	280,000	751,830
287,395	821,615	846,109	787,870	69,206	93,700	35,461	300,000	751,520	300,000	750,420
306,555	821,522	846,151	787,916	69,964	94,593	36,358	320,000	751,635	320,000	750,535
325,714	821,430	846,193	787,961	70,236	94,999	36,767	340,000	750,093	340,000	748,993
344,874	821,337	846,235	788,007	71,507	96,405	38,177	360,000	749,015	360,000	747,915
364,034	821,245	846,278	788,053	72,362	97,395	39,170	380,000	748,360	380,000	747,260
383,193	821,152	846,320	788,099	73,019	98,187	39,966	400,000	746,941	400,000	745,841
402,353	821,060	846,362	788,145	74,130	99,432	41,215	420,000	746,849	420,000	745,749
421,513	820,967	846,404	788,190	74,125	99,562	41,348	440,000	746,764	440,000	745,664
440,672	820,875	846,447	788,236	74,074	99,646	41,435	460,000	747,868	460,000	746,768
459,832	820,783	846,489	788,282	72,924	98,630	40,423	480,000	750,577	480,000	749,477
478,992	820,690	846,531	788,328	70,250	96,091	37,888	500,000	753,605	500,000	752,505
498,151	820,598	846,574	788,373	67,272	93,248	35,048	520,000	756,277	520,000	755,177
517,311	820,505	846,616	788,419	64,587	90,698	32,501	540,000	760,187	540,000	759,087
536,471	820,413	846,659	788,465	60,916	87,162	28,968	560,000	763,420	560,000	762,320
555,630	820,320	846,701	788,511	57,606	83,987	25,797	580,000	765,769	580,000	764,669
574,790	820,228	846,744	788,556	55,071	81,587	23,399	600,000	767,879	600,000	766,779

593,950	820,135	846,786	788,602	52,895	79,546	21,362	620,000	768,758	620,000	767,658
613,109	820,043	846,829	788,648	51,588	78,374	20,193	640,000	770,852	640,000	769,752
632,269	819,950	846,871	788,693	49,908	76,829	18,651	660,000	772,430	660,000	771,330
651,429	819,858	846,914	788,739	48,104	75,160	16,985	680,000	774,399	680,000	773,299
670,588	819,765	846,957	788,785	46,293	73,484	15,312	700,000	777,071	700,000	775,971
689,748	819,673	846,999	788,830	43,972	71,298	13,129	720,000	779,456	720,000	778,356
708,908	819,580	847,042	788,876	41,448	68,909	10,743	740,000	781,381	740,000	780,281
728,067	819,488	847,084	788,921	39,256	66,852	8,689	760,000	783,740	760,000	782,640
747,227	819,396	847,127	788,967	37,162	64,894	6,733	780,000	786,168	780,000	785,068
766,387	819,303	847,170	789,012	34,787	62,654	4,497	800,000	789,079	800,000	787,979
785,546	819,211	847,212	789,058	32,235	60,237	2,082	820,000	792,352	820,000	791,252
804,706	819,118	847,255	789,103	29,269	57,406	-0,746	840,000	793,975	840,000	792,875
823,866	819,026	847,298	789,149	26,360	54,632	-3,517	860,000	794,430	860,000	793,330
843,025	818,933	847,341	789,194	24,890	53,297	-4,850	880,000	796,101	880,000	795,001
862,185	818,841	847,383	789,239	24,228	52,771	-5,373	900,000	796,723	900,000	795,623
890,924	818,702	847,447	789,307	22,261	51,007	-7,133	920,000	797,349	920,000	796,249
919,664	818,563	847,366	789,375	21,225	50,027	-7,964	940,000	798,604	940,000	797,504

948,403	818,425	845,751	789,443	19,210	46,536	-9,772	960,000	800,058	960,000	798,958
977,143	818,286	845,055	791,430	16,856	43,626	-10,000	980,000	801,658	980,000	800,558
996,303	818,193	844,334	793,044	15,150	41,290	-10,000	1000,000	803,358	1000,000	802,258
1015,462	818,101	842,355	794,754	13,347	37,601	-10,000	1020,000	805,163	1020,000	804,063
1044,202	817,962	837,554	797,686	10,277	29,869	-10,000	1040,000	806,787	1040,000	805,687
1053,782	817,916	836,472	799,735	8,181	26,737	-10,000	1060,000	811,066	1060,000	809,966
1063,361	817,870	834,971	801,212	6,657	23,759	-10,000	1080,000	811,938	1080,000	810,838
1092,101	817,731	833,140	803,606	4,125	19,535	-10,000	1100,000	814,694	1100,000	813,594
1120,840	817,592	828,348	808,014	0,301	11,057	-9,277	1120,000	817,392	1120,000	816,292
1140,000	817,500	817,500	817,500	2,500	2,500	2,500	1140,000	817,000	1140,000	815,900

VERTENDO PER EDUCATIONEM


Linhas de Pressões sem Proteção
Altura (m)
860
850
840
830
820
810
800
790
780
770
760
750
740
730
720
710
700
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1.000
1.100
Distância (m)
Perfil da Tubulação
Subpressão
Piezométrica Estática
Sobrepressão
Subpressão
Cavitação
Perfil do Terreno


Pressões na Adutora sem Proteção
Pressões (m.c.a.)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
Distância (m)
Pressões no Regime Permanente
Pressões Máximas
Pressões Mínimas

Os cálculos mostram que, sem dispositivos de proteção, a pressão máxima atuante será da ordem de 98 m.c.a., valor que pode ser suportado pela tubulação em PVC Defofo 1 Mpa especificada, que é de 100 m.c.a. (PMS)*.

Obs.: PMS - Pressão máxima de serviço Pressão interna máxima, incluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar em serviço.

As pressões mínimas calculadas ao longo da extensão da linha apresentam valores negativos, verificando-se assim a necessidade de instalação de dispositivos de proteção.

7 RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Documento assinado digitalmente
gov.br
FERNANDA CLAUDIA BARBOZA DA SILVA
Data: 04/11/2026 10:47:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Fernanda Cláudia Barboza da Silva
Engenheira Civil
CREA-PE 1823734162
SIAPE 3.528.746

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOELTOM SOUZA ARANHA
Data: 04/11/2026 10:46:01-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Joeltom Souza Aranha
Engenheiro Mecânico
CREA-PE 1822479770
SIAPE 1.385.592