



MORADA NOVA
PREFEITURA



**ANEXO J – ESTUDO DOS
TRANSIENTES HIDRÁULICOS DAS
ADUTORAS – AAB/ AAT**



MORADA NOVA
PREFEITURA



**ESTUDO DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS DAS ADUTORAS
DE AAB/AAT DE EXTREMA DIREITA, POÇO DA PEDRA, PEDRA
BRANCA, BONFIM E ADJACÊNCIAS EM MORADA NOVA-CE**

MORADA NOVA – CEARÁ

MAIO/2026



MORADA NOVA
PREFEITURA

Setor de Licitação
FL. 66
Morada Nova - Ce

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado da simulação das pressões da AAB sem proteção	9
Gráfico 2 – Resultado da simulação das alturas piezométricas da AAB sem proteção.	10
Gráfico 3 – Resultado da simulação das pressões da AAB com proteção.....	16
Gráfico 4 – Resultado da simulação das alturas piezométricas da AAB com proteção	17
Gráfico 5 – Curva de admissão e expulsão de ar da ventosa utilizada	18
Gráfico 3 – Resultado da simulação das pressões da AAT sem proteção.....	23
Gráfico 4 – Resultado da simulação das alturas piezométricas da AAT sem proteção .	24



MORADA NOVA
PREFEITURA



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados para simulação dos transientes da AAB	8
Tabela 2 - Resultados das pressões simuladas na AAB (sem proteção)	11
Tabela 3 - Resultados das alturas piezométricas simuladas na AAB (sem proteção)....	12
Tabela 4 - Resultados das pressões simuladas na AAB (sem proteção)	19
Tabela 5 - Resultados das alturas piezométricas simuladas na AAB (sem proteção)....	20
Tabela 6 - Dados para simulação dos transientes da AAT	22
Tabela 7 - Resultados das pressões simuladas na AAT (sem proteção)	25
Tabela 8 - Resultados das alturas piezométricas simuladas na AAT (sem proteção)	32



SUMÁRIO

1. Introdução	6
2. Metodologia.....	7
3. Análise na AAB.....	8
3.1 Diagnóstico.....	8
3.2 Proteção	14
3.2.1 Características das ventosas.....	14
4. Análise na AAT.....	22
4.1 Diagnóstico.....	22
5. Anexos	40
5.1 Modelo Comercial de Referência das Ventosas	41



1. Introdução

O presente relatório contém os Estudos dos Transientes Hidráulicos das adutoras integrantes do SAA de Extrema Direita, Poço Da Pedra, Pedra Branca, Bonfim e Adjacências em Morada Nova, CE. Neste relatório serão apresentados estudos de transientes hidráulicos dos seguintes sistemas:

1. Sistema adutor AAB;

2. Sistema adutor AAT.

Os Estudos de Transientes foram desenvolvidos com os seguintes objetivos:

- determinação das pressões extremas em regime transitório, ao longo dos sistemas;
- proposição, seleção e dimensionamento hidráulico de dispositivos de proteção que sejam necessários para garantir a segurança dos sistemas frente ao golpe de aríete;
- consolidação das classes de pressão das tubulações e acessórios a serem utilizadas ao longo das adutoras.

Nas simulações, considerou-se a situação mais desfavorável no que tange aos regimes transientes, correspondente ao desligamento súbito dos conjuntos, em função da interrupção do fornecimento de energia elétrica aos motores.

Quando necessário foram selecionados e dimensionados dispositivos de proteção de modo a evitar a ocorrência de pressões subatmosféricas (negativas) abaixo de -4 m.c.a. ao longo da adutora, que possam comprometer a segurança do sistema, assim como para impedir a ocorrência de pressões máximas superiores à pressão máxima admissível nas tubulações.

Deve-se evitar a ocorrência da pressão de vapor objetivando-se evitar a macro cavitação e a ruptura da coluna líquida, que traz como efeitos associados o aparecimento de depressões que tendem a colapsar a tubulação e o surgimento de sobrepressões elevadas, resultantes da reintegração das fases líquidas, que poderiam danificar a tubulação. A ocorrência de macro cavitação poderá ainda resultar no desgaste prematuro das tubulações, seja pela cavitação transitória propriamente dita seja pelos esforços oscilantes de alta frequência que dela advêm, comprometendo a longevidade das instalações.



Para a análise dos transientes hidráulicos e a determinação da curva piezométrica das adutoras projetadas, foi empregado o *software* de modelagem hidráulica Allievi, desenvolvido pela Universidade Politécnica de Valência (Espanha) e disponibilizado por meio da plataforma virtual ITA-UPV. O *software* permite a simulação de regimes transitórios, possibilitando a avaliação dos efeitos hidráulicos resultantes de diferentes manobras operacionais nos componentes do sistema hidráulico (ITA, 2010).

2. Metodologia

No Allievi, o cálculo hidráulico é realizado por meio do método das características, utilizado para determinar as envoltórias de pressão das tubulações em estudo. Os resultados obtidos têm como limitantes as condições de contorno informadas ao *software*, como reservatórios, estações de bombeamento, válvulas e demais dispositivos instalados (ITA-UPV, 2010).

Os resultados são apresentados em formato de tabela de dados e gráficos que apresentam as linhas de terreno, pressões máximas e mínimas, as chamadas envoltórias de alturas piezométricas. Com isso é possível prever pontos de ruptura, ocorrência de cavitação e o intervalo de pressões que o sistema irá atingir. Além desses, o Allievi apresenta animações da propagação da onda de choque pelas tubulações, um outro instrumento de análise do sistema.



3. Análise na AAB

Os dados utilizados na simulação estão presentes na **Tabela 1**:

Tabela 1 - Dados para simulação dos transientes da AAB

Descrição	Quantidade / Material	Unidade
Comprimento da linha	1.803,40	m
Diâmetro da tubulação	100	mm
Diâmetro interno	100	mm
Material da tubulação	PVC/PBA JEI CL-12	-
Espessura da parede da tubulação	5,0	mm
Celeridade da onda calculada	489,943	m/s
Vazão de bombeamento	5,55	l/s
P. mínima admissível	- 4	m.c.a.
Potência da bomba	3,50	cv
Velocidade de rotação da bomba	3500	rpm

Fonte: Tecnosan, 2026.

3.1 Diagnóstico

O diagnóstico das pressões extremas foi realizado considerando a manobra de desligamento súbito do conjunto moto-bomba, a qual é a condição mais desfavorável no que se refere aos transientes hidráulicos. Nos resultados apresentados, são mostradas as envoltórias de pressões extremas, na ausência de dispositivos de proteção, que caracterizaram o comportamento das pressões no sistema após o desligamento súbito do grupo.

Os gráficos abaixo demonstram os resultados das simulações realizadas no *software* Allievi para a AAB sem a utilização de dispositivos de proteção:



Gráfico 1 – Resultado da simulação das pressões da AAB sem proteção

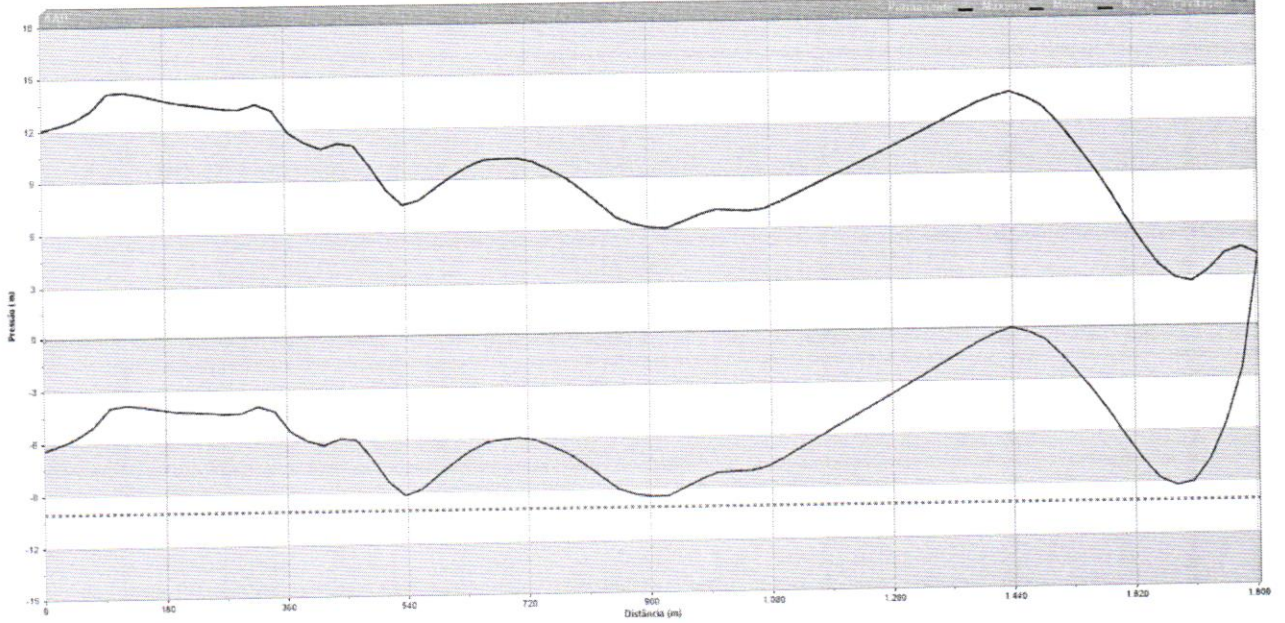




Gráfico 2 – Resultado da simulação das alturas piezométricas da AAB sem proteção

Setor de Licitação
633
FL. 10
Morada Nova - Ce

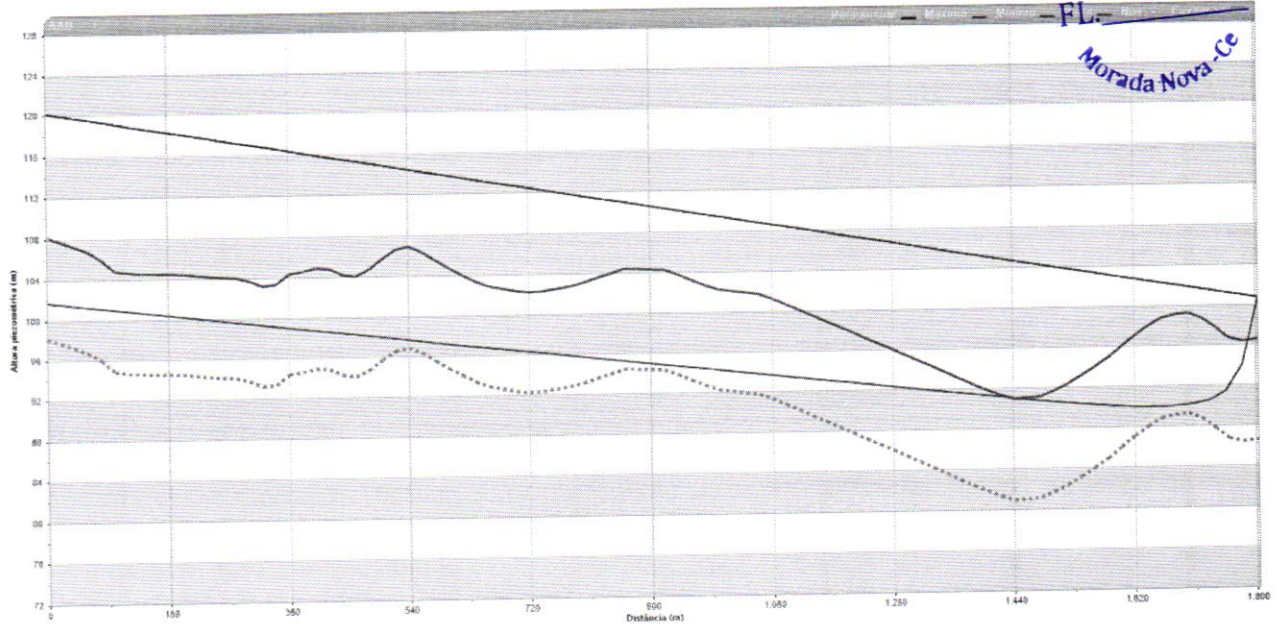




Tabela 2 - Resultados das pressões simuladas na AAB (sem proteção)

PRESSÕES (P)							
Nós	Trechos	Extensão	Regime Permanente	Diâmetro Interno (mm)	Material	Pressões Máximas (m.c.a)	Pressões Mínimas (m.c.a)
0	0,00	0,00	12,08	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,08	-6,36
1	24,37	24,37	12,33	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,33	-6,04
2	48,73	24,37	12,64	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,64	-5,65
3	73,10	24,37	13,19	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,19	-5,03
4	97,47	24,37	14,18	100,00	PVC PBA JEI CL-12	14,18	-3,96
5	121,83	24,37	14,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	14,24	-3,82
6	146,20	24,37	14,08	100,00	PVC PBA JEI CL-12	14,08	-3,91
7	170,57	24,37	13,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,85	-4,06
8	194,93	24,37	13,63	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,63	-4,20
9	219,30	24,37	13,51	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,51	-4,25
10	243,67	24,37	13,39	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,39	-4,29
11	268,03	24,37	13,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,24	-4,36
12	292,40	24,37	13,21	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,21	-4,32
13	316,77	24,37	13,51	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,51	-3,94
14	341,13	24,37	13,13	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,13	-4,24
15	365,50	24,37	11,84	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,84	-5,44
16	389,87	24,37	11,26	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,26	-5,95
17	414,23	24,37	10,89	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,89	-6,24
18	438,60	24,37	11,21	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,21	-5,84
19	462,97	24,37	11,06	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,06	-5,91
20	487,33	24,37	9,87	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,87	-7,02
21	511,70	24,37	8,47	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,47	-8,35
22	536,07	24,37	7,61	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,61	-9,12
23	560,43	24,37	7,86	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,86	-8,80
24	584,80	24,37	8,56	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,56	-8,02
25	609,17	24,37	9,21	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,21	-7,28
26	633,53	24,37	9,78	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,78	-6,63
27	657,90	24,37	10,16	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,16	-6,17
28	682,27	24,37	10,23	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,23	-6,02
29	706,63	24,37	10,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,24	-5,94
30	731,00	24,37	10,02	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,02	-6,07
31	755,37	24,37	9,56	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,56	-6,46
32	779,73	24,37	9,03	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,03	-6,90
33	804,10	24,37	8,32	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,32	-7,53
34	828,47	24,37	7,53	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,53	-8,23
35	852,83	24,37	6,75	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,75	-8,94
36	877,20	24,37	6,36	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,36	-9,24
37	901,56	24,37	6,15	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,15	-9,38
38	925,93	24,37	6,07	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,07	-9,37
39	950,30	24,37	6,45	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,45	-8,91
40	974,66	24,37	6,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,85	-8,43
41	999,03	24,37	7,13	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,13	-8,06
42	1023,40	24,37	7,10	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,10	-8,02
43	1047,76	24,37	7,04	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,04	-7,98
44	1072,13	24,37	7,17	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,17	-7,78
45	1096,50	24,37	7,57	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,57	-7,29
46	1120,86	24,37	8,03	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,03	-6,75
47	1145,23	24,37	8,48	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,48	-6,21
48	1169,60	24,37	8,94	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,94	-5,67
49	1193,96	24,37	9,40	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,40	-5,13
50	1218,33	24,37	9,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,85	-4,59



51	1242,70	24,37	10,31	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,31	-4,05
52	1267,06	24,37	10,76	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,76	-3,51
53	1291,43	24,37	11,22	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,22	-2,97
54	1315,80	24,37	11,69	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,69	-2,42
55	1340,16	24,37	12,17	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,17	-1,85
56	1364,53	24,37	12,65	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,65	-1,29
57	1388,90	24,37	13,10	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,10	-0,75
58	1413,26	24,37	13,47	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,47	-0,29
59	1437,63	24,37	13,72	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,72	0,05
60	1462,00	24,37	13,39	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,39	-0,19
61	1486,36	24,37	12,86	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,86	-0,62
62	1510,73	24,37	11,88	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,88	-1,50
63	1535,10	24,37	10,70	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,70	-2,57
64	1559,46	24,37	9,43	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,43	-3,72
65	1583,83	24,37	8,01	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,01	-5,01
66	1608,20	24,37	6,41	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,41	-6,44
67	1632,56	24,37	4,92	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,92	-7,74
68	1656,93	24,37	3,64	100,00	PVC PBA JEI CL-12	3,64	-8,76
69	1681,30	24,37	2,91	100,00	PVC PBA JEI CL-12	2,91	-9,15
70	1705,66	24,37	2,69	100,00	PVC PBA JEI CL-12	2,69	-8,95
71	1730,03	24,37	3,32	100,00	PVC PBA JEI CL-12	3,32	-7,71
72	1754,40	24,37	4,30	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,30	-5,58
73	1778,76	24,37	4,63	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,63	-2,42
74	1803,13	24,37	4,20	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,20	4,20

Tabela 3 - Resultados das alturas piezométricas simuladas na AAB (sem proteção)

ALTURA PIEZOMÉTRICA (M)							
Nós	Trechos	Extensão	Regime Permanente	Diâmetro Interno (mm)	Material	Alturas Piezométricas Máximas	Alturas Piezométricas Mínimas
0	0,00	0,00	120,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	120,24	101,80
1	24,37	24,37	119,98	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,98	101,61
2	48,73	24,37	119,72	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,72	101,42
3	73,10	24,37	119,46	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,46	101,24
4	97,47	24,37	119,19	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,19	101,05
5	121,83	24,37	118,93	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,93	100,87
6	146,20	24,37	118,67	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,67	100,68
7	170,57	24,37	118,41	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,41	100,49
8	194,93	24,37	118,14	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,14	100,31
9	219,30	24,37	117,88	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,88	100,12
10	243,67	24,37	117,62	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,62	99,94
11	268,03	24,37	117,36	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,36	99,76
12	292,40	24,37	117,09	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,09	99,57
13	316,77	24,37	116,83	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,83	99,39
14	341,13	24,37	116,57	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,57	99,20
15	365,50	24,37	116,31	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,31	99,02
16	389,87	24,37	116,04	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,04	98,83
17	414,23	24,37	115,78	100,00	PVC PBA JEI CL-12	115,78	98,65
18	438,60	24,37	115,52	100,00	PVC PBA JEI CL-12	115,52	98,47
19	462,97	24,37	115,26	100,00	PVC PBA JEI CL-12	115,26	98,28
20	487,33	24,37	114,99	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,99	98,10
21	511,70	24,37	114,73	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,73	97,92
22	536,07	24,37	114,47	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,47	97,73
23	560,43	24,37	114,20	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,20	97,55
24	584,80	24,37	113,94	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,94	97,37



MORADA NOVA
PREFEITURA

Setor de Licitação
CL. 636
Morada Nova-Lic

25	609,17	24,37	113,68	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,68	97,00
26	633,53	24,37	113,42	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,42	96,82
27	657,90	24,37	113,15	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,15	96,64
28	682,27	24,37	112,89	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,89	96,46
29	706,63	24,37	112,63	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,63	96,27
30	731,00	24,37	112,37	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,37	96,09
31	755,37	24,37	112,10	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,10	95,91
32	779,73	24,37	111,84	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,84	95,73
33	804,10	24,37	111,58	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,58	95,55
34	828,47	24,37	111,32	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,32	95,37
35	852,83	24,37	111,05	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,05	95,19
36	877,20	24,37	110,79	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,79	95,01
37	901,56	24,37	110,53	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,53	94,83
38	925,93	24,37	110,27	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,27	94,65
39	950,30	24,37	110,00	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,00	94,47
40	974,66	24,37	109,74	100,00	PVC PBA JEI CL-12	109,74	94,29
41	999,03	24,37	109,48	100,00	PVC PBA JEI CL-12	109,48	94,11
42	1023,40	24,37	109,22	100,00	PVC PBA JEI CL-12	109,22	93,93
43	1047,76	24,37	108,95	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,95	93,75
44	1072,13	24,37	108,69	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,69	93,57
45	1096,50	24,37	108,43	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,43	93,39
46	1120,86	24,37	108,17	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,17	93,21
47	1145,23	24,37	107,90	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,90	93,03
48	1169,60	24,37	107,64	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,64	92,85
49	1193,96	24,37	107,38	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,38	92,67
50	1218,33	24,37	107,12	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,12	92,49
51	1242,70	24,37	106,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,85	92,31
52	1267,06	24,37	106,59	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,59	92,14
53	1291,43	24,37	106,33	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,33	91,96
54	1315,80	24,37	106,07	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,07	91,78
55	1340,16	24,37	105,80	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,80	91,61
56	1364,53	24,37	105,54	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,54	91,43
57	1388,90	24,37	105,28	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,28	91,26
58	1413,26	24,37	105,02	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,02	91,08
59	1437,63	24,37	104,75	100,00	PVC PBA JEI CL-12	104,75	90,91
60	1462,00	24,37	104,49	100,00	PVC PBA JEI CL-12	104,49	90,75
61	1486,36	24,37	104,23	100,00	PVC PBA JEI CL-12	104,23	90,59
62	1510,73	24,37	103,97	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,97	90,43
63	1535,10	24,37	103,70	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,70	90,29
64	1559,46	24,37	103,44	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,44	90,16
65	1583,83	24,37	103,18	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,18	90,06
66	1608,20	24,37	102,92	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,92	90,00
67	1632,56	24,37	102,65	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,65	89,99
68	1656,93	24,37	102,39	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,39	90,06
69	1681,30	24,37	102,13	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,13	90,23
70	1705,66	24,37	101,87	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,87	90,57
71	1730,03	24,37	101,60	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,60	91,46
72	1754,40	24,37	101,34	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,34	94,03
73	1778,76	24,37	101,08	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,08	100,82
74	1803,13	24,37	100,82	100,00	PVC PBA JEI CL-12	100,82	



Após a análise, foi possível constatar que não houve pontos em que as sobrepressões ultrapassassem a pressão máxima admissível para o funcionamento adequado da adutora (60 m.c.a), indicando que o sistema operou dentro dos limites de segurança. No entanto, foi verificado que houveram depressões ao longo da linha de recalque que atingiram a pressão de vapor do fluido. Dessa forma, foi visto haver necessidade de instalação de dispositivos de proteção para auxiliar no funcionamento adequado da adutora.

Conclusão: É necessário prever dispositivos de proteção para atenuação das subpressões na adutora em conformidade com o Caderno de Normas Técnicas da CAGECE – SPO-014, a qual estabelece como limite mínimo admissível o valor de -4 m.c.a.

3.2 Proteção

Para proteção do sistema contra os efeitos dos transientes hidráulicos recomendamos as seguintes intervenções:

- Implantação de válvula de retenção de portinhola dupla DN 100mm logo a jusante dos grupos, na estação elevatória.
- Implantação de duas ventosas de abertura rápida e fechamento lento (*non slam*), posicionadas a 180 metros e a 540 metros da estação elevatória. A posição das ventosas poderá sofrer ajuste no projeto com variação de até 10 metros para montante ou para jusante em relação à posição indicada, mantendo-se as ventosas no ponto alto do perfil da tubulação.

Conclusão: Com a implantação dos dispositivos de proteção o sistema estará seguro no que se refere aos efeitos dos transientes hidráulicos.

3.2.1 Características das ventosas

As ventosas previstas nas adutoras do presente relatório de análise de transientes deverão ser do tipo tríplex função, com dispositivo de abertura rápida e fechamento lento (*non slam*). Para a ventosa DN 50 considerada, a capacidade de admissão de ar deverá atender a vazões da ordem de até aproximadamente 50 m³/h para uma pressão diferencial de 0,02 bar, conforme interpolação da curva característica do equipamento, garantindo a proteção do sistema contra subpressões durante esvaziamentos ou paradas repentinas do escoamento.

A expulsão de ar deverá ocorrer de forma controlada e progressiva, característica do mecanismo de fechamento lento, de modo a evitar o encontro brusco de colunas líquidas e a



consequente geração de sobrepressões transitórias. Para essa condição, a ventosa DN 50 apresenta capacidade de expulsão compatível com vazões da ordem de até aproximadamente 100 m³/h sob pressão interna de 0,02 bar, mantendo comportamento estável e seguro durante o enchimento da tubulação.

Dessa forma, a ventosa selecionada apresenta desempenho adequado para o controle dos fenômenos transitórios, assegurando tanto a admissão eficiente de ar em situações de depressão quanto a expulsão gradual durante a pressurização do sistema, contribuindo para a mitigação de golpes de aríete e para a integridade hidráulica da adutora.

Modelo de Referência para Ventosa de Fechamento Lento:

- Ventosa de Trílice Função *Non Slam* modelo V301 - DN 50 mm.

Gráfico 3 – Resultado da simulação das pressões da AAB com proteção

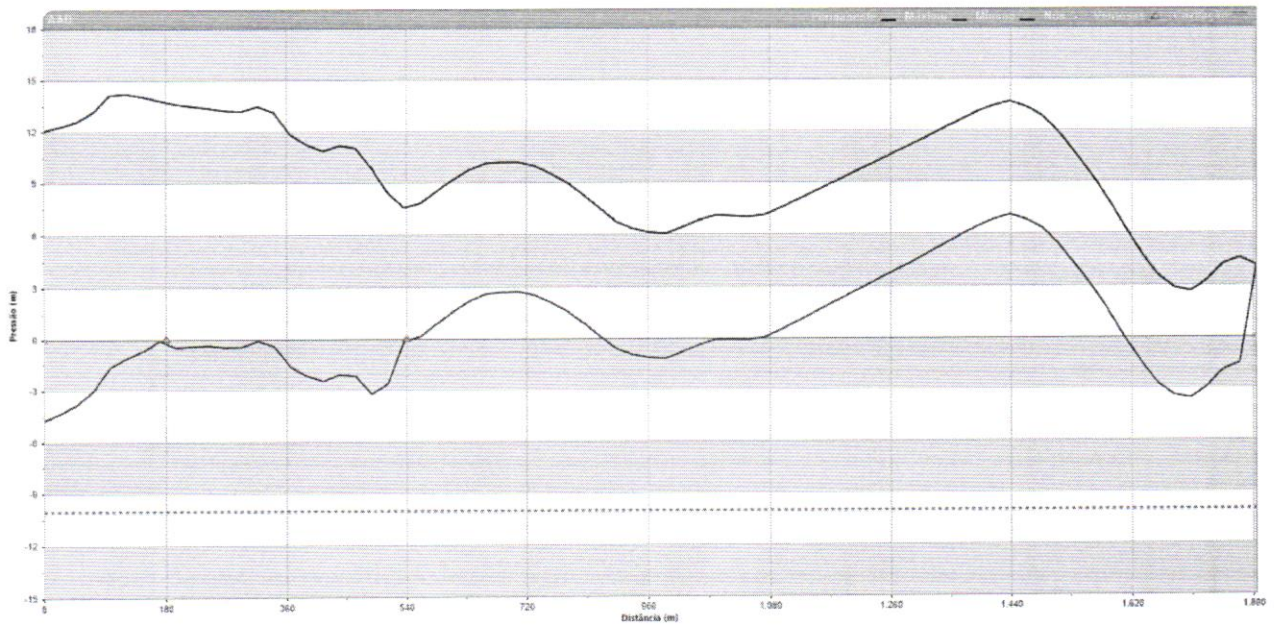


Gráfico 4 – Resultado da simulação das alturas piezométricas da AAB com proteção

Setor de Licitação
FL. 640
Morada Nova-Ce

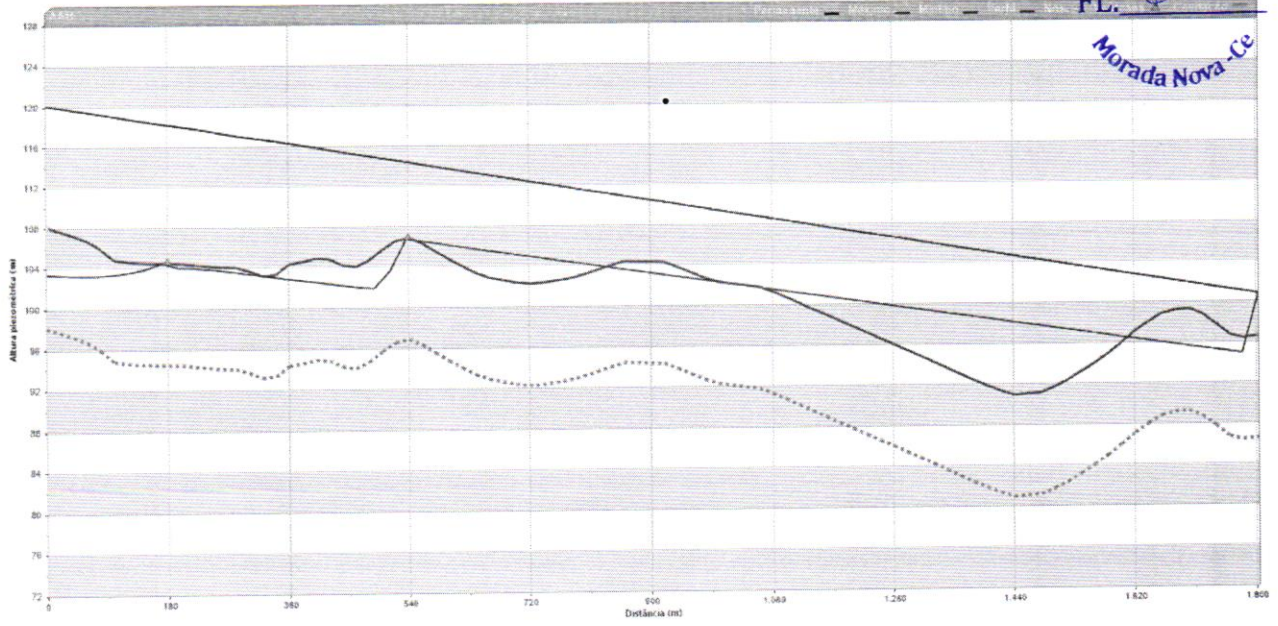


Gráfico 5 – Curva de admissão e expulsão de ar da ventosa utilizada

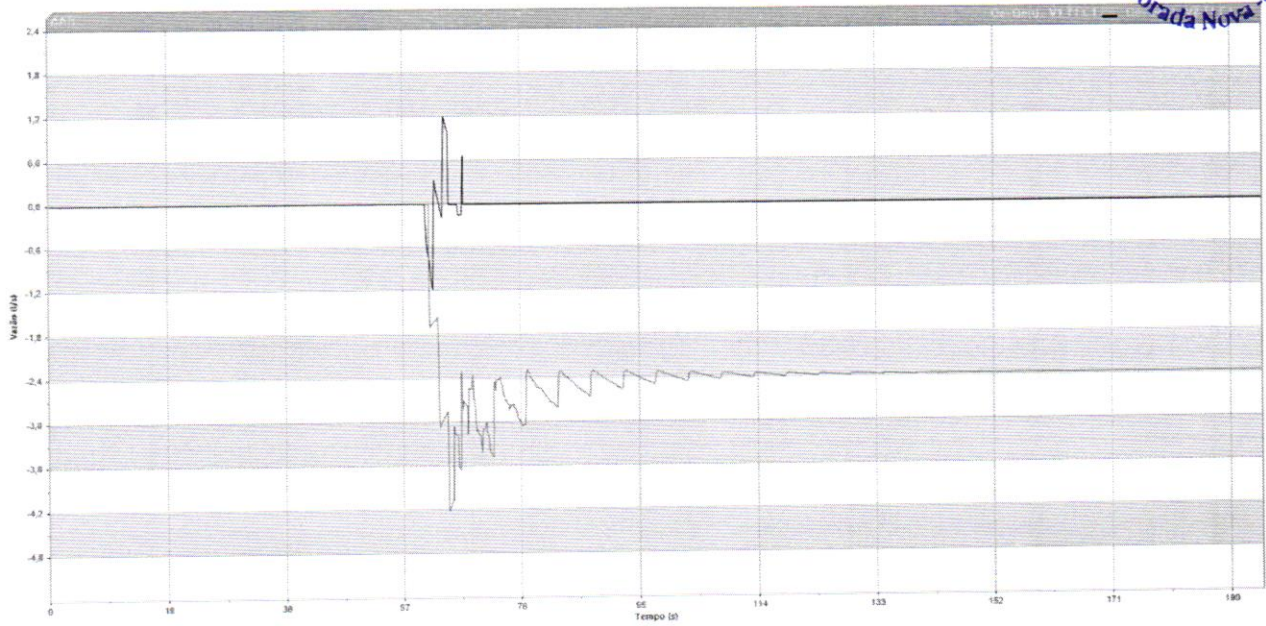




Tabela 4 - Resultados das pressões simuladas na AAB (sem proteção)

PRESSÕES (P)							
Nós	Trechos	Extensão	Regime Permanente	Diâmetro Interno (mm)	Material	Pressões Máximas (m.c.a)	Pressões Mínimas (m.c.a)
0	0,00	0,00	12,08	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,08	-4,00
1	24,37	24,37	12,33	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,33	-4,00
2	48,73	24,37	12,64	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,64	-3,77
3	73,10	24,37	13,19	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,19	-2,95
4	97,47	24,37	14,18	100,00	PVC PBA JEI CL-12	14,18	-1,61
5	121,83	24,37	14,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	14,24	-1,08
6	146,20	24,37	14,08	100,00	PVC PBA JEI CL-12	14,08	-0,63
7	170,57	24,37	13,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,85	-0,02
8	194,93	24,37	13,63	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,63	-0,42
9	219,30	24,37	13,51	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,51	-0,35
10	243,67	24,37	13,39	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,39	-0,31
11	268,03	24,37	13,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,24	-0,41
12	292,40	24,37	13,21	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,21	-0,39
13	316,77	24,37	13,51	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,51	-0,03
14	341,13	24,37	13,13	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,13	-0,36
15	365,50	24,37	11,84	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,84	-1,58
16	389,87	24,37	11,26	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,26	-2,11
17	414,23	24,37	10,89	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,89	-2,43
18	438,60	24,37	11,21	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,21	-2,05
19	462,97	24,37	11,06	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,06	-2,14
20	487,33	24,37	9,87	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,87	-3,18
21	511,70	24,37	8,47	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,47	-2,59
22	536,07	24,37	7,61	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,61	-0,06
23	560,43	24,37	7,86	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,86	0,22
24	584,80	24,37	8,56	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,56	0,94
25	609,17	24,37	9,21	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,21	1,63
26	633,53	24,37	9,78	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,78	2,23
27	657,90	24,37	10,16	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,16	2,63
28	682,27	24,37	10,23	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,23	2,73
29	706,63	24,37	10,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,24	2,76
30	731,00	24,37	10,02	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,02	2,57
31	755,37	24,37	9,56	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,56	2,14
32	779,73	24,37	9,03	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,03	1,64
33	804,10	24,37	8,32	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,32	0,95
34	828,47	24,37	7,53	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,53	0,19
35	852,83	24,37	6,75	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,75	-0,56
36	877,20	24,37	6,36	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,36	-0,92
37	901,56	24,37	6,15	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,15	-1,11
38	925,93	24,37	6,07	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,07	-1,16
39	950,30	24,37	6,45	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,45	-0,75
40	974,66	24,37	6,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,85	-0,32
41	999,03	24,37	7,13	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,13	-0,01
42	1023,40	24,37	7,10	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,10	-0,02
43	1047,76	24,37	7,04	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,04	-0,03
44	1072,13	24,37	7,17	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,17	0,13
45	1096,50	24,37	7,57	100,00	PVC PBA JEI CL-12	7,57	0,56
46	1120,86	24,37	8,03	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,03	1,05
47	1145,23	24,37	8,48	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,48	1,53
48	1169,60	24,37	8,94	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,94	2,02
49	1193,96	24,37	9,40	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,40	2,50
50	1218,33	24,37	9,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,85	2,99



51	1242,70	24,37	10,31	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,31	3,47
52	1267,06	24,37	10,76	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,76	3,96
53	1291,43	24,37	11,22	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,22	4,44
54	1315,80	24,37	11,69	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,69	4,94
55	1340,16	24,37	12,17	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,17	5,45
56	1364,53	24,37	12,65	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,65	5,96
57	1388,90	24,37	13,10	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,10	6,44
58	1413,26	24,37	13,47	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,47	6,86
59	1437,63	24,37	13,72	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,72	7,14
60	1462,00	24,37	13,39	100,00	PVC PBA JEI CL-12	13,39	6,84
61	1486,36	24,37	12,86	100,00	PVC PBA JEI CL-12	12,86	6,34
62	1510,73	24,37	11,88	100,00	PVC PBA JEI CL-12	11,88	5,39
63	1535,10	24,37	10,70	100,00	PVC PBA JEI CL-12	10,70	4,24
64	1559,46	24,37	9,43	100,00	PVC PBA JEI CL-12	9,43	3,00
65	1583,83	24,37	8,01	100,00	PVC PBA JEI CL-12	8,01	1,61
66	1608,20	24,37	6,41	100,00	PVC PBA JEI CL-12	6,41	0,05
67	1632,56	24,37	4,92	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,92	-1,42
68	1656,93	24,37	3,64	100,00	PVC PBA JEI CL-12	3,64	-2,66
69	1681,30	24,37	2,91	100,00	PVC PBA JEI CL-12	2,91	-3,36
70	1705,66	24,37	2,69	100,00	PVC PBA JEI CL-12	2,69	-3,55
71	1730,03	24,37	3,32	100,00	PVC PBA JEI CL-12	3,32	-2,89
72	1754,40	24,37	4,30	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,30	-1,88
73	1778,76	24,37	4,63	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,63	-1,51
74	1803,13	24,37	4,20	100,00	PVC PBA JEI CL-12	4,20	4,20

Tabela 5 - Resultados das alturas piezométricas simuladas na AAB (sem proteção)

ALTURA PIEZOMÉTRICA (M)							
Nós	Trechos	Extensão	Regime Permanente	Diâmetro Interno (mm)	Material	Alturas Piezométricas Máximas	Alturas Piezométricas Mínimas
0	0,00	0,00	120,24	100,00	PVC PBA JEI CL-12	120,24	103,46
1	24,37	24,37	119,98	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,98	103,37
2	48,73	24,37	119,72	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,72	103,31
3	73,10	24,37	119,46	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,46	103,31
4	97,47	24,37	119,19	100,00	PVC PBA JEI CL-12	119,19	103,40
5	121,83	24,37	118,93	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,93	103,61
6	146,20	24,37	118,67	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,67	103,95
7	170,57	24,37	118,41	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,41	104,54
8	194,93	24,37	118,14	100,00	PVC PBA JEI CL-12	118,14	104,09
9	219,30	24,37	117,88	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,88	104,02
10	243,67	24,37	117,62	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,62	103,92
11	268,03	24,37	117,36	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,36	103,71
12	292,40	24,37	117,09	100,00	PVC PBA JEI CL-12	117,09	103,50
13	316,77	24,37	116,83	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,83	103,29
14	341,13	24,37	116,57	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,57	103,08
15	365,50	24,37	116,31	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,31	102,88
16	389,87	24,37	116,04	100,00	PVC PBA JEI CL-12	116,04	102,67
17	414,23	24,37	115,78	100,00	PVC PBA JEI CL-12	115,78	102,46
18	438,60	24,37	115,52	100,00	PVC PBA JEI CL-12	115,52	102,26
19	462,97	24,37	115,26	100,00	PVC PBA JEI CL-12	115,26	102,05
20	487,33	24,37	114,99	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,99	101,93
21	511,70	24,37	114,73	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,73	103,68
22	536,07	24,37	114,47	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,47	106,80
23	560,43	24,37	114,20	100,00	PVC PBA JEI CL-12	114,20	106,56
24	584,80	24,37	113,94	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,94	106,33



25	609,17	24,37	113,68	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,68	106,09
26	633,53	24,37	113,42	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,42	105,86
27	657,90	24,37	113,15	100,00	PVC PBA JEI CL-12	113,15	105,62
28	682,27	24,37	112,89	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,89	105,39
29	706,63	24,37	112,63	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,63	105,15
30	731,00	24,37	112,37	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,37	104,92
31	755,37	24,37	112,10	100,00	PVC PBA JEI CL-12	112,10	104,68
32	779,73	24,37	111,84	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,84	104,45
33	804,10	24,37	111,58	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,58	104,21
34	828,47	24,37	111,32	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,32	103,98
35	852,83	24,37	111,05	100,00	PVC PBA JEI CL-12	111,05	103,74
36	877,20	24,37	110,79	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,79	103,51
37	901,56	24,37	110,53	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,53	103,27
38	925,93	24,37	110,27	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,27	103,04
39	950,30	24,37	110,00	100,00	PVC PBA JEI CL-12	110,00	102,80
40	974,66	24,37	109,74	100,00	PVC PBA JEI CL-12	109,74	102,57
41	999,03	24,37	109,48	100,00	PVC PBA JEI CL-12	109,48	102,34
42	1023,40	24,37	109,22	100,00	PVC PBA JEI CL-12	109,22	102,11
43	1047,76	24,37	108,95	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,95	101,88
44	1072,13	24,37	108,69	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,69	101,65
45	1096,50	24,37	108,43	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,43	101,42
46	1120,86	24,37	108,17	100,00	PVC PBA JEI CL-12	108,17	101,18
47	1145,23	24,37	107,90	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,90	100,95
48	1169,60	24,37	107,64	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,64	100,72
49	1193,96	24,37	107,38	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,38	100,48
50	1218,33	24,37	107,12	100,00	PVC PBA JEI CL-12	107,12	100,25
51	1242,70	24,37	106,85	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,85	100,02
52	1267,06	24,37	106,59	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,59	99,78
53	1291,43	24,37	106,33	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,33	99,55
54	1315,80	24,37	106,07	100,00	PVC PBA JEI CL-12	106,07	99,32
55	1340,16	24,37	105,80	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,80	99,09
56	1364,53	24,37	105,54	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,54	98,85
57	1388,90	24,37	105,28	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,28	98,62
58	1413,26	24,37	105,02	100,00	PVC PBA JEI CL-12	105,02	98,40
59	1437,63	24,37	104,75	100,00	PVC PBA JEI CL-12	104,75	98,17
60	1462,00	24,37	104,49	100,00	PVC PBA JEI CL-12	104,49	97,94
61	1486,36	24,37	104,23	100,00	PVC PBA JEI CL-12	104,23	97,71
62	1510,73	24,37	103,97	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,97	97,48
63	1535,10	24,37	103,70	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,70	97,25
64	1559,46	24,37	103,44	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,44	97,01
65	1583,83	24,37	103,18	100,00	PVC PBA JEI CL-12	103,18	96,78
66	1608,20	24,37	102,92	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,92	96,55
67	1632,56	24,37	102,65	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,65	96,32
68	1656,93	24,37	102,39	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,39	96,09
69	1681,30	24,37	102,13	100,00	PVC PBA JEI CL-12	102,13	95,85
70	1705,66	24,37	101,87	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,87	95,62
71	1730,03	24,37	101,60	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,60	95,39
72	1754,40	24,37	101,34	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,34	95,16
73	1778,76	24,37	101,08	100,00	PVC PBA JEI CL-12	101,08	94,95
74	1803,13	24,37	100,82	100,00	PVC PBA JEI CL-12	100,82	100,82



4. Análise na AAT

Os dados utilizados na simulação estão presentes na **Tabela 6**:

Tabela 6 - Dados para simulação dos transientes da AAT

Descrição	Quantidade / Material	Unidade
Comprimento da linha	7.862,52	m
Diâmetro da tubulação	100	mm
Diâmetro interno	100	mm
Material da tubulação	PVC/PBA JEI CL-15	-
Espessura da parede da tubulação	6,1	mm
Celeridade da onda calculada	388,054	m/s
Vazão de bombeamento	5,28	l/s
P. mínima admissível	- 4	m.c.a.
Potência da bomba	7,50	cv
Velocidade de rotação da bomba	3500	rpm

4.1 Diagnóstico

O diagnóstico das pressões extremas foi realizado considerando a manobra de desligamento súbito do conjunto moto-bomba, a qual é a condição mais desfavorável no que se refere aos transientes hidráulicos. Nos resultados apresentados, são mostradas as envoltórias de pressões extremas, na ausência de dispositivos de proteção, que caracterizaram o comportamento das pressões no sistema após o desligamento súbito do grupo.

Os gráficos abaixo demonstram os resultados das simulações realizadas no *software* Allievi para a AAT sem a utilização de dispositivos de proteção:

Gráfico 6 – Resultado da simulação das pressões da AAT sem proteção

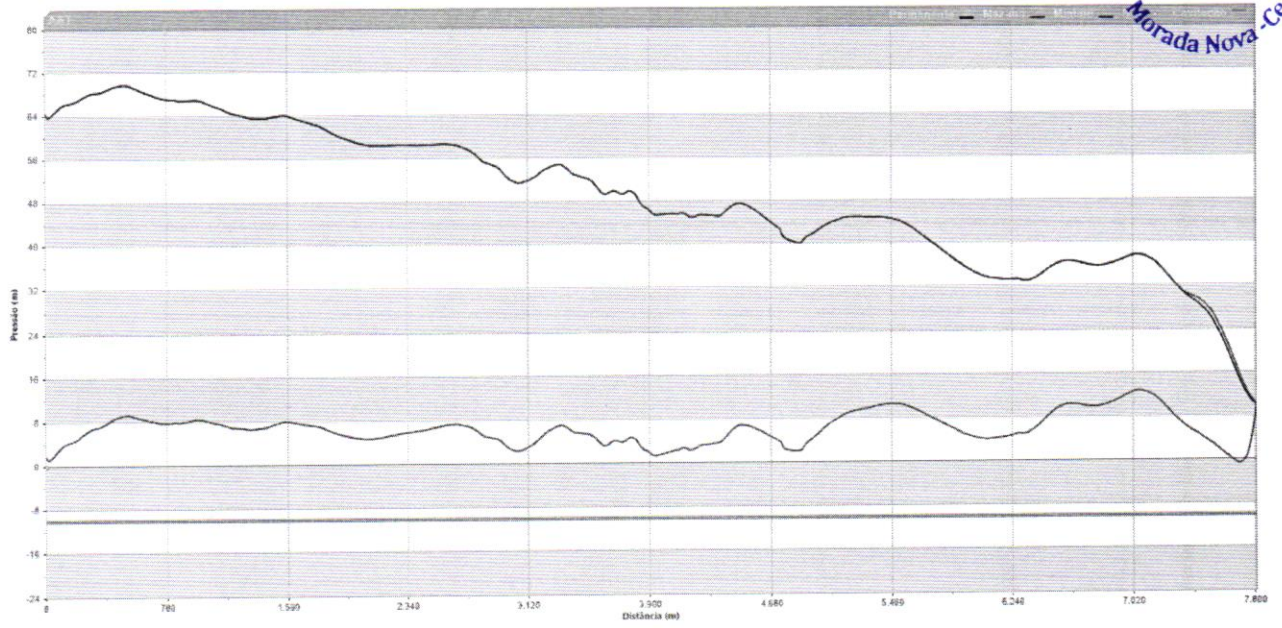


Gráfico 7 – Resultado da simulação das alturas piezométricas da AAT sem proteção

