

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF

SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE

ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Estacas de Projeto	Estacas de Cálculo	Distância Parcial (m)	Distância Acumulada (m)	Q (L/s)	Vazão de Contribuição (L/s)	Diâmetro Econômico (mm)	Diâmetro Interno (mm)	ε (mm)	K	Número de Reynolds	f	V (m/s)	J (m)	hf (m)	TN (m)	GIT (m)	Piezométrica (m)	Pressão Disponível (m)	Material	Observação
5+740	5+740	0,00	0,00	8,00		89,44	121,00	0,2600	15,45	83.307,44	0,0260	0,70	0,000	0,382	426,261	425,150	489,15	64,00	FoFo k9	EEAT 2.2
5+740	5+740	0,00	0,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,000	0,001	426,261	425,150	488,77	63,62	PVC PBA CL 20	Tanque Hidropneumático (3,000 L)
5+760	5+760	20,00	20,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,373	425,282	488,65	63,36	PVC PBA CL 20	
5+780	5+780	20,00	40,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,533	425,414	488,52	63,11	PVC PBA CL 20	
5+800	5+800	20,00	60,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,652	425,550	488,40	62,85	PVC PBA CL 20	
5+820	5+820	20,00	80,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,775	425,686	488,28	62,59	PVC PBA CL 20	
5+840	5+840	20,00	100,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,931	425,803	488,16	62,36	PVC PBA CL 20	
5+860	5+860	20,00	120,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,059	425,920	488,04	62,12	PVC PBA CL 20	
5+880	5+880	20,00	140,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,301	426,136	487,92	61,78	PVC PBA CL 20	
5+900	5+900	20,00	160,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,507	426,352	487,79	61,44	PVC PBA CL 20	
5+920	5+920	20,00	180,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,705	426,504	487,67	61,17	PVC PBA CL 20	
5+940	5+940	20,00	200,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,715	426,657	487,55	60,89	PVC PBA CL 20	
5+960	5+960	20,00	220,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,795	426,629	487,43	60,80	PVC PBA CL 20	
5+980	5+980	20,00	240,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,721	426,601	487,31	60,71	PVC PBA CL 20	
6+000	6+000	20,00	260,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,605	426,373	487,19	60,81	PVC PBA CL 20	
6+020	6+020	20,00	280,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,215	426,145	487,07	60,92	PVC PBA CL 20	
6+040	6+040	20,00	300,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,928	425,805	486,94	61,14	PVC PBA CL 20	
6+060	6+060	20,00	320,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,615	425,465	486,82	61,36	PVC PBA CL 20	
6+080	6+080	20,00	340,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,229	425,136	486,70	61,56	PVC PBA CL 20	
6+100	6+100	20,00	360,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,075	424,808	486,58	61,77	PVC PBA CL 20	
6+120	6+120	20,00	380,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	425,996	424,688	486,46	61,77	PVC PBA CL 20	
6+140	6+140	20,00	400,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	425,946	424,568	486,34	61,77	PVC PBA CL 20	
6+160	6+160	20,00	420,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,124	424,972	486,21	61,24	PVC PBA CL 20	
6+180	6+180	20,00	440,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,470	425,375	486,09	60,72	PVC PBA CL 20	
6+200	6+200	20,00	460,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	426,783	425,708	485,97	60,26	PVC PBA CL 20	
6+220	6+220	20,00	480,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,106	426,041	485,85	59,81	PVC PBA CL 20	
6+240	6+240	20,00	500,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,495	426,410	485,73	59,32	PVC PBA CL 20	
6+260	6+260	20,00	520,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	427,866	426,779	485,61	58,83	PVC PBA CL 20	
6+280	6+280	20,00	540,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	428,251	427,201	485,48	58,28	PVC PBA CL 20	
6+300	6+300	20,00	560,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	428,709	427,622	485,36	57,74	PVC PBA CL 20	
6+320	6+320	20,00	580,00	8,00		89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	429,055	427,906	485,24	57,34	PVC PBA CL 20	
6+340	6+340	20,00	600,00	8,00	-4,00	89,44	110,00	0,0015	0,04	91.638,19	0,0183	0,84	0,120	0,001	429,461	428,190	485,12	56,93	PVC PBA CL 20	REL 03 (30 m²) Comunidade Curtume
6+360	6+360	20,00	620,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	429,103	427,909	485,00	57,09	PVC PBA CL 20	
6+380	6+380	20,00	640,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	429,092	428,047	484,87	56,83	PVC PBA CL 20	
6+400	6+400	20,00	660,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	429,160	427,933	484,75	56,82	PVC PBA CL 20	
6+420	6+420	20,00	680,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	429,154	427,923	484,63	56,71	PVC PBA CL 20	
6+440	6+440	20,00	700,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	428,975	427,913	484,51	56,59	PVC PBA CL 20	
6+460	6+460	20,00	720,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	428,526	427,399	484,38	56,98	PVC PBA CL 20	
6+480	6+480	20,00	740,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	427,955	426,885	484,26	57,38	PVC PBA CL 20	
6+500	6+500	20,00	760,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	427,369	426,334	484,14	57,80	PVC PBA CL 20	
6+520	6+520	20,00	780,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	426,838	425,783	484,02	58,23	PVC PBA CL 20	
6+540	6+540	20,00	800,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	426,401	425,297	483,89	58,60	PVC PBA CL 20	
6+560	6+560	20,00	820,00	4,00		63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	425,870	424,811	483,77	58,96	PVC PBA CL 20	
6+580	6+580	20,00	840,00	4,00	-1,00	63,25	85,00	0,0015	0,12	59.295,30	0,0201	0,71	0,120	0,003	425,416	424,383	483,65	59,26	PVC PBA CL 20	Derivação Comunidade Pinheiro (AAT 04)
6+600	6+600	20,00	860,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,157	423,955	483,52	59,56	PVC PBA CL 15	
6+620	6+620	20,00	880,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,962	423,917	483,39	59,47	PVC PBA CL 15	
6+640	6+640	20,00	900,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,926	423,878	483,26	59,39	PVC PBA CL 15	
6+660	6+660	20,00	920,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,906	423,808	483,14	59,33	PVC PBA CL 15	
6+680	6+680	20,00	940,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,810	423,738	483,01	59,27	PVC PBA CL 15	
6+700	6+700	20,00	960,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,585	423,514	482,88	59,37	PVC PBA CL 15	
6+720	6+720	20,00	980,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,368	423,290	482,75	59,46	PVC PBA CL 15	
6+740	6+740	20,00	1.000,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,152	423,041	482,62	59,58	PVC PBA CL 15	
6+760	6+760	20,00	1.020,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,891	422,791	482,50	59,71	PVC PBA CL 15	
6+780	6+780	20,00	1.040,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,772	422,719	482,37	59,65	PVC PBA CL 15	
6+800	6+800	20,00	1.060,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,846	422,646	482,24	59,59	PVC PBA	

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF

SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE

ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Estacas de Projeto	Estacas de Cálculo	Distância Parcial (m)	Distância Acumulada (m)	Q (L/s)	Vazão de Contribuição (L/s)	Diâmetro Econômico (mm)	Diâmetro Interno (mm)	ε (mm)	K	Número de Reynolds	f	V (m/s)	J (m)	hf (m)	TN (m)	GIT (m)	Piezométrica (m)	Pressão Disponível (m)	Material	Observação
6+880	6+880	20,00	1.140,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,186	423,078	481,73	58,65	PVC PBA CL 15	
6+900	6+900	20,00	1.160,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,400	423,300	481,60	58,30	PVC PBA CL 15	
6+920	6+920	20,00	1.180,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,691	423,522	481,47	57,95	PVC PBA CL 15	
6+940	6+940	20,00	1.200,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,019	423,846	481,34	57,50	PVC PBA CL 15	
6+960	6+960	20,00	1.220,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,252	424,171	481,22	57,05	PVC PBA CL 15	
6+980	6+980	20,00	1.240,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,352	424,307	481,09	56,78	PVC PBA CL 15	
7+000	7+000	20,00	1.260,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,517	424,443	480,96	56,52	PVC PBA CL 15	
7+020	7+020	20,00	1.280,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,838	424,710	480,83	56,12	PVC PBA CL 15	
7+040	7+040	20,00	1.300,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,060	424,977	480,71	55,73	PVC PBA CL 15	
7+060	7+060	20,00	1.320,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,357	425,284	480,58	55,29	PVC PBA CL 15	
7+080	7+080	20,00	1.340,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,340	425,264	480,45	55,19	PVC PBA CL 15	
7+100	7+100	20,00	1.360,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,452	425,374	480,32	54,95	PVC PBA CL 15	
7+120	7+120	20,00	1.380,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,712	425,679	480,19	54,51	PVC PBA CL 15	
7+140	7+140	20,00	1.400,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	427,133	425,983	480,07	54,08	PVC PBA CL 15	
7+160	7+160	20,00	1.420,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	427,445	426,376	479,94	53,56	PVC PBA CL 15	
7+180	7+180	20,00	1.440,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	427,427	426,238	479,81	53,57	PVC PBA CL 15	
7+200	7+200	20,00	1.460,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	427,207	426,099	479,68	53,58	PVC PBA CL 15	
7+220	7+220	20,00	1.480,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,972	425,802	479,55	53,75	PVC PBA CL 15	
7+240	7+240	20,00	1.500,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,584	425,505	479,43	53,92	PVC PBA CL 15	
7+260	7+260	20,00	1.520,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,063	425,017	479,30	54,28	PVC PBA CL 15	
7+280	7+280	20,00	1.540,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,783	424,529	479,17	54,64	PVC PBA CL 15	
7+300	7+300	20,00	1.560,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,442	425,339	479,04	53,70	PVC PBA CL 15	
7+320	7+320	20,00	1.580,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	427,316	426,150	478,91	52,76	PVC PBA CL 15	
7+340	7+340	20,00	1.600,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	428,262	426,817	478,79	51,97	PVC PBA CL 15	
7+360	7+360	20,00	1.620,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	428,610	427,483	478,66	51,18	PVC PBA CL 15	
7+380	7+380	20,00	1.640,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	429,564	428,455	478,53	50,08	PVC PBA CL 15	
7+400	7+400	20,00	1.660,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	429,791	428,743	478,40	49,66	PVC PBA CL 15	
7+420	7+420	20,00	1.680,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	429,434	428,290	478,27	49,98	PVC PBA CL 15	
7+440	7+440	20,00	1.700,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	427,648	426,579	478,15	51,57	PVC PBA CL 15	
7+460	7+460	20,00	1.720,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,106	425,049	478,02	52,97	PVC PBA CL 15	
7+480	7+480	20,00	1.740,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,948	423,849	477,89	54,04	PVC PBA CL 15	
7+500	7+500	20,00	1.760,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,210	423,115	477,76	54,65	PVC PBA CL 15	
7+520	7+520	20,00	1.780,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,835	422,765	477,63	54,87	PVC PBA CL 15	
7+540	7+540	20,00	1.800,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,541	422,414	477,51	55,09	PVC PBA CL 15	
7+560	7+560	20,00	1.820,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,434	422,235	477,38	55,14	PVC PBA CL 15	
7+580	7+580	20,00	1.840,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,655	422,496	477,25	54,76	PVC PBA CL 15	
7+600	7+600	20,00	1.860,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	423,845	422,758	477,12	54,37	PVC PBA CL 15	
7+620	7+620	20,00	1.880,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,262	423,197	477,00	53,80	PVC PBA CL 15	
7+640	7+640	20,00	1.900,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	424,906	423,636	476,87	53,23	PVC PBA CL 15	
7+660	7+660	20,00	1.920,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	425,429	424,305	476,74	52,43	PVC PBA CL 15	
7+680	7+680	20,00	1.940,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	426,086	424,974	476,61	51,64	PVC PBA CL 15	
7+700	7+700	20,00	1.960,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	427,126	425,909	476,48	50,57	PVC PBA CL 15	
7+720	7+720	20,00	1.980,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	428,322	426,940	476,36	49,42	PVC PBA CL 15	
7+740	7+740	20,00	2.000,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	429,859	428,689	476,23	47,54	PVC PBA CL 15	
7+760	7+760	20,00	2.020,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	431,237	429,929	476,10	46,17	PVC PBA CL 15	
7+780	7+780	20,00	2.040,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	432,439	431,210	475,97	44,76	PVC PBA CL 15	
7+800	7+800	20,00	2.060,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	433,268	432,205	475,84	43,64	PVC PBA CL 15	
7+820	7+820	20,00	2.080,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	434,472	433,200	475,72	42,52	PVC PBA CL 15	
7+840	7+840	20,00	2.100,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	435,331	434,168	475,59	41,42	PVC PBA CL 15	
7+860	7+860	20,00	2.120,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	435,362	434,282	475,46	41,18	PVC PBA CL 15	
7+880	7+880	20,00	2.140,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	434,400	433,259	475,33	42,07	PVC PBA CL 15	
7+900	7+900	20,00	2.160,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	433,670	432,603	475,20	42,60	PVC PBA CL 15	
7+920	7+920	20,00	2.180,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	433,019	431,946	475,08	43,13	PVC PBA CL 15	
7+940	7+940	20,00	2.200,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	432,706	431,446	474,95	43,50	PVC PBA CL 15	
7+960	7+960	20,00	2.220,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	432,644	431,330	474,82	43,49	PVC PBA CL 15	
7+980	7+980	20,00	2.240,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10											

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF

SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE

ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Estacas de Projeto	Estacas de Cálculo	Distância Parcial (m)	Distância Acumulada (m)	Q (L/s)	Vazão de Contribuição (L/s)	Diâmetro Econômico (mm)	Diâmetro Interno (mm)	ε (mm)	K	Número de Reynolds	f	V (m/s)	J (m)	hf (m)	TN (m)	GIT (m)	Piezométrica (m)	Pressão Disponível (m)	Material	Observação
8+040	8+040	20,00	2.300,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	433,015	431,901	474,31	42,41	PVC PBA CL 15	
8+060	8+060	20,00	2.320,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	433,615	432,445	474,18	41,74	PVC PBA CL 15	
8+080	8+080	20,00	2.340,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	434,389	433,311	474,05	40,74	PVC PBA CL 15	
8+100	8+100	20,00	2.360,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	435,405	434,177	473,93	39,75	PVC PBA CL 15	
8+120	8+120	20,00	2.380,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	436,496	435,264	473,80	38,53	PVC PBA CL 15	
8+140	8+140	20,00	2.400,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	437,443	436,352	473,67	37,32	PVC PBA CL 15	
8+160	8+160	20,00	2.420,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	438,636	437,460	473,54	36,08	PVC PBA CL 15	
8+180	8+180	20,00	2.440,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	439,672	438,567	473,41	34,85	PVC PBA CL 15	
8+200	8+200	20,00	2.460,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	440,970	439,474	473,29	33,81	PVC PBA CL 15	
8+220	8+220	20,00	2.480,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	441,466	440,381	473,16	32,78	PVC PBA CL 15	
8+240	8+240	20,00	2.500,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	442,130	441,021	473,03	32,01	PVC PBA CL 15	
8+260	8+260	20,00	2.520,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	442,725	441,662	472,90	31,24	PVC PBA CL 15	
8+280	8+280	20,00	2.540,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	443,316	442,251	472,77	30,52	PVC PBA CL 15	
8+300	8+300	20,00	2.560,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	444,012	442,839	472,65	29,81	PVC PBA CL 15	
8+320	8+320	20,00	2.580,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	444,635	443,564	472,52	28,95	PVC PBA CL 15	
8+340	8+340	20,00	2.600,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	445,411	444,289	472,39	28,10	PVC PBA CL 15	
8+360	8+360	20,00	2.620,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	446,098	444,995	472,26	27,27	PVC PBA CL 15	
8+380	8+380	20,00	2.640,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	446,942	445,700	472,13	26,43	PVC PBA CL 15	
8+400	8+400	20,00	2.660,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,402	446,311	472,01	25,70	PVC PBA CL 15	
8+420	8+420	20,00	2.680,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	448,065	446,923	471,88	24,96	PVC PBA CL 15	
8+440	8+440	20,00	2.700,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,981	446,782	471,75	24,97	PVC PBA CL 15	
8+460	8+460	20,00	2.720,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,760	446,642	471,62	24,98	PVC PBA CL 15	
8+480	8+480	20,00	2.740,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,838	446,553	471,49	24,94	PVC PBA CL 15	
8+500	8+500	20,00	2.760,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	448,031	446,831	471,37	24,54	PVC PBA CL 15	
8+520	8+520	20,00	2.780,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	448,175	447,109	471,24	24,13	PVC PBA CL 15	
8+540	8+540	20,00	2.800,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	448,297	446,973	471,11	24,14	PVC PBA CL 15	
8+560	8+560	20,00	2.820,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,974	446,837	470,98	24,15	PVC PBA CL 15	
8+580	8+580	20,00	2.840,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,293	446,087	470,85	24,77	PVC PBA CL 15	
8+600	8+600	20,00	2.860,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	446,875	445,636	470,73	25,09	PVC PBA CL 15	
8+620	8+620	20,00	2.880,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,146	445,894	470,60	24,70	PVC PBA CL 15	
8+640	8+640	20,00	2.900,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,359	446,240	470,47	24,23	PVC PBA CL 15	
8+660	8+660	20,00	2.920,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	447,212	446,071	470,34	24,27	PVC PBA CL 15	
8+680	8+680	20,00	2.940,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	446,501	445,387	470,22	24,83	PVC PBA CL 15	
8+700	8+700	20,00	2.960,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	446,782	445,483	470,09	24,60	PVC PBA CL 15	
8+720	8+720	20,00	2.980,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	448,654	446,942	469,96	23,02	PVC PBA CL 15	
8+740	8+740	20,00	3.000,00	3,00		54,77	75,60	0,0015	0,10	50.001,00	0,0208	0,67	0,126	0,002	450,259	449,170	469,83	20,66	PVC PBA CL 15	VCV (Q = 3,00 L/s)
8+740	8+740	0,00	3.000,00	3,00		54,77	101,00	0,2600	279,92	37.426,49	0,0288	0,37	0,000	2,002	450,26	467,83	467,83	0,00	FoFo K9	REL 04 (30 m³) em Santanas/Sítio de Cima

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (EEAT 2.2)

COEFICIENTES "K" DAS SINGULARIDADES

SUCÇÃO (K_s)			
Tipo	K	Quantidade	K_{PARCIAL}
Redução	0,15	1,00	0,15
Junta de desmontagem	0,40	1,00	0,40
Crivo	0,75	0,00	0,00
Válvula de gaveta aberta	0,20	0,00	0,00
Válvula de pé	1,75	0,00	0,00
Entrada normal em canalização	0,50	1,00	0,50
Outros	1,00	3,00	3,00
K_s			4,05
BARRILETE (K_B)			
Tipo	K	Quantidade	K_{PARCIAL}
Curva 90°	0,40	4,00	1,60
Curva 45°	0,20	0,00	0,00
Redução	0,15	0,00	0,00
Ampliação	0,30	1,00	0,30
Tê direto	0,60	1,00	0,60
Tê lateral	1,30	0,00	0,00
Tê bilateral	1,80	0,00	0,00
Válvula de gaveta aberta	0,20	3,00	0,60
Válvula de retenção	2,50	1,00	2,50
Junta desmontagem	0,40	2,00	0,80
Outros	5,00	1,00	5,00
K_B			11,40
K_{TOTAL}			15,45

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

AAT 2.2: EEAT 2.2 AO REL 04 (30 m³) NAS COMUNIDADES SANTANAS E SÍTIO DE CIMA
COEFICIENTES "K" DAS SINGULARIDADES

ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)			
Tipo	K	Quantidade	K_{PARCIAL}
Curva 90°	0,40	0,00	0,00
Curva 45°	0,20	0,00	0,00
Curva 22° 30'	0,10	10,00	1,00
Curva 11° 15'	0,10	0,00	0,00
Válvula de gaveta	0,20	0,00	0,00
Tê direto	0,60	19,00	11,40
Saída de canalização	1,00	1,00	1,00
K_A			13,40

Número de Estacas **151,00 unidades**
K_{MÉDIO} **0,09**

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

1. DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO

1.1. CÁLCULO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

Mesmo com o funcionamento do sistema em apenas algumas horas no decorrer do dia, para o dimensionamento hidráulico da tubulação da adutora foi utilizada a Fórmula de Bresse sendo, portanto, apresentada posteriormente.

$$D = k\sqrt{Q}$$

Sendo:

D: Diâmetro econômico segundo a Fórmula de Bresse (m);

k: Fator de correção que varia 0,9 a 1,4 (adimensional);

Q: Vazão na tubulação de recalque (m³/s).

1.2. CÁLCULO DA VELOCIDADE NOS TRECHOS

De acordo com a equação abaixo, calcula-se a velocidade do fluxo na tubulação:

$$V = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right)}$$

Sendo:

V: Velocidade do fluxo na tubulação (m/s);

Q: Vazão na tubulação de recalque (m³/s);

D: Diâmetro da tubulação (m).

1.3. CÁLCULO DA PERDA DE CARGA AO LONGO DA ADUTORA

Conforme Norma Brasileira NB-591 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT. 1991), utiliza-se a Fórmula Universal para o cálculo da perda de carga linear ao longo da tubulação.

$$j = f \times \frac{L_{TUBULAÇÃO}}{D_{PROJETO}} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sendo:

j: Perda de carga linear pela Fórmula Universal (m);

f: fator de atrito (adimensional);

L: Comprimento da tubulação de recalque (m);

D: Diâmetro da tubulação (m);

V: Velocidade do fluxo na tubulação (m/s);

g: Aceleração da Gravidade (m/s²).

No entanto, para o cálculo da perda de carga linear, torna-se necessário a determinação do fator de atrito (f) segundo a Fórmula de Swamee-Jain sendo, portanto, apresentada posteriormente:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{\epsilon}{3,70D} + \frac{5,74}{Re^{0,90}}\right)\right]^2}$$

Sendo:

f: Fator de atrito (adimensional);

ε: Rugosidade do material da tubulação (m)

D: Diâmetro do tubo (m)

Rey: Número de Reynolds (adimensional).

Consequentemente, o fator de atrito é determinado em função do número de Reynolds segundo a formulação abaixo:

$$Rey = \frac{V \times D_H}{\nu}$$

Sendo:

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Rey: Número de Reynolds (adimensional);

V: Velocidade do fluxo na tubulação (m/s);

D_H: Diâmetro hidráulico (m);

v: Viscosidade cinemática do fluido à uma temperatura de 20°C (1,007x10⁻⁶ m²/s)

Segundo metodologia sugerida por Porto, Rodrigo Melo - Hidráulica Básica, Editora EESC/USP (1988), o diâmetro hidráulico é numericamente igual ao diâmetro da tubulação, pois trata-se de um escoamento em seção plena, ou seja, toda a parede interna do conduto encontra-se em contato com o líquido escoado.

1.4. CÁLCULO DA PERDA DE CARGA TOTAL

A perda de carga total na tubulação é obtida através da seguinte formulação:

$$H_T = j + h_f$$

Sendo:

H_T: Perda de carga total na tubulação (m);

j: Perda de carga linear ao longo da tubulação (m);

h_f: Perda de carga localizada ao longo da tubulação (m);

Trecho	Diâmetro Interno (mm)	Extensão (m)	Vazão (m³/s)	Velocidade (m/s)	Número de Reynolds	ε (m)	f	j	k	h _f	ΔH
1	121,00	0,00	0,0080	0,6960	83.630,59	0,0002600	0,02595	0,0000	15,4500	0,3815	0,3815
2	110,00	600,00	0,0080	0,8420	91.976,17	0,0000015	0,01826	3,5990	1,2000	0,0434	3,6424
3	85,00	240,00	0,0040	0,7050	59.508,44	0,0000015	0,02005	1,4341	1,4000	0,0355	1,4696
4	75,60	2.160,00	0,0030	0,6680	50.149,75	0,0000015	0,02083	13,5355	10,8000	0,2456	13,7811
5	101,00	0,00	0,0030	0,3740	37.511,42	0,0002600	0,02876	0,0000	279,9202	1,9956	1,9956
Total		3.000,00									21,2701

2. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

2.1. CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA

2.1.1. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

Cota inicial (Z_i) 425,15 m

Cota final (Z_f) 467,83 m

Desnível geométrico (Z_f - Z_i) 42,68 m

2.1.2. PERDA DE CARGA NA TUBULAÇÃO (ΔH)

Perda de carga na tubulação 21,27 m

2.1.2. ALTURA MANOMÉTRICA

$$H_M = H_G + \Delta H$$

H_M: Altura Manométrica (m); 63,95 m

H_G: Desnível Geométrico; 42,68 m

ΔH: Perda de carga ao longo da tubulação (m). 21,27 m

2.2. PONTO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA (BOMBA DE REFERÊNCIA)

Ponto	Q _{TOTAL} (L/s)	Número de Bombas em Paralelo	Q _{BOMBA} (L/s)	H (m)
P-01	8,00	1,00	8,00	64,00

2.3. DEFINIÇÃO DO CONJUNTO ELEVATÓRIO MOTO-BOMBA

Vazão da Bomba

8,00 L/s

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Altura Manométrica	64,00 m
Bomba de Referência	KSB MEGANORM 40-160
Rotor	174,00 mm
Rotação	3.500 rpm
Eficiência	60 %
NPSH _R	1,00 m
Momento de Inércia (GD ²)	0,0336 kg.m ²
Peso	38 Kg

2.4. POTÊNCIA DOS CONJUNTO ELEVATÓRIO MOTO-BOMBA

2.4.1. CÁLCULO DA POTÊNCIA TEÓRICA

$$P_T = \frac{W \times Q \times H_M}{N_B \times 75,00 \times E_B \times E_M}$$

Sendo:

P _T : Potência teórica em cada conjunto elevatório moto-bomba	– cv
W: Peso específico do líquido recalado	1.000,00 kg/m ³
Q: Vazão de bombeamento	0,0080 m ³ /s
H _M : Altura manométrica na estação elevatória	64,00 mca
N _B : Número de conjuntos elevatórios moto-bomba em caso de funcionamento simultâneo	1,00 conjunto(s)
E _{B-01} : Eficiência da bomba na estação elevatória	60 %
E _{M-01} : Eficiência do motor na estação elevatória	86,40 %
P _T : Potência teórica em cada conjunto elevatório moto-bomba	13,17 cv

2.4.2. CÁLCULO DA POTÊNCIA INSTALADA

$$P = P_T \times F_{AN} \times F_{ABNT}$$

Sendo:

P: Potência instalada em cada conjunto elevatório moto-bomba	– cv
PT: Potência teórica em cada conjunto elevatório moto-bomba	13,17 cv
F _{AN} : Fator de acréscimo na potência instalada recomendado por Azevedo Netto	1,15 adimensional
F _{ABNT} : Fator de acréscimo na potência instalada recomendado pela ABNT	1,00 adimensional

P: Potência instalada em cada conjunto elevatório moto-bomba	15,14 cv
--	----------

P _{TOTAL} : Potência total instalada na estação elevatória	15,14 cv
---	----------

2.4.3. DEFINIÇÃO DA POTÊNCIA COMERCIAL

Potência comercial de cada conjunto elevatório moto-bomba da estação elevatória	20,00 cv
---	----------

Potência comercial total da estação elevatória	20,00 cv
--	----------

2.4.4. CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

Modelo de Referência	WEG IP55
Potência	20,00 cv
Carcaça	160M
Rotação	3.500 rpm
Momento de Inércia (J)	0,0471 kg.m ²
Peso	107 Kg

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

2.5. AVALIAÇÃO DA ALTURA LIVRE POSITIVA DE SUCÇÃO (NPSH)

$$Z = h_{BOMBA} - h_{SUCÇÃO\ MÍNIMO}$$

$$NPSH_R = -Z + \frac{P_A - P_V}{\gamma} \times 10,00 - H_F$$

Sendo:

NPSH_R: "Net Positive Suction Head" ou Altura Livre Positiva de Sucção requerido

– m

H_{bomba}: Cota do eixo da bomba

425,15 m

H_{SUCÇÃO MÍNIMO}: Cota do nível mínimo de sucção

425,15 m

Z: Altura de sucção

0,00 m

P_A: Pressão atmosférica

0,95 kg/cm²

P_V: Pressão de vapor

0,02 kg/cm²

γ : Peso específico da água

1,00 kg/dm³

H_F: Perda de carga na sucção

0,100 m

NPSH_{req} = Net Positive Suction Head requerido

1,00 m

NPSH_{disp} = Net Positive Suction Head disponível

9,22 m

NPSH disponível > NPSH requerido » Funcionamento Adequado

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

3. Estudo de Transientes Hidráulicos

3.1. Introdução

O *Estudo dos Transientes Hidráulicos* desenvolvido ao longo do traçado da adutora do sistema de abastecimento de água foi elaborado conforme o dimensionamento apropriado para a tubulação assim como a determinação de cargas de pressão dinâmica necessárias ao projeto das ancoragens dos condutos.

Desta forma, os Estudos dos Transientes Hidráulicos foram realizados conforme metodologia apresentada abaixo:

- a) Primeiramente, procedeu-se a análise da linha adutora em **regime permanente** para os devidos ajustes dos parâmetros relativos ao tipo de bomba, rotação e rotor aplicável em cada caso;
- b) Em seguida, foram simulados os transientes hidráulicos sem as proteções anti-golpe para avaliação da compatibilidade e classe de pressão da tubulação adotada;
- c) Posteriormente, após criteriosa análise, simula-se o sistema adotando-se as proteções necessárias primando pelos fatores técnicos, econômicos e ambientais aliados à eficiência da proteção.

3.2. Metodologia

Os *Transientes Hidráulicos* são ocasionados devido à parada no bombeamento de água em uma instalação de recalque. No entanto, a parada dos conjuntos elevatórios moto-bomba são normalmente previstos de maneira controlada atenuando-se o efeito do **Golpe de Ariete**. Porém, considera-se como dimensionamento crítico a parada inesperada quando, por exemplo, a energia de alimentação dos conjuntos elevatórios é bruscamente interrompida devido à um *blackout* energético.

Devido à parada inesperada do funcionamento dos conjuntos elevatórios moto-bomba, conforme informações na literatura especializada, registra-se a situação crítica do sistema com oscilações de grande magnitude das sobrepressões e subpressões na linha adutora.

Como prevenção e proteção ao Golpe de Ariete, projetam-se equipamentos de proteção anti-golpe através de sucessivas simulações computacionais do funcionamento das instalações nas condições de regime hidráulico permanente e regime hidráulico transiente com a finalidade de alívio nas envoltórias de sobrepressão e subpressão.

Para análise dos Transientes Hidráulicos ao longo da tubulação nas linhas adutoras foi empregado o Programa UFC 06 desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O método matemático empregado pela maioria dos programas de análise computacional de transientes hidráulicos é o Método das Características sendo, portanto, apresentado por CHAUDHRY¹ na literatura internacional e SOUSA² na literatura nacional.

¹ Chaudhry, M. H., "Applied Hydraulic Transients", Van Nostrand Reinhold Co. Publ., New York, 1989.

² Souza, P. A.; Martins, J. R. S.; Fadiga Jr., F. M., "Métodos Computacionais Aplicados à Engenharia Hidráulica", Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos, EPUSP, São Paulo, 1991.

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Portanto, as equações básicas utilizadas na análise de transientes hidráulicos são matematicamente expressas pela equação dinâmica do escoamento conforme 2ª Lei de Newton e pela Equação da Continuidade. O sistema apresentado pelas equações diferenciais é resolvido através do Método das Características, deste modo, torna-se possível a avaliação da vazão (Q) e da carga piezométrica (H) desenvolvida ao longo da tubulação fornecida pela abscissa x e o tempo t.

3.3. Equação do Movimento

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f}{2,00 \times D \times A} Q|Q| = 0$$

Portanto, de acordo com a equação do movimento apresentada anteriormente, o primeiro termo representa a variação da aceleração do movimento, o segundo termo representa a variação do gradiente de pressão e o terceiro termo representa os efeitos decorrentes da dissipação de energia.

3.4. Equação da Continuidade

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{c^2}{g \times A} \times \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

A equação da continuidade apresentada anteriormente é composta pelo primeiro termo que representa a variação do fluxo de massa, adicionalmente, o segundo termo representa a variação de massa. O parâmetro c trata-se da celeridade de propagação das ondas de pressão e velocidade durante o transitório hidráulico sendo, portanto, comumente identificada como celeridade da onda.

A adoção de aparelhos e equipamentos de proteção na modelagem matemática do transitório hidráulico ocorre através da aplicação de condições de contorno específicas para cada situação e tipo de equipamento.

3.5. Cálculo da Celeridade da Onda

A celeridade da onda é uma função diretamente relacionada com as características da tubulação como elasticidade, deformação, espessura da parede, diâmetro e grau de fixação, adicionalmente, registram-se as características do fluido como compressibilidade e presença de gases. Portanto, em seguida, apresentam-se as equações comumente empregada nos programas de cálculo para transientes hidráulicos (Equação 01 e Equação 02).

$$c = \frac{\sqrt{k/\rho}}{\sqrt{1 + k \times \psi/E}} \quad (\text{Eq. 01})$$

e

$$\psi = \frac{D}{e} \times (1 - \nu^2) \quad (\text{Eq. 02})$$

Nas situações de tubulações com paredes finas sendo ancoradas contra movimentação longitudinal têm-se na maioria dos casos:

Sendo:

k: Compressibilidade do fluido, deste modo, para escoamento da água adota-se 2,19 GPa;

n: Coeficiente de Poisson (adimensional), assim, utiliza-se 0,25 para ferro fundido, 0,40 para PVC, e de 0,50 a 0,55 para PRFV;

E: Módulo de Elasticidade Circunferencial do material da tubulação sendo normalmente adotado 170 GPa para ferro fundido, 30 GPa para PVC e 1 MPa para PVC DeFoFo;

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

r: massa específica do fluído, deste modo, para água doce utiliza-se 1.000,00 Kg/m³;

D: Diâmetro da tubulação (m);

e: Espessura do tubo (m).

3.6. Cálculo do Momento de Inércia Total do Sistema

O momento de inércia total do sistema consiste no somatório dos momentos de inércia de todas as partes girantes do conjunto elevatório moto-bomba, desta forma, esta informação é imprescindível ao cálculo dos transientes hidráulicos e, normalmente, é fornecido na ficha técnica do produto pelo próprio fabricante, ou seja, são fornecidas informações tanto das bombas como dos motores. Em seguida, apresentam-se as formulações matemáticas no caso do não fornecimento de informações via catálogo técnico.

$$I = \sum_{i=0}^{i=n} m_i \times r_i^2 \quad (\text{Eq. 03}) \quad \text{e} \quad G \times D^2 = 4,00 \times J \quad (\text{Eq. 04})$$

Sendo:

J: Momento de inércia (kg.m²);

GD²: Momento de inércia (kg.m²);

G: Massa girante (kg);

D: Diâmetro de rotação (m);

I: Momento de Inércia (kg.m²);

$$I = M \times R_G^2 \quad (\text{Eq. 05})$$

Sendo:

I: Momento de Inércia (kg.m²);

M: Massa do corpo (kg);

R_G: Raio de rotação representa a distância ao eixo de rotação no qual toda a massa poderia ser concentrada sem variação no momento de inércia (m).

Portanto, para exatidão nos estudos dos transientes hidráulicos, recomenda-se a adoção de catálogos técnicos para obtenção dos momentos de inércia das bombas e motores devido à características particulares de cada equipamento.

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

3.7. Conceituação Teórica dos Transientes Hidráulicos

As pressões transientes provenientes da interrupção do bombeamento devido à inexistência do fornecimento de energia ao conjunto elevatório moto-bomba são consideradas extremas, devido à parada do fluxo, quando compara-se à pressão normalmente atuante na linha de recalque.

No caso em que o perfil da tubulação, em função das cotas do terreno natural, encontra-se relativamente próximo da linha piezométrica, quando ocorre a súbita desaceleração da coluna de água, registra-se uma queda de pressão interna com valores inferiores à pressão atmosférica. Deste modo, de acordo com a explanação, a *pressão de vapor* representa a pressão mínima interna admissível em caso de decaimento.

A vaporização, comumente denominada como separação de coluna, ocorre nos pontos com cota mais elevada ao longo do perfil da linha de recalque. Deste modo, quando a onda de pressão retorna aos valores positivos, a coluna de água se reunirá novamente e, conseqüentemente, registram-se sobrepressões, como efeito do Golpe de Aríete, responsáveis pela instabilidade das tubulações e conexões. A seguir, listam-se os valores usuais da pressão de vapor nas condições de pressão atmosférica assim como outros parâmetros de necessários ao cálculo de transientes hidráulicos.

Temperatura (°C)	Viscosidade Cinemática $\nu = \mu / \rho$ (m ² .s)	Tensão de Vapor a 4°C (mca)	Módulo de Elasticidade E (N/m ²)
0	$1,78 \times 10^{-6}$	0,062	$19,52 \times 10^8$
4	$1,57 \times 10^{-6}$	0,083	-
10	$1,31 \times 10^{-6}$	0,125	$20,50 \times 10^8$
20	$1,01 \times 10^{-6}$	0,239	$21,39 \times 10^8$
30	$0,83 \times 10^{-6}$	0,433	$21,58 \times 10^8$
40	$0,66 \times 10^{-6}$	0,753	$21,68 \times 10^8$
50	$0,56 \times 10^{-6}$	1,258	$21,78 \times 10^8$
60	$0,47 \times 10^{-6}$	2,033	$21,88 \times 10^8$
80	$0,37 \times 10^{-6}$	4,831	-
100	$0,29 \times 10^{-6}$	10,333	-

Nas condições de subpressão durante transitório hidráulico, conforme quadro apresentado anteriormente, a pressão interna mínima das tubulações seria de 0,24 mca para a temperatura da água em torno de 20°C, deste modo, no dimensionamento do sistema de proteção das linhas de recalque, considera-se como meta a condição de estabilidade da coluna de água nos pontos mais críticos.

Para prevenção do Golpe de Aríete, adotam-se equipamentos de proteção com a finalidade da diminuição da subpressão ao longo da tubulação devido à interrupção no funcionamento do conjunto elevatório moto-bomba, acerca da sobrepressão, consegue-se uma redução ou mesmo eliminação da mesma.

Portanto, limita-se a subpressão através da alimentação da linha de recalque com água imediatamente após o registro da diminuição da pressão interna. Deste modo, conforme menção, adota-se o emprego de uma série de equipamentos de proteção explanados posteriormente.

3.8. Equipamentos alternativos de proteção contra transientes hidráulicos

a) Ventosas e Registros de Descarga

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

As *ventosas* são equipamentos convencionais de uso obrigatório para proteção das linhas adutoras e recomenda-se a instalação nos pontos altos das canalizações. Adicionalmente, os *registros de descarga* são equipamentos convencionais de uso obrigatório para proteção das linhas adutoras e recomenda-se a instalação nos pontos baixos das curvas verticais ao longo das canalizações, neste caso, são considerados como equipamentos de utilidade operacional para limpeza e deságue da tubulação.

Dependendo do tipo adotado, as *ventosas* são utilizadas para as seguintes finalidades: expulsão do ar durante o preenchimento da tubulação pelo fluído; durante funcionamento do sistema, em alguns casos, para prevenção da formação de bolhas de ar nas operações corriqueiras; dependendo da conformação topográfica do terreno, permite-se a entrada de ar na tubulação para controle das pressões negativas que podem ocorrer durante os transitórios hidráulicos.

Para fins de segurança durante a operação do sistema, alguns autores recomendam a instalação obrigatória de ventosas como dispositivos de proteção sendo, portanto, projetadas conforme a topografia do terreno e das condições de fluxo na canalização, no entanto, as ventosas são ignoradas para efeito de cálculo na análise dos transientes hidráulicos.

Deste modo, prevê-se a instalação de ventosas como componentes ativos do sistema de proteção das linhas adutoras devido à recomendação de consultores com experiência no projeto e análise de transientes hidráulicos, ou seja, verifica-se a ocorrência de pressões negativas responsáveis pelo funcionamento inadequado das ventosas devido à ausência de manutenções adequadas às linhas de recalque dentro da vida útil do equipamento.

Entretanto, apesar da recomendação contrária de diversos autores creditados para não se considerar a utilização das ventosas como componente ativo dos sistemas de proteção, verifica-se na prática que esta recomendação *encarece* demasiadamente os sistemas de proteção contra transientes hidráulicos, tornando inviáveis economicamente os sistemas de proteção de uma forma desnecessária.

As ventosas que atuam como proteções contra o golpe de aríete devem ser **instaladas aos pares na linha de recalque**, podendo ser em série ou em paralelo. Esta providência minimiza os riscos de colapso do sistema por mau funcionamento de uma das unidades componentes do par de ventosas.

A adoção desta sistemática de se empregar as ventosas como equipamento ativo de proteção contra o golpe de aríete, ressalvados os cuidados acima, tem viabilizado a construção de muitos sistemas de recalque de pequeno porte os quais, sem essa consideração, ficariam de sobremaneira caros e inviabilizados de serem construídos.

No caso de sistemas de esgotos sanitários existe um tipo especial de ventosa para trabalhar com este tipo de líquido.

b) Válvulas de Alívio

As *válvulas de alívio* são dispositivos de proteção destinados a reduzir os efeitos das sobrepressões indesejáveis nas instalações de recalque, sendo normalmente colocadas imediatamente a jusante dos equipamentos da estação elevatória, de preferência imediatamente a jusante da Válvula de Retenção (VR). Seu funcionamento compreende a abertura da válvula durante os períodos de sobrepressão, liberando a água para manter as sobrepressões dentro de valores tolerados pelas canalizações.

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Uma restrição que se faz é que a válvula deve abrir totalmente antes que a onda de pressão negativa retorne à bomba como onda de pressão positiva num segundo momento.

Nos casos em que não se admitem sobrepressões superiores àquelas da carga de pressão do regime permanente (carga operacional), a válvula deve ser dimensionada para descarregar todo o fluxo para uma carga igual à do regime operacional.

Quando é necessária uma precisão acurada contra o golpe de aríete, ou quando o golpe é provavelmente um problema durante desligamento parcial das bombas em importantes sistemas de recalque, recomenda-se a instalação de duas ou mais válvulas de alívio em paralelo, podendo ser as mesmas ajustadas para atuar a diferentes cargas de pressão.

c) Chaminés de Equilíbrio

As chaminés de equilíbrio são reservatórios em contacto com a superfície livre atmosférica, que são intercalados ao longo das linhas adutoras, destinados a reduzir a intensidade do golpe de aríete nas canalizações a partir da divisão do comprimento da adutora em dois trechos, cujos comportamentos hidráulicos serão diferenciados no momento da ocorrência do transitório.

No caso de linhas adutoras de estações elevatórias, o trecho de jusante em relação à chaminé de equilíbrio, ou trecho protegido da adutora, sofre um processo de *oscilação de massa* durante o transitório hidráulico, enquanto que o trecho de montante, ou trecho desprotegido, sofre um processo normal de golpe de aríete por ação da *propagação da onda elástica* quando da interrupção do bombeamento.

A principal vantagem da chaminé de equilíbrio, é a de proporcionar uma proteção adequada ao trecho de jusante da linha de recalque quer nas sobrepressões, quer nas subpressões, diminuindo substancialmente os efeitos do golpe de aríete na canalização.

Sua principal desvantagem reside no fato de requerer uma topografia favorável para sua instalação, o que nem sempre é disponível, principalmente em linhas adutoras de estações elevatórias. O uso mais comum de chaminés de equilíbrio se dá na proteção de tubulações de alimentação de turbinas em usinas hidrelétricas.

Uma variante muito útil da chaminé é o *stand pipe* ou tubo-em-pé que consiste numa tubulação colocando em linha na posição vertical e com altura adequada, ficando seu topo acima da linha piezométrica de regime permanente e da linha envoltória de sobrepressões máximas. O *stand pipe* desempenha o mesmo papel de uma chaminé de equilíbrio, porém com menor seção transversal e sem clapet na entrada, conectada diretamente com a linha a proteger.

d) Tanques de Alimentação Unidirecionais ou “One-Way”

Os tanques de alimentação unidirecionais (TAU) ou One-Ways, tem o objetivo de evitar a formação de subpressões indesejáveis na tubulação estando durante o funcionamento normal do sistema, ficando separados da tubulação de recalque por meio de uma válvula de retenção, abrindo-se esta quando ocorre uma depressão na canalização, evitando-se assim que a pressão interna diminua, devendo ser dimensionado para manter a pressão interna sempre superior à tensão de vapor da água à temperatura do bombeamento.

O tanque é alimentado por um “by-pass” servido de um flutuador ou registro automático de entrada. Normalmente são empregados em pontos elevados da linha de recalque, podendo ser únicos ou distribuídos em seqüência ao longo da tubulação.

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF

SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE

ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

A vantagem do sistema de one-ways em relação à chaminé de equilíbrio, é a de poderem ser instalados em condições topográficas mais desfavoráveis, não requerendo grandes alturas construtivas. Sua principal desvantagem é o custo de construção da estrutura (reservatório), peças especiais de controle operacional, e, a formação indesejável de lodo no fundo do reservatório devido à sedimentação dos sólidos em suspensão quando se trata de água bruta, mas que pode ser solucionada pela construção de um sistema de drenagem do lodo. No caso de adutoras de água tratada, minimiza-se essa desvantagem.

e) Reservatório Hidropneumático

O reservatório hidropneumático, é de utilização quase que obrigatória quando o transitório hidráulico pode causar subpressões inaceitáveis ao longo das canalizações que não podem ser solucionadas por sistemas de reservatórios do tipo “one-way”, ou chaminés de equilíbrio, em virtude das cotas topográficas disponíveis.

A restrição maior ao seu uso está associada às exigências rigorosas de operação e manutenção do dispositivo, que às vezes pode não ser implementada durante toda a vida útil da instalação, principalmente quando se trata de instalações de pouca importância que não disponham de um serviço contínuo de manutenção e operação permanentes.

A instalação de um reservatório hidropneumático requer a presença permanente de um sistema compressor de ar destinado a manter uma pressão interna adequada de ar dentro do vaso hidropneumático. Esta condição pressupõe também a instalação de um grupo gerador de forma a manter o sistema em condições operacionais permanentes, mesmo quando da interrupção do fornecimento de energia elétrica.

Esta restrição pode inviabilizar economicamente seu emprego, requerendo também a presença constante de profissional habilitado para sua operação e manutenção. Uma falha de operação pode causar acidentes indesejáveis caso não haja outros mecanismos de segurança para proteção do sistema.

Na verdade, a proteção mais adequada quase nunca é conseguida com o emprego de um único equipamento numa instalação de recalque de grande importância, mas sim com uma combinação otimizada de equipamentos dimensionada e projetada para cada caso específico.

3.9. Avaliação dos Transientes na Linha de Recalque

Os resultados das simulações sem proteção contra transientes hidráulicos e com equipamentos de proteção contra transientes hidráulicos para a linha de recalque são apresentados posteriormente.

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS

Distância Acumulada (m)	Cota Tubulação (m)	Cargas (m)						Pressões (m)				Material	Observação
		Regime Permanente	Regime Transiente sem proteção		Regime Transiente com proteção		Sistema sem proteção		Sistema com proteção				
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			
0,00	425,15	488,77	489,15	424,29	489,15	451,29	64,00	-0,86	64,00	26,14	FoFo k9	EEAT 2.2	
20,00	425,28	488,65	489,03	424,01	489,03	478,48	63,75	-1,27	63,75	53,20	PVC PBA CL 20	Tanque Hidropneumático	
40,00	425,41	488,52	488,91	423,66	488,91	478,40	63,50	-1,75	63,50	52,99	PVC PBA CL 20		
60,00	425,55	488,40	488,79	423,19	488,79	478,32	63,24	-2,36	63,24	52,77	PVC PBA CL 20		
80,00	425,69	488,28	488,67	422,57	488,67	478,23	62,98	-3,12	62,98	52,54	PVC PBA CL 20		
100,00	425,80	488,16	488,55	421,95	488,55	478,16	62,75	-3,85	62,75	52,36	PVC PBA CL 20		
120,00	425,92	488,04	488,44	421,37	488,44	478,08	62,52	-4,55	62,52	52,16	PVC PBA CL 20		
140,00	426,14	487,92	488,32	420,82	488,32	477,98	62,18	-5,32	62,18	51,84	PVC PBA CL 20		
160,00	426,35	487,79	488,20	420,30	488,20	477,89	61,85	-6,05	61,85	51,54	PVC PBA CL 20		
180,00	426,50	487,67	488,08	419,55	488,08	477,81	61,58	-6,95	61,58	51,31	PVC PBA CL 20		
200,00	426,66	487,55	487,96	418,77	487,96	477,73	61,30	-7,89	61,30	51,07	PVC PBA CL 20		
220,00	426,63	487,43	487,84	418,07	487,84	477,65	61,21	-8,56	61,21	51,02	PVC PBA CL 20		
240,00	426,60	487,31	487,72	417,39	487,72	477,55	61,12	-9,21	61,12	50,95	PVC PBA CL 20		
260,00	426,37	487,19	487,60	416,76	487,60	477,43	61,23	-9,61	61,23	51,06	PVC PBA CL 20		
280,00	426,15	487,07	487,48	416,15	487,48	477,35	61,34	-10,00	61,34	51,21	PVC PBA CL 20		
300,00	425,81	486,94	487,36	415,63	487,36	477,27	61,56	-10,18	61,56	51,47	PVC PBA CL 20		
320,00	425,47	486,82	487,24	415,20	487,24	477,19	61,78	-10,27	61,78	51,73	PVC PBA CL 20		
340,00	425,14	486,70	487,12	414,76	487,12	477,10	61,98	-10,38	61,98	51,96	PVC PBA CL 20		
360,00	424,81	486,58	487,00	414,31	487,00	477,05	62,19	-10,50	62,19	52,24	PVC PBA CL 20		
380,00	424,69	486,46	486,88	413,88	486,88	476,95	62,19	-10,81	62,19	52,26	PVC PBA CL 20		
400,00	424,57	486,34	486,76	413,47	486,76	476,87	62,19	-11,10	62,19	52,30	PVC PBA CL 20		
420,00	424,97	486,21	486,64	413,16	486,64	476,79	61,67	-11,81	61,67	51,82	PVC PBA CL 20		
440,00	425,38	486,09	486,52	412,89	486,52	476,71	61,15	-12,49	61,15	51,34	PVC PBA CL 20		
460,00	425,71	485,97	486,40	412,60	486,40	476,63	60,69	-13,11	60,69	50,92	PVC PBA CL 20		
480,00	426,04	485,85	486,28	412,25	486,28	476,62	60,24	-13,79	60,24	50,58	PVC PBA CL 20		
500,00	426,41	485,73	486,16	411,72	486,16	476,53	59,75	-14,69	59,75	50,12	PVC PBA CL 20		
520,00	426,78	485,61	486,04	411,23	486,04	476,44	59,26	-15,55	59,26	49,66	PVC PBA CL 20		
540,00	427,20	485,48	485,92	410,77	485,92	476,37	58,72	-16,43	58,72	49,17	PVC PBA CL 20		
560,00	427,62	485,36	485,80	410,33	485,80	476,29	58,18	-17,29	58,18	48,67	PVC PBA CL 20		
580,00	427,91	485,24	485,68	409,92	485,68	476,20	57,77	-17,99	57,77	48,29	PVC PBA CL 20		
600,00	428,19	485,12	485,65	409,56	485,65	476,16	57,46	-18,63	57,46	47,97	PVC PBA CL 20	VCV (Q = 4.00 L/s)	
620,00	427,91	485,00	485,55	409,40	485,55	476,15	57,64	-18,51	57,64	48,24	PVC PBA CL 20		
640,00	428,05	484,87	485,44	409,24	485,44	476,11	57,39	-18,81	57,39	48,06	PVC PBA CL 20		
660,00	427,93	484,75	485,34	409,08	485,34	476,06	57,41	-18,85	57,41	48,13	PVC PBA CL 20		
680,00	427,92	484,63	485,24	408,92	485,24	476,02	57,32	-19,00	57,32	48,10	PVC PBA CL 20		
700,00	427,91	484,51	485,13	408,76	485,13	475,97	57,22	-19,15	57,22	48,06	PVC PBA CL 20		
720,00	427,40	484,38	485,03	408,61	485,03	475,93	57,63	-18,79	57,63	48,53	PVC PBA CL 20		
740,00	426,89	484,26	484,93	408,45	484,93	475,94	58,05	-18,44	58,05	49,06	PVC PBA CL 20		
760,00	426,33	484,14	484,83	408,28	484,83	475,90	58,50	-18,05	58,50	49,57	PVC PBA CL 20		
780,00	425,78	484,02	484,72	408,13	484,72	475,86	58,94	-17,65	58,94	50,08	PVC PBA CL 20		
800,00	425,30	483,89	484,62	407,99	484,62	475,81	59,32	-17,31	59,32	50,51	PVC PBA CL 20		
820,00	424,81	483,77	484,52	407,87	484,52	475,78	59,71	-16,94	59,71	50,97	PVC PBA CL 20		
840,00	424,38	483,65	484,46	407,77	484,46	475,76	60,08	-16,61	60,08	51,38	PVC PBA CL 20	VCV (Q = 1.00 L/s)	
860,00	423,96	483,52	484,36	407,90	484,36	475,69	60,41	-16,06	60,41	51,74	PVC PBA CL 15		
880,00	423,92	483,39	484,25	408,04	484,25	475,66	60,33	-15,88	60,33	51,74	PVC PBA CL 15		
900,00	423,88	483,26	484,15	408,17	484,15	475,63	60,27	-15,71	60,27	51,75	PVC PBA CL 15		
920,00	423,81	483,14	484,05	408,29	484,05	475,61	60,24	-15,52	60,24	51,80	PVC PBA CL 15		
940,00	423,74	483,01	483,95	408,39	483,95	475,58	60,21	-15,35	60,21	51,84	PVC PBA CL 15		

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS

Distância Acumulada (m)	Cota Tubulação (m)	Cargas (m)						Pressões (m)				Material	Observação
		Regime Permanente	Regime Transiente sem proteção		Regime Transiente com proteção		Sistema sem proteção		Sistema com proteção				
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			
960,00	423,51	482,88	483,84	408,48	483,84	475,56	60,33	-15,03	60,33	52,05	PVC PBA CL 15		
980,00	423,29	482,75	483,74	408,56	483,74	475,54	60,45	-14,73	60,45	52,25	PVC PBA CL 15		
1.000,00	423,04	482,62	483,64	408,64	483,64	475,51	60,60	-14,40	60,60	52,47	PVC PBA CL 15		
1.020,00	422,79	482,50	483,54	408,73	483,54	475,48	60,75	-14,06	60,75	52,69	PVC PBA CL 15		
1.040,00	422,72	482,37	483,44	408,83	483,44	475,46	60,72	-13,89	60,72	52,74	PVC PBA CL 15		
1.060,00	422,65	482,24	483,33	408,92	483,33	475,48	60,68	-13,73	60,68	52,83	PVC PBA CL 15		
1.080,00	422,67	482,11	483,23	409,01	483,23	475,48	60,56	-13,66	60,56	52,81	PVC PBA CL 15		
1.100,00	422,70	481,98	483,13	409,11	483,13	475,42	60,43	-13,59	60,43	52,72	PVC PBA CL 15		
1.120,00	422,89	481,86	483,03	409,22	483,03	475,40	60,14	-13,67	60,14	52,51	PVC PBA CL 15		
1.140,00	423,08	481,73	482,93	409,32	482,93	475,37	59,85	-13,76	59,85	52,29	PVC PBA CL 15		
1.160,00	423,30	481,60	482,82	409,41	482,82	475,34	59,52	-13,89	59,52	52,04	PVC PBA CL 15		
1.180,00	423,52	481,47	482,72	409,49	482,72	475,31	59,20	-14,03	59,20	51,79	PVC PBA CL 15		
1.200,00	423,85	481,34	482,62	409,57	482,62	475,30	58,77	-14,28	58,77	51,45	PVC PBA CL 15		
1.220,00	424,17	481,22	482,52	409,59	482,52	475,29	58,35	-14,58	58,35	51,12	PVC PBA CL 15		
1.240,00	424,31	481,09	482,42	409,62	482,42	475,27	58,11	-14,69	58,11	50,96	PVC PBA CL 15		
1.260,00	424,44	480,96	482,31	409,65	482,31	475,24	57,87	-14,79	57,87	50,80	PVC PBA CL 15		
1.280,00	424,71	480,83	482,21	409,68	482,21	475,23	57,50	-15,03	57,50	50,52	PVC PBA CL 15		
1.300,00	424,98	480,71	482,22	409,71	482,12	475,22	57,24	-15,27	57,14	50,24	PVC PBA CL 15		
1.320,00	425,28	480,58	482,54	409,74	482,03	475,19	57,26	-15,54	56,75	49,91	PVC PBA CL 15		
1.340,00	425,26	480,45	482,92	409,77	481,96	475,18	57,66	-15,49	56,70	49,92	PVC PBA CL 15		
1.360,00	425,37	480,32	483,33	409,79	481,87	475,12	57,96	-15,58	56,50	49,75	PVC PBA CL 15		
1.380,00	425,68	480,19	483,79	409,81	481,79	475,11	58,11	-15,87	56,11	49,43	PVC PBA CL 15		
1.400,00	425,98	480,07	484,35	409,82	481,70	475,08	58,37	-16,16	55,72	49,10	PVC PBA CL 15		
1.420,00	426,38	479,94	484,96	409,83	481,61	475,07	58,58	-16,55	55,23	48,69	PVC PBA CL 15		
1.440,00	426,24	479,81	485,43	409,84	481,52	475,07	59,19	-16,40	55,28	48,83	PVC PBA CL 15		
1.460,00	426,10	479,68	485,40	409,79	481,43	475,01	59,30	-16,31	55,33	48,91	PVC PBA CL 15		
1.480,00	425,80	479,55	485,33	409,74	481,35	475,00	59,53	-16,06	55,55	49,20	PVC PBA CL 15		
1.500,00	425,51	479,43	485,27	409,70	481,26	474,97	59,77	-15,81	55,76	49,47	PVC PBA CL 15		
1.520,00	425,02	479,30	485,19	409,65	481,17	474,94	60,17	-15,37	56,15	49,92	PVC PBA CL 15		
1.540,00	424,53	479,17	485,12	409,61	481,08	474,93	60,59	-14,92	56,55	50,40	PVC PBA CL 15		
1.560,00	425,34	479,04	485,04	409,59	480,99	474,90	59,70	-15,75	55,65	49,56	PVC PBA CL 15		
1.580,00	426,15	478,91	485,02	409,76	481,04	474,85	58,87	-16,39	54,89	48,70	PVC PBA CL 15		
1.600,00	426,82	478,79	485,01	409,71	480,95	474,82	58,19	-17,11	54,13	48,00	PVC PBA CL 15		
1.620,00	427,48	478,66	485,00	409,65	480,86	474,79	57,52	-17,83	53,38	47,31	PVC PBA CL 15		
1.640,00	428,46	478,53	484,99	409,59	480,77	474,76	56,54	-18,87	52,32	46,31	PVC PBA CL 15		
1.660,00	428,74	478,40	484,99	409,54	480,68	474,73	56,25	-19,20	51,94	45,99	PVC PBA CL 15		
1.680,00	428,29	478,27	484,99	409,48	480,59	474,74	56,70	-18,81	52,30	46,45	PVC PBA CL 15		
1.700,00	426,58	478,15	484,99	409,43	480,50	474,70	58,41	-17,15	53,92	48,12	PVC PBA CL 15		
1.720,00	425,05	478,02	485,00	409,37	480,41	474,67	59,95	-15,68	55,36	49,62	PVC PBA CL 15		
1.740,00	423,85	477,89	485,01	409,32	480,32	474,65	61,16	-14,53	56,47	50,80	PVC PBA CL 15		
1.760,00	423,12	477,76	485,02	409,26	480,24	474,62	61,91	-13,86	57,13	51,51	PVC PBA CL 15		
1.780,00	422,77	477,63	485,02	409,20	480,15	474,61	62,26	-13,57	57,39	51,85	PVC PBA CL 15		
1.800,00	422,41	477,51	485,02	409,15	480,06	474,55	62,61	-13,26	57,65	52,14	PVC PBA CL 15		
1.820,00	422,24	477,38	485,07	409,09	480,13	474,49	62,84	-13,15	57,90	52,26	PVC PBA CL 15		
1.840,00	422,50	477,25	485,13	409,04	480,04	474,46	62,63	-13,46	57,54	51,96	PVC PBA CL 15		
1.860,00	422,76	477,12	485,19	408,98	479,95	474,43	62,43	-13,78	57,19	51,67	PVC PBA CL 15		
1.880,00	423,20	477,00	485,27	408,92	479,86	474,41	62,07	-14,28	56,66	51,21	PVC PBA CL 15		
1.900,00	423,64	476,87	485,36	408,87	479,77	474,39	61,72	-14,77	56,13	50,75	PVC PBA CL 15		

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS

Distância Acumulada (m)	Cota Tubulação (m)	Cargas (m)						Pressões (m)				Material	Observação
		Regime Permanente	Regime Transiente sem proteção		Regime Transiente com proteção		Sistema sem proteção		Sistema com proteção				
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima			
1.920,00	424,31	476,74	485,45	408,81	479,68	474,30	61,15	-15,50	55,38	50,00	PVC PBA CL 15		
1.940,00	424,97	476,61	485,51	408,76	479,61	474,28	60,54	-16,21	54,64	49,31	PVC PBA CL 15		
1.960,00	425,91	476,48	485,58	408,70	479,52	474,25	59,67	-17,21	53,61	48,34	PVC PBA CL 15		
1.980,00	426,94	476,36	485,65	408,64	479,43	474,22	58,71	-18,30	52,49	47,28	PVC PBA CL 15		
2.000,00	428,69	476,23	485,73	408,59	479,34	474,20	57,04	-20,10	50,65	45,51	PVC PBA CL 15		
2.020,00	429,93	476,10	485,78	408,53	479,25	474,18	55,85	-21,40	49,32	44,25	PVC PBA CL 15		
2.040,00	431,21	475,97	485,91	408,48	479,16	474,15	54,70	-22,73	47,95	42,94	PVC PBA CL 15		
2.060,00	432,21	475,84	486,22	408,42	479,07	474,13	54,02	-23,79	46,87	41,93	PVC PBA CL 15		
2.080,00	433,20	475,72	486,58	408,36	478,98	474,11	53,38	-24,84	45,78	40,91	PVC PBA CL 15		
2.100,00	434,17	475,59	486,97	408,31	478,89	474,08	52,80	-25,86	44,72	39,91	PVC PBA CL 15		
2.120,00	434,28	475,46	487,40	408,25	478,80	474,04	53,12	-26,03	44,52	39,76	PVC PBA CL 15		
2.140,00	433,26	475,33	487,89	408,20	478,71	474,06	54,63	-25,06	45,45	40,80	PVC PBA CL 15		
2.160,00	432,60	475,20	488,24	408,14	478,62	474,02	55,64	-24,46	46,02	41,42	PVC PBA CL 15		
2.180,00	431,95	475,08	488,34	408,08	478,26	474,02	56,39	-23,87	46,31	42,07	PVC PBA CL 15		
2.200,00	431,45	474,95	488,44	408,03	478,17	473,99	56,99	-23,42	46,72	42,54	PVC PBA CL 15		
2.220,00	431,33	474,82	488,55	407,97	478,09	473,97	57,22	-23,36	46,76	42,64	PVC PBA CL 15		
2.240,00	431,21	474,69	488,66	407,92	478,00	473,94	57,45	-23,29	46,79	42,73	PVC PBA CL 15		
2.260,00	431,29	474,56	488,76	407,86	477,91	473,91	57,47	-23,43	46,62	42,62	PVC PBA CL 15		
2.280,00	431,36	474,44	488,88	407,80	477,82	473,88	57,52	-23,56	46,46	42,52	PVC PBA CL 15		
2.300,00	431,90	474,31	488,95	407,75	477,73	473,83	57,05	-24,15	45,83	41,93	PVC PBA CL 15		
2.320,00	432,45	474,18	489,04	407,69	477,64	473,74	56,60	-24,76	45,20	41,30	PVC PBA CL 15		
2.340,00	433,31	474,05	489,14	407,64	477,55	473,66	55,83	-25,67	44,24	40,35	PVC PBA CL 15		
2.360,00	434,18	473,93	489,27	407,58	477,46	473,57	55,09	-26,60	43,28	39,39	PVC PBA CL 15		
2.380,00	435,26	473,80	489,40	407,52	477,38	473,49	54,14	-27,74	42,12	38,23	PVC PBA CL 15		
2.400,00	436,35	473,67	489,55	407,58	477,29	473,49	53,20	-28,77	40,94	37,14	PVC PBA CL 15		
2.420,00	437,46	473,54	489,22	408,19	476,93	473,40	51,76	-29,27	39,47	35,94	PVC PBA CL 15		
2.440,00	438,57	473,41	488,86	408,82	476,84	473,31	50,29	-29,75	38,27	34,74	PVC PBA CL 15		
2.460,00	439,47	473,29	488,45	409,57	476,75	473,23	48,98	-29,90	37,28	33,76	PVC PBA CL 15		
2.480,00	440,38	473,16	488,03	410,35	476,67	473,14	47,65	-30,03	36,29	32,76	PVC PBA CL 15		
2.500,00	441,02	473,03	487,65	411,18	476,58	473,05	46,63	-29,84	35,56	32,03	PVC PBA CL 15		
2.520,00	441,66	472,90	487,24	412,04	476,49	472,96	45,58	-29,62	34,83	31,30	PVC PBA CL 15		
2.540,00	442,25	472,77	486,74	412,95	476,41	472,87	44,49	-29,30	34,16	30,62	PVC PBA CL 15		
2.560,00	442,84	472,65	486,21	413,92	476,33	472,78	43,37	-28,92	33,49	29,94	PVC PBA CL 15		
2.580,00	443,56	472,52	485,64	414,93	476,25	472,70	42,08	-28,63	32,69	29,14	PVC PBA CL 15		
2.600,00	444,29	472,39	485,07	416,01	476,18	472,61	40,78	-28,28	31,89	28,32	PVC PBA CL 15		
2.620,00	445,00	472,26	484,54	417,15	476,10	472,51	39,55	-27,85	31,11	27,52	PVC PBA CL 15		
2.640,00	445,70	472,13	483,98	418,36	476,03	472,41	38,28	-27,34	30,33	26,71	PVC PBA CL 15		
2.660,00	446,31	472,01	483,41	419,65	475,96	472,31	37,10	-26,66	29,65	26,00	PVC PBA CL 15		
2.680,00	446,92	471,88	482,84	421,01	475,88	472,21	35,92	-25,91	28,96	25,29	PVC PBA CL 15		
2.700,00	446,78	471,75	482,20	422,46	475,81	472,11	35,42	-24,32	29,03	25,33	PVC PBA CL 15		
2.720,00	446,64	471,62	481,52	424,01	475,73	472,01	34,88	-22,63	29,09	25,37	PVC PBA CL 15		
2.740,00	446,55	471,49	481,05	425,78	475,65	471,91	34,50	-20,77	29,10	25,36	PVC PBA CL 15		
2.760,00	446,83	471,37	480,70	427,70	475,37	471,82	33,87	-19,13	28,54	24,99	PVC PBA CL 15		
2.780,00	447,11	471,24	480,22	429,99	475,29	471,73	33,11	-17,12	28,18	24,62	PVC PBA CL 15		
2.800,00	446,97	471,11	479,73	432,46	475,22	471,64	32,76	-14,51	28,25	24,67	PVC PBA CL 15		
2.820,00	446,84	470,98	479,20	435,13	475,14	471,55	32,36	-11,71	28,30	24,71	PVC PBA CL 15		
2.840,00	446,09	470,85	478,67	438,04	475,06	471,46	32,58	-8,05	28,97	25,37	PVC PBA CL 15		
2.860,00	445,64	470,73	478,36	441,20	474,99	471,38	32,72	-4,44	29,35	25,74	PVC PBA CL 15		

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS COMUNIDADES DIRETAMENTE AFETADAS PELO PISF
SISTEMA SÃO MIGUEL - EIXO NORTE
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA 2.2 (AAT 2.2)

QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS

Distância Acumulada (m)	Cota Tubulação (m)	Cargas (m)					Pressões (m)				Material	Observação
		Regime Permanente	Regime Transiente sem proteção		Regime Transiente com proteção		Sistema sem proteção		Sistema com proteção			
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima		
2.880,00	445,89	470,60	478,00	444,65	474,92	471,29	32,11	-1,24	29,03	25,40	PVC PBA CL 15	
2.900,00	446,24	470,47	477,59	448,43	474,84	471,20	31,35	2,19	28,60	24,96	PVC PBA CL 15	
2.920,00	446,07	470,34	477,15	452,56	474,77	471,11	31,08	6,49	28,70	25,04	PVC PBA CL 15	
2.940,00	445,39	470,22	476,70	457,11	474,69	471,02	31,31	11,72	29,30	25,63	PVC PBA CL 15	
2.960,00	445,48	470,09	476,20	462,13	474,62	470,93	30,72	16,65	29,14	25,45	PVC PBA CL 15	
2.980,00	446,94	469,96	475,62	467,68	474,54	470,84	28,68	20,74	27,60	23,90	PVC PBA CL 15	
3.000,00	449,17	469,83	473,45	473,45	473,45	473,45	24,28	24,28	24,28	24,28	PVC PBA CL 15	VCV (Q = 3.00 L/s)
3.000,00	467,83	467,83	473,45	473,45	473,45	473,45	5,62	5,62	5,62	5,62	FoFo k9	REL 04 (30 m³)

Regimes Hidráulicos: Perfil Longitudinal da Adutora de Água Tratada 2.2 (AAT 2.2)

