

CONTRATO 226/2021
AS N°042/2022

**MUNICÍPIO DE MUNIZ FREIRE
DISTRITO SEDE**

**MELHORIAS NO SAA DE MUNIZ
FREIRE – RELOCAÇÃO DA ADUTORA
DE ÁGUA BRUTA**

VOLUME I – PROJETO HIDRÁULICO

**TOMO A – MEMORIAL DESCRITIVO E
DE CÁLCULO**

C-060-000-30-5-MD-0001

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato nº 226/2021, celebrado entre a **GANEM Engenharia Ltda EPP** e a **Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**, em 21 de setembro de 2021.

Este contrato visa atender as demandas de análise operacional e projetos da **Gerência de Projetos (E-GPJ)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (E-DPO)**.

A **GANEM Engenharia Ltda EPP**, apresenta a seguir o memorial descritivo e de cálculo do projeto hidráulico da relocação da adutora de água bruta do sistema de abastecimento de água do município de Muniz Freire no Espírito Santo.

O projeto completo das melhorias do sistema de abastecimento de água de Muniz Freire será apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Projeto Hidráulico:
 - Tomo A – Memorial Descritivo e de Cálculo (C-060-000-30-5-MD-0001);
 - Tomo B – Desenhos.
- Volume II – Orçamento (C-060-000-30-0-OR-0001):
 - Planilha Orçamentária (C-060-000-30-0-PL-0001).

Segue modelo matemático gerado para a análise da relocação a ser executada.

Número da CESAN		Referência do Desenho
01	C-060-000-30-5-SC-0001	Melhorias no SAA de Muniz Freire– Relocação da adutora de água Bruta na chegada da ETA – Modelo Matemático

Seguem listados abaixo os desenhos produzidos no projeto hidráulico e apresentados no Tomo B deste trabalho.

Número da CESAN		Referência do Desenho
01	C-060-000-30-5-XX-0001	Melhorias no SAA de Muniz Freire - Projeto Hidráulico - Adutora De Água Bruta – Planta e Perfil
02	C-060-000-30-5-XX-0002	Melhorias no SAA de Muniz Freire - Projeto Hidráulico - Adutora De Água Bruta – Planta, Detalhes da Interligação 1 e 2, Blocos de Ancoragem e LM

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	DADOS POPULACIONAIS E DE VAZÃO	9
2.1	PERÍODO DE ALCANCE DO PROJETO	9
2.2	PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO.....	9
2.2.1	Estimativa do crescimento populacional	10
2.3	PROJEÇÃO DA DEMANDA	14
3	CONCEPÇÃO DO SISTEMA	15
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
3.2	CENÁRIO EXISTENTE	15
3.3	PROJETO ADUTORA DN200 (RELOCAÇÃO)	17
3.4	MODELAGEM DA ADUTORA	19
	ANEXO 01 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA AAB MUNIZ FREIRE.....	23
	ANEXO 02 – DIMENSIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE DESCARGA.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização de Muniz Freire.....	7
Figura 2 - Projeção populacional do município de Muniz Freire segundo o IBGE.....	9
Figura 3 – População de Muniz Freire e curva de crescimento para polinômio de 2º grau.....	11
Figura 4 – População de Muniz Freire e curva de crescimento para polinômio de 1º grau.....	12
Figura 5 – Situação atual da adutora de água bruta na chegada da ETA. Fonte: CESAN – protocolo 2015.024078.....	16
Figura 6 – Caminhamento da adutora DN150 existente.....	17
Figura 7 - Caminhamento da adutora projetada DN200.....	18
Figura 8 – Pressão de entrada no ponto de interligação do sistema.....	19
Figura 9 – Pressão ao longo da adutora.	20
Figura 10 – Pressão na chegada da ETA.....	20
Figura 11 – Vazão na adutora projetada.	20
Figura 12 – Velocidade na adutora projetada.....	21
Figura 13 – Perda de carga na adutora projetada.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da população atendida em início de plano.	10
Tabela 2 – População de Muniz Freire (Censos do IBGE).	10
Tabela 3 – Projeção populacional para a área de estudo (polinômio de 2º grau).	11
Tabela 4 – Projeção populacional para a área de estudo (polinômio de 1º grau).	13
Tabela 5 – Projeção da demanda de água para a Sede de Muniz Freire.	14
Tabela 6 - Dados da adutora projetada.	18
Tabela 7 – Descarga da adutora.	19
Tabela 8 – Ventosa da adutora.	19

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

1 INTRODUÇÃO

O presente projeto consiste nas melhorias do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Muniz Freire. O município está localizado na região sudeste do estado do Espírito Santo, faz divisa com os municípios de Lúna, Conceição do Castelo e Ibitirama. Possui um território de 679.9 km² e um total de 17 465 habitantes, segundo dados do último censo. A Figura 1 apresenta o município de Muniz Freire.



Figura 1 – Localização de Muniz Freire.

Este estudo consiste na relocação da adutora de água bruta existente para que o novo caminhamento não interfira nas residências existentes. Atualmente a adutora de água bruta passa em terrenos particulares e abaixo de casas existentes.

A relocação da adutora foi solicitada pela área operacional da CESAN e a nova posição da adutora foi escolhida visando não envolver desapropriações para facilitar a execução.

O objetivo principal deste trabalho é a apresentação do novo trecho da adutora de água bruta e detalhamento necessário para sua execução.

Foi realizada uma modelagem hidráulica para verificar o funcionamento do trecho a ser relocado.

O documento referência para a elaboração do projeto consiste nas trocas de e-mails entre os anos de 2018 a 2022 a respeito da Adutora de Muniz Freire e o processo 2015.024078.

2 DADOS POPULACIONAIS E DE VAZÃO

2.1 Período de alcance do projeto

O alcance de projeto adotado foi de 20 anos, considerando o ano inicial 2023 e o ano final 2043.

2.2 Projeção da população

A população a ser atendida por este SAA foi obtida do estudo populacional, levando-se em consideração os censos populacionais de 1970, 1980 e 1991. É importante ressaltar que os censos populacionais mais recentes não foram considerados, pois houve um decréscimo da população do município de Muniz Freire a partir do censo de 2000, tendo em vista que ocorreram emancipações de áreas que antes pertenciam ao município.

Dessa forma, esse decréscimo da população afetaria a projeção geométrica utilizada para prever o crescimento até o final de plano, gerando taxas de crescimento negativas. Por isso, propõe-se que os dados dos censos a partir do ano 2000 sejam descartados. A Figura 2 ilustra a evolução populacional no município de Muniz Freire.

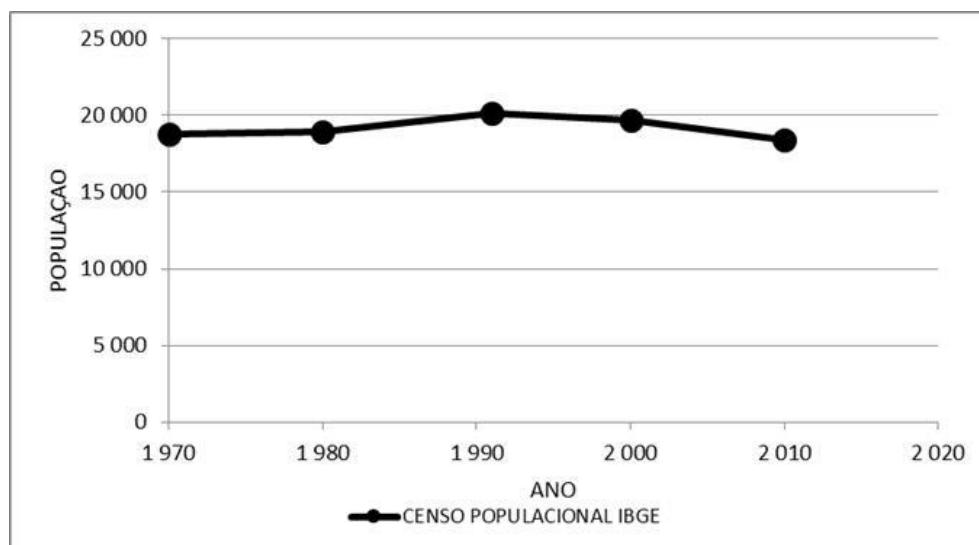


Figura 2 - Projeção populacional do município de Muniz Freire segundo o IBGE.

O total de habitantes na área de estudo conforme os setores censitários: 320370020000002, 320370020000003, 320370020000004, 320370020000010, 320370020000011, 320370020000012 e 320370020000013 é de 4 983 habitantes. Esse valor corresponde a soma da população residente em cada setor censitário, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo da população atendida em início de plano.

Setor Censitário	Localidade	População Atendida
320370005000002	Muniz Freire	1080
320370005000003	Muniz Freire	620
320370005000004	Muniz Freire	468
320370005000010	Muniz Freire	731
320370005000011	Muniz Freire	550
320370005000012	Muniz Freire	934
320370005000013	Muniz Freire	660
Total		4 983

2.2.1 Estimativa do crescimento populacional

Nesta metodologia optou-se pela utilização de dois tipos diferentes de projeção geométrica da população, de 1º e de 2º grau. Estas projeções se diferem em taxas de crescimento. Avaliando os resultados obtidos por cada uma das duas projeções, será adotada a metodologia que for julgada como a mais próxima à realidade local.

É importante também ressaltar que não foram avaliados, nesta etapa do trabalho, os valores obtidos nos últimos dois censos populacionais do IBGE de dados disponíveis (2000 e 2010), porque neste período ocorreram áreas que se emanciparam do município de Muniz Freire, e isso causaria uma taxa de crescimento negativa ao estudo populacional. Esta taxa de crescimento negativa é avaliada como não condizente com o esperado para o município, e esse declínio populacional é considerado um evento estatístico atípico.

As populações do município de Muniz Freire que foram base para as projeções, podem ser descritas pela tabela Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – População de Muniz Freire (Censos do IBGE).

Ano	1970	1980	1991
População (hab)	18799	18964	20156

Com base nos valores da Tabela 2, foi possível estabelecer uma curva de tendência que representa o crescimento populacional entre os anos de 1970 e 1991, e cuja equação pode ser dada por um polinômio de 2º grau, como apresentado na Figura 3 a seguir.

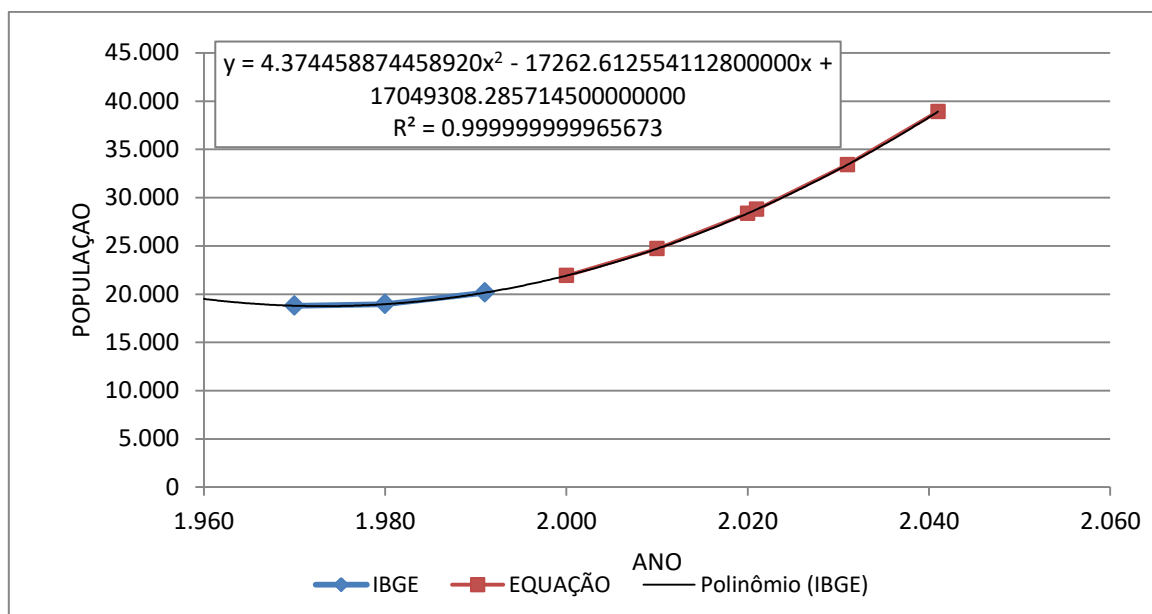


Figura 3 – População de Muniz Freire e curva de crescimento para polinômio de 2º grau.

Partindo da população da área de estudo obtida como descrita pela Tabela 2, e utilizando a equação apresentada na Figura 3, foi possível projetar a população da área até o ano de horizonte de estudo, que é 2043. A Tabela 3 apresenta os valores obtidos.

Tabela 3 – Projeção populacional para a área de estudo (polinômio de 2º grau).

Ano	Taxa de crescimento anual	População da área de estudo - Sede
2023	1.48%	5978
2024	1.49%	6067
2025	1.49%	6158
2026	1.50%	6250
2027	1.51%	6344
2028	1.51%	6440
2029	1.52%	6538
2030	1.52%	6638
2031	1.53%	6739
2032	1.53%	6842
2033	1.53%	6947
2034	1.53%	7053
2035	1.54%	7161
2036	1.54%	7272
2037	1.54%	7383

Ano	Taxa de crescimento anual	População da área de estudo - Sede
2038	1.54%	7497
2039	1.54%	7612
2040	1.54%	7729
2041	1.54%	7848
2042	1.54%	7969
2043	1.54%	8091

Dessa forma, a população estimada na área da Sede Muniz Freire para o ano 2043 é de 8 091 habitantes, que reflete um crescimento médio da ordem de 1.52% aa, para o período avaliado.

Paralelamente, também foi possível estabelecer uma curva de tendência que representa o crescimento populacional entre os anos de 1970 e 1991, e cuja equação pode ser dada por um polinômio de 1º grau, como apresentado na Figura 4 a seguir.

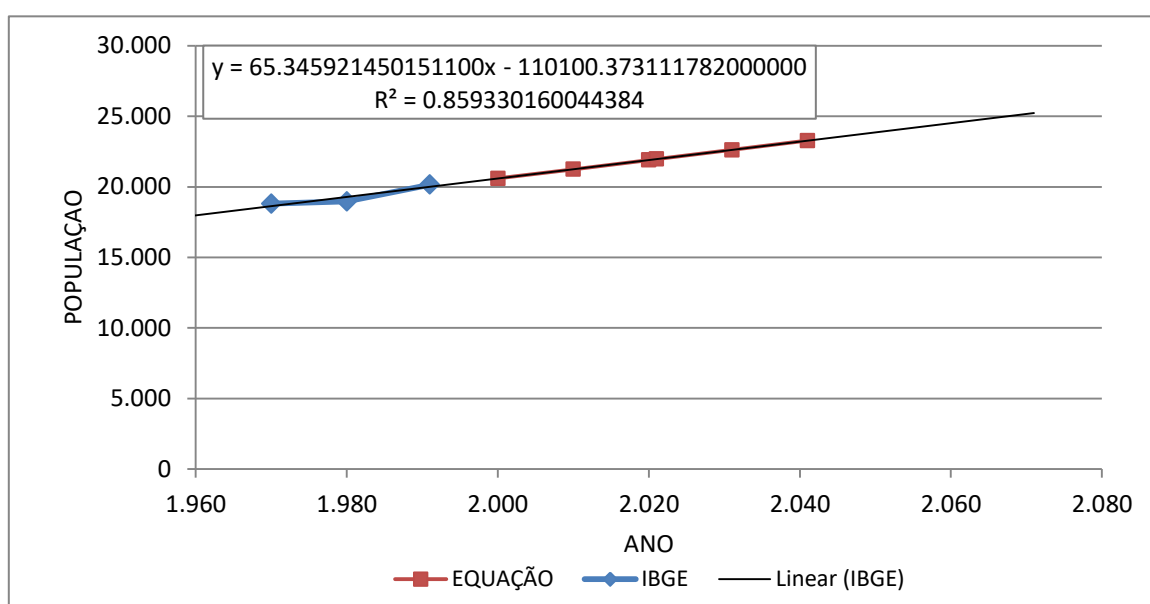


Figura 4 – População de Muniz Freire e curva de crescimento para polinômio de 1º grau.

Partindo da população da área urbana do bairro descrita pela Tabela 2 e utilizando a equação apresentada na Figura 8, foi possível projetar a população da área de estudo até o ano de horizonte de estudo, que é 2043. A Tabela 4 apresenta os valores obtidos.

Tabela 4 – Projeção populacional para a área de estudo (polinômio de 1º grau).

Ano	Taxa de crescimento anual	População da área de estudo - Sede
2023	0.30%	5182
2024	0.30%	5198
2025	0.29%	5213
2026	0.29%	5228
2027	0.29%	5244
2028	0.29%	5259
2029	0.29%	5274
2030	0.29%	5290
2031	0.29%	5305
2032	0.29%	5320
2033	0.29%	5336
2034	0.29%	5351
2035	0.29%	5366
2036	0.29%	5381
2037	0.28%	5397
2038	0.28%	5412
2039	0.28%	5427
2040	0.28%	5443
2041	0.28%	5458
2042	0.28%	5473
2043	0.28%	5489

Dessa forma, a população estimada na área da Sede Muniz Freire para o ano 2043 é de 5 489 habitantes, que reflete um crescimento médio de 0.29% aa, para o período avaliado.

Para o melhor funcionamento deste sistema, em conformidade com a equipe técnica da CESAN, optou-se em utilizar a projeção de 1º grau para cenários futuros, pois essa projeção dispõe de uma média de crescimento mais realista para a área de estudo, pois garante uma população mais próxima ao que se espera para final dos 20 anos, levando-se em conta ser uma área com características rurais.

Sendo assim, a população de dimensionamento para a adutora de água bruta projetada para a Sede de Muniz Freire será 5 489 habitantes.

2.3 Projeção da demanda

Adotou-se um consumo *per capita* de água na região de estudo de 150 l/(hab.dia). Para os coeficientes do dia e hora de maior consumo, como não existem dados locais comprovados oriundos de pesquisas, utilizaram-se os valores recomendados pela NBR 9649/1986, conforme listados a seguir:

- Coeficiente de máxima vazão diária (K_1): 1.2;
- Coeficiente de máxima vazão horária (K_2): 1.5.

A Tabela 5 a seguir, apresenta a projeção da demanda de água para a Sede Muniz Freire.

Tabela 5 – Projeção da demanda de água para a Sede de Muniz Freire.

Ano	População	Qméd consumida (l/s)	Vazão de perdas (l/s) -24%	Vazão de distribuição com perdas (l/s)		
				Qméd.	Qmáx diária	Qmáx horária
2023	5182	9.00	2.16	11.16	12.96	18.35
2024	5198	9.02	2.17	11.19	12.99	18.41
2025	5213	9.05	2.17	11.22	13.03	18.46
2026	5228	9.08	2.18	11.26	13.07	18.52
2027	5244	9.10	2.18	11.29	13.11	18.57
2028	5259	9.13	2.19	11.32	13.15	18.63
2029	5274	9.16	2.20	11.35	13.19	18.68
2030	5290	9.18	2.20	11.39	13.22	18.73
2031	5305	9.21	2.21	11.42	13.26	18.79
2032	5320	9.24	2.22	11.45	13.30	18.84
2033	5336	9.26	2.22	11.49	13.34	18.90
2034	5351	9.29	2.23	11.52	13.38	18.95
2035	5366	9.32	2.24	11.55	13.42	19.01
2036	5381	9.34	2.24	11.59	13.45	19.06
2037	5397	9.37	2.25	11.62	13.49	19.11
2038	5412	9.40	2.26	11.65	13.53	19.17
2039	5427	9.42	2.26	11.68	13.57	19.22
2040	5443	9.45	2.27	11.72	13.61	19.28
2041	5458	9.48	2.27	11.75	13.65	19.33
2042	5473	9.50	2.28	11.78	13.68	19.39
2043	5489	9.53	2.29	11.82	13.72	19.44

3 CONCEPÇÃO DO SISTEMA

3.1 Considerações gerais

Segundo informações da CESAN, foram elaboradas duas simulações expeditas através do EPANET, considerando o desvio da adutora com diâmetros DN150 e DN200. Ambas as simulações se mostraram viáveis hidráulicamente.

Para a análise dos trechos, foram consideradas as seguintes premissas:

1. Cadastro de rede de água bruta atualizado do GIS corporativo;
2. Levantamento planialtimétrico cadastral da servidão da adutora e área de captação;
3. Arquivos de projetos da captação e perfil da adutora – OnBase;
4. Vazão de adução do SINCOP, dado de janeiro de 2018 ($Q = 18.66$ l/s);
5. Idade da tubulação aproximadamente 39 anos – DN150mm – ferro fundido – coeficiente de rugosidade C estimado;
6. Não foram solicitados dados pitométricos de vazão e pressão da elevatória de água bruta/adutora;

Foi decidido através entre a Ganem Engenharia e a CESAN que o desvio da adutora será feito com diâmetro DN200, pois esse diâmetro é capaz de aduzir a vazão de 11.82 l/s prevista para final de plano.

3.2 Cenário existente

A adutora de água bruta da sede de Muniz Freire encontra-se exposta com risco de rompimento e queda a qualquer momento. O rompimento dessa adutora poderá causar grandes prejuízos, pois está próxima a residências e um hospital. Além de causar o desabastecimento de água da referida cidade. As fotos a seguir apresenta a situação atual da adutora de água bruta na chegada da ETA.



Figura 5 – Situação atual da adutora de água bruta na chegada da ETA. Fonte: CESAN – protocolo 2015.024078.

A água que abastece a ETA de Muniz Freire é captada no Ribeirão Vargem Grande e é recalçada até a ETA em tubulação de ferro fundido com diâmetro DN150. O conjunto moto bomba que atende a EEAB é de 30 cv.

A vazão de captação em agosto de 2015 era de 18 l/s e a duração da operação é de 18 horas por dia (das 6h as 24 horas).

Dessa forma, será projetada a relocação da adutora na chegada da ETA, visando maior segurança e facilidade da execução.

O sistema de abastecimento de Muniz Freire, atualmente, possui uma adutora DN150 chegando da estação de tratamento de água de Muniz Freire e tendo o seu caminhamento passando entre residências, como observado na Figura 6.

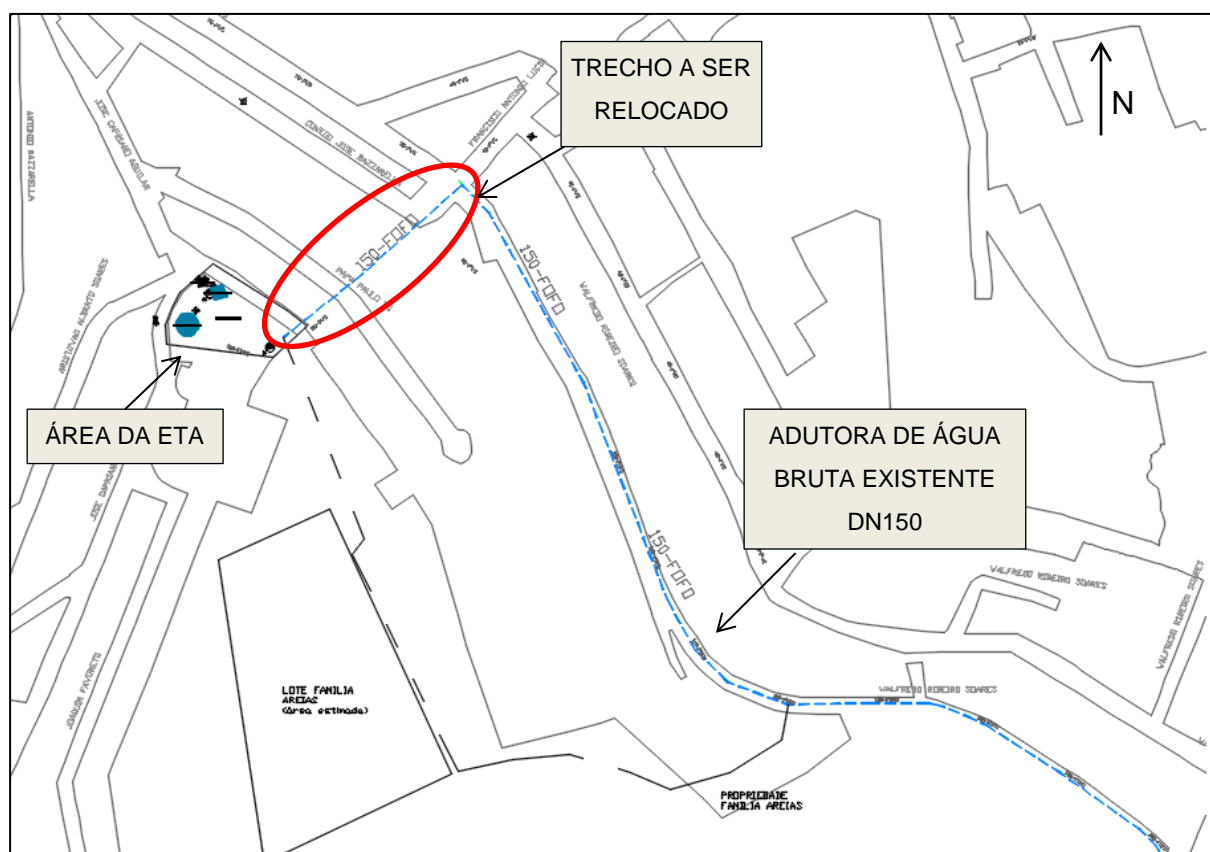


Figura 6 – Caminhamento da adutora DN150 existente.

3.3 Projeto adutora DN200 (relocação)

O projeto de relocação da adutora terá uma extensão total de 438.42 m, da adutora existente na Rua Conego José Bazzarela, e José Capriano Aguiar e chegando da ETA Muniz Freire. Como já mencionado, a adutora será DN200 (FºFº) para ficar a favor da segurança. A Figura 7 apresenta o novo caminho da adutora de Muniz Freire

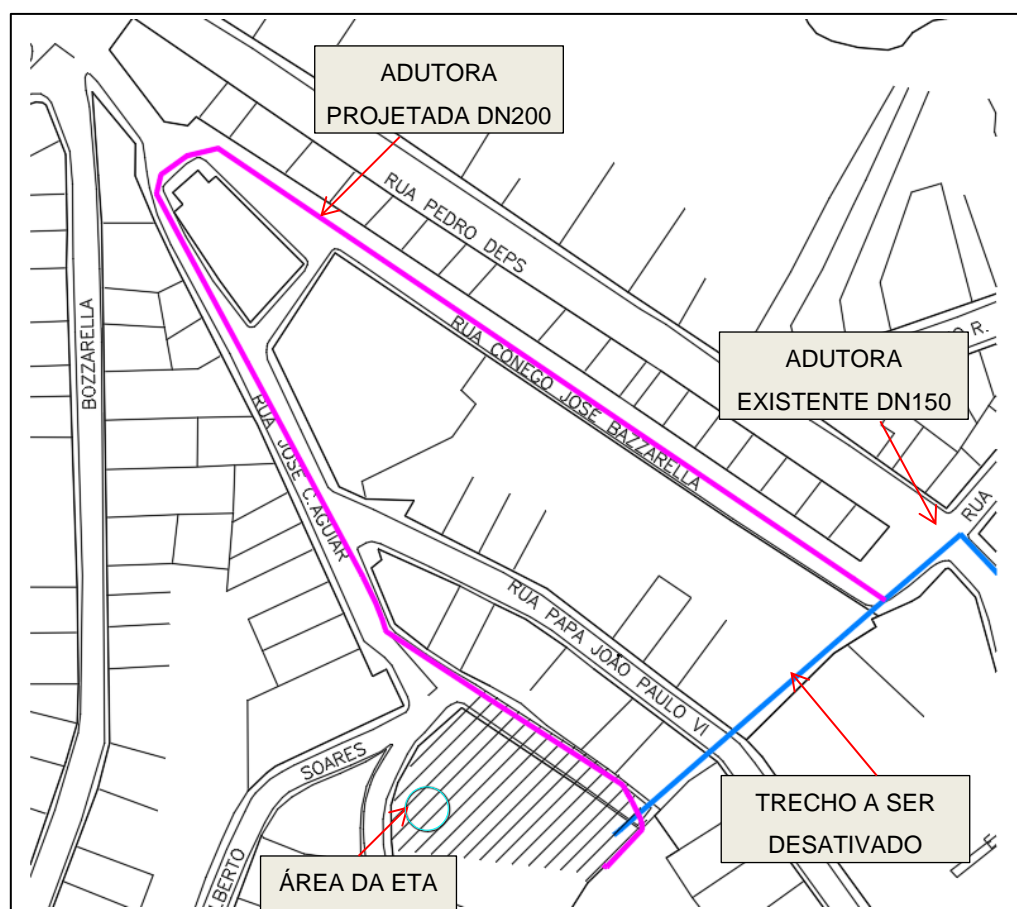


Figura 7 - Caminhamento da adutora projetada DN200.

A Tabela 6 apresenta as características da adutora desse projeto.

Tabela 6 - Dados da adutora projetada.

Características	AAB Muniz Freire
Material	Ferro Fundido
Comprimento (m)	438.42
Diâmetro (mm)	200
Pavimentação	Asfalto/Paralelepípedo

O dimensionamento da adutora é apresentado no Anexo 01.

Para um bom funcionamento do ponto de vista hidráulico, foi necessário dimensionar uma descarga para o ponto mais baixo da adutora a fim de garantir total escoamento da água e uma ventosa no ponto mais alto para permitir a entrada e a saída de ar.

A posição da descarga na adutora é apresentada na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Descarga da adutora.

Diâmetro	Posição
DN100	10+15,39

A posição da ventosa na adutora é apresentada na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 – Ventosa da adutora.

Diâmetro	Posição
DN50	07+18,18

Os dimensionamentos da descarga e ventosa são apresentados no Anexo 02.

3.4 Modelagem da adutora

A fim de verificar o bom funcionamento hidráulico da adutora a ser relocada e garantir a chegada de água na ETA, foi realizada uma modelagem hidráulica.

Segundo informações da CESAN, no ponto de interligação, a pressão é de 34 mca. Sendo assim, foi modelada essa pressão de entrada no sistema. A fim de verificar as condições de contorno do sistema foi modelada as pressões no intervalo de 32 a 38 metros. A Figura 8 apresenta as pressões disponíveis no ponto de interligação do sistema.

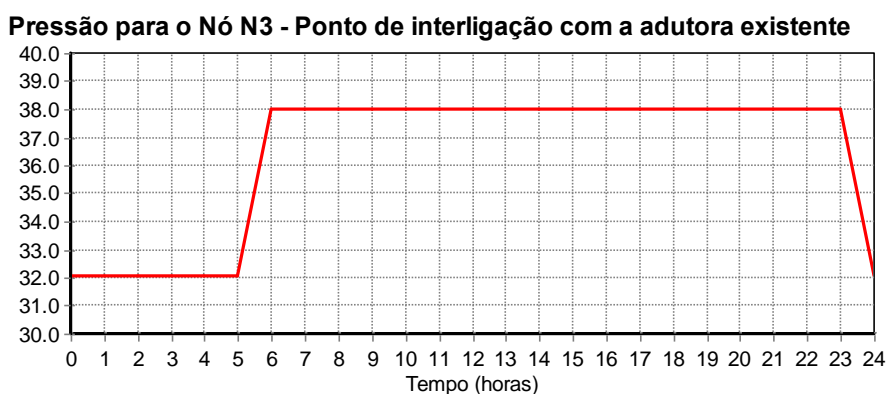


Figura 8 – Pressão de entrada no ponto de interligação do sistema.

Já a Figura 9 apresenta a pressão na adutora ao longo do caminhamento projetado. Conforme pode ser visto, as pressões estão dentro de um limite de trabalho aceitável, o que garante um bom funcionamento do sistema.

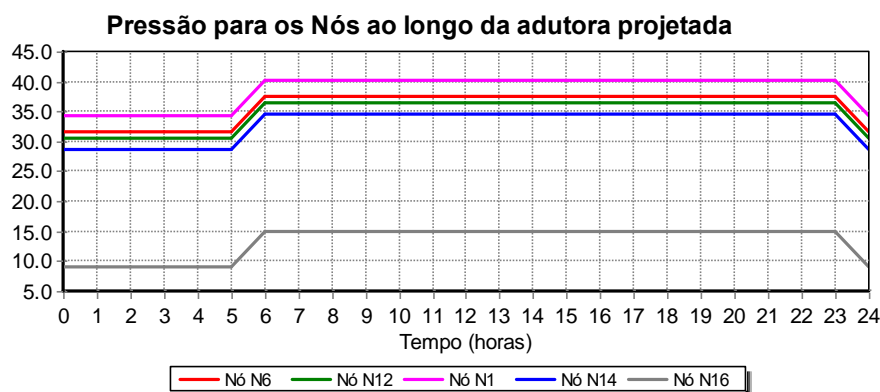


Figura 9 – Pressão ao longo da adutora.

Já a Figura 10 apresenta a pressão na chegada da ETA. O novo caminhamento da adutora de água bruta tem condições de abastecer a ETA desde **que a pressão mínima no ponto de interligação seja de 32 mca.**

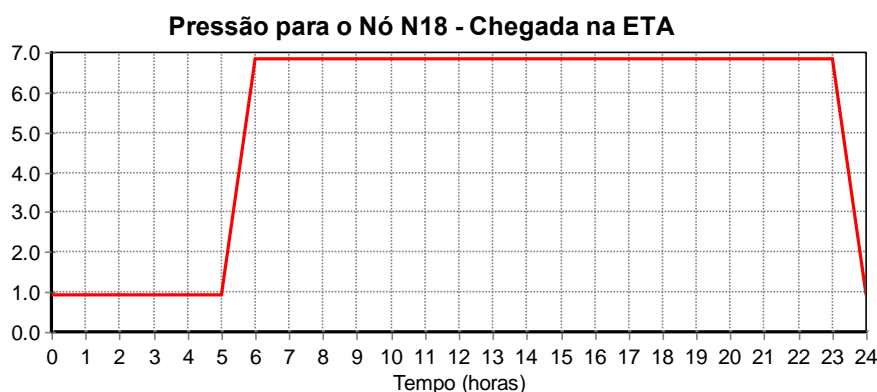


Figura 10 – Pressão na chegada da ETA.

Também foram verificadas a vazão e velocidades na linha projetada e possuem um bom funcionamento hidráulico conforme apresentado nas Figura 11 e Figura 12.

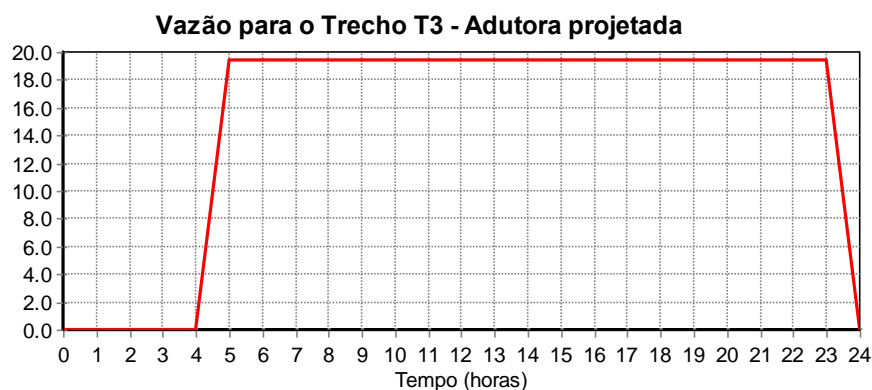


Figura 11 – Vazão na adutora projetada.

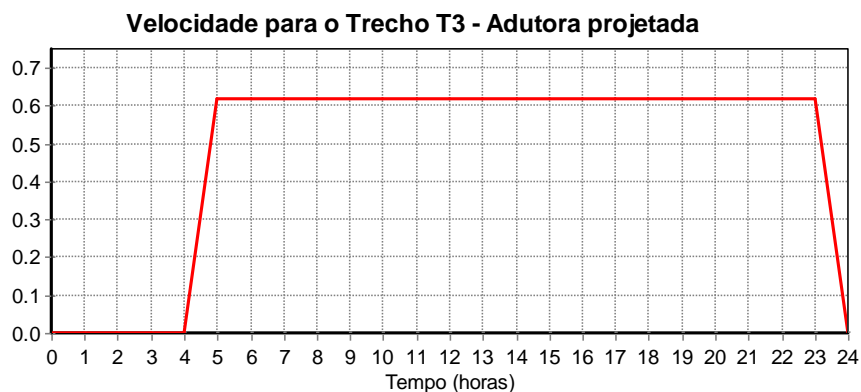


Figura 12 – Velocidade na adutora projetada.

Por fim, foi analisada a perda de carga na adutora projetada, e a mesma encontra-se com uma baixa perda de carga, compatível com um bom funcionamento hidráulico. A Figura 13 apresenta a perda de carga da adutora projetada.

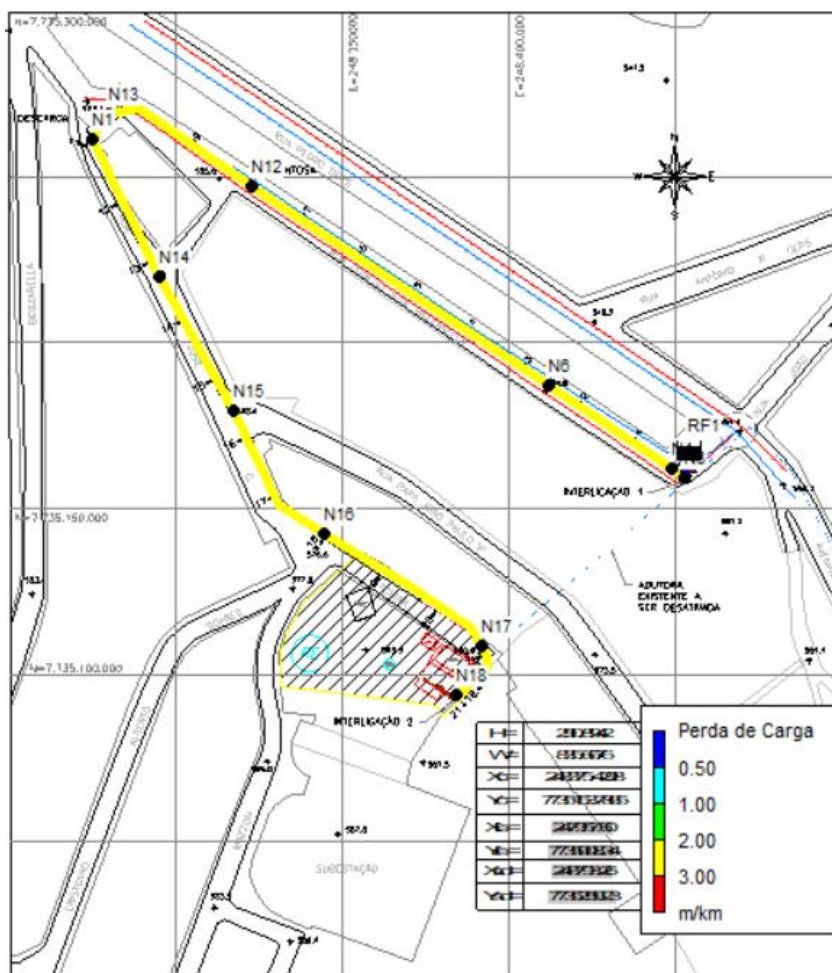


Figura 13 – Perda de carga na adutora projetada.

ANEXOS

ANEXO 01 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA AAB MUNIZ FREIRE

Segue a planilha de dimensionamento da AAB Muniz Freire.

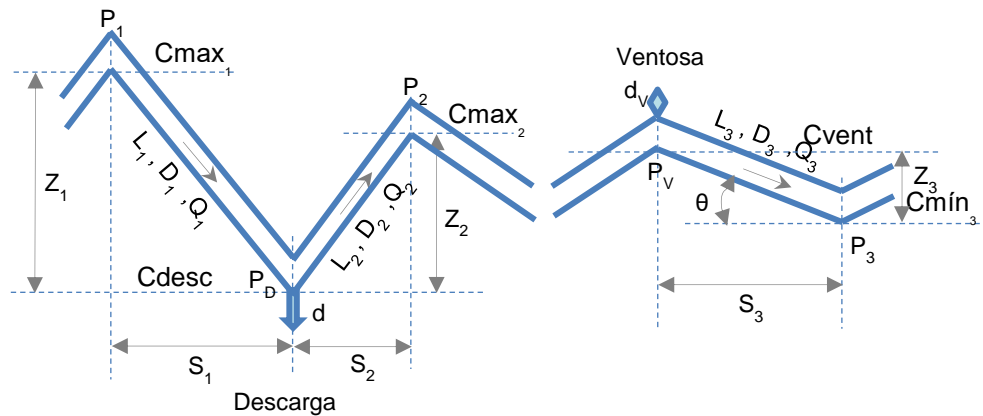
Trecho	Estaca		Cota Terreno (m)		Geratriz Inferior (m)		Profundidade (m)		Distância (m)		Decliv. (%)	Diâmetro (mm)	Pavimento
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Trecho	Acum.			
01	00+00,00	00+12,51	554.43	554.49	553.09	553.39	1.34	1.10	12.51	12.51	2.44	200	ASFALTO
02	00+12,51	07+18,18	554.49	555.46	553.39	554.41	1.10	1.05	145.67	158.18	0.70	200	ASFALTO
03	07+18,18	08+19,69	555.46	554.27	554.41	553.22	1.05	1.05	21.51	179.69	-5.55	200	ASFALTO
04	08+19,69	10+03,08	554.27	551.80	553.22	550.65	1.05	1.15	23.39	203.08	-10.97	200	ASFALTO
05	10+03,08	10+15,39	551.80	551.63	550.65	550.53	1.15	1.10	12.31	215.39	-0.94	200	ASFALTO
06	10+15,39	13+04,79	551.63	556.84	550.53	555.79	1.10	1.05	49.40	264.79	10.65	200	ASFALTO/PARALELEPÍPEDO
07	13+04,79	15+15,16	556.84	568.95	555.79	567.71	1.05	1.24	50.37	315.16	23.66	200	PARALELEPÍPEDO
08	15+15,16	17+05,92	568.95	573.64	567.71	572.45	1.24	1.18	30.76	345.92	15.43	200	PARALELEPÍPEDO
09	17+05,92	18+01,63	573.64	576.39	572.45	575.13	1.18	1.25	15.71	361.63	17.06	200	PARALELEPÍPEDO
10	18+01,63	18+11,66	576.39	577.41	575.13	576.27	1.25	1.14	10.03	371.66	11.37	200	PARALELEPÍPEDO
11	18+11,66	20+13,31	577.41	580.37	576.27	579.11	1.14	1.26	41.65	413.31	6.80	200	PARALELEPÍPEDO
12	20+13,31	21+18,42	580.37	582.66	579.11	581.56	1.26	1.10	25.11	438.42	9.77	200	PARALELEPÍPEDO
13	21+18,42		582.66		581.56		1.10						

ID	ESTACA	COORDENADAS		CONEXÃO	DIÂMETRO (mm)	POSIÇÃO	Distância à origem (m)	Cota GI adutora (m)	Cota Terreno (m)
		X	Y						
01	09+19,51	248.288	7.735.270	C45	200	HORIZONTAL	199.51	551.041	552.100
02	10+07,40	248.281	7.735.268	C22	200	HORIZONTAL	207.40	550.609	551.616
03	10+15,38	248.274	7.735.264	C45	200	HORIZONTAL	215.38	550.533	551.633
04	11+00,25	248.273	7.735.259	C45	200	HORIZONTAL	220.25	551.050	552.011
05	17+02,67	248.330	7.735.151	C45	200	HORIZONTAL	342.67	571.952	573.124
06	20+12,52	248.389	7.735.113	C22	200	HORIZONTAL	412.52	579.053	580.300
07	21+02,68	248.393	7.735.104	C22	200	HORIZONTAL	422.68	580.023	581.063
08	21+04,76	248.394	7.735.102	C45	200	HORIZONTAL	424.76	580.226	581.225
09	21+17,46	248.385	7.735.092	C45	200	HORIZONTAL	437.46	581.467	582.636
10	21+17,91	248.384	7.735.093	C45	200	HORIZONTAL	437.91	581.511	582.647

ANEXO 02 – DIMENSIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE DESCARGA

Segue a memória de cálculo do dimensionamento da descarga da AAB de Muniz Freire.

1. Geometria dos Trechos



onde:

P_D = Ponto da descarga a ser calculada (mm)

P_V = Ponto da ventosa a ser calculada (mm)

P_1 = Ponto mais alto à montante da descarga (mm)

P_2 = Ponto mais alto à jusante da descarga (mm)

P_3 = Ponto mais baixo à jusante da ventosa (mm)

D_1 = Diâmetro da adutora à montante da descarga (mm)

D_2 = Diâmetro da adutora à jusante da descarga (mm)

D_3 = Diâmetro da adutora à jusante da ventosa (mm)

d = Diâmetro da descarga (mm)

d_v = Diâmetro da ventosa (mm)

C_{desc} = Cota da GL da adutora no ponto de descarga (m)

C_{max_1} = Cota máxima da GL da adutora à montante da descarga (m)

C_{max_2} = Cota máxima da GL da adutora à jusante da descarga (m)

C_{vent} = Cota da GL da adutora no ponto da ventosa (m)

$C_{mín_3}$ = Cota mínima da GL da adutora à jusante da ventosa, (m)

S_1 = Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à montante (m)

S_2 = Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à jusante (m)

S_3 = Distância horizontal entre a ventosa e o ponto baixo à jusante (m)

Z_1 = Distância vertical entre a descarga e o ponto alto à montante (m)

Z_2 = Distância vertical entre a descarga e o ponto alto à jusante (m)

Z_3 = Distância vertical entre a ventosa e o ponto baixo à jusante (m)

D_1 = Diâmetro da adutora à montante da descarga (m)

D_2 = Diâmetro da adutora à jusante da descarga (m)

D_3 = Diâmetro da adutora à jusante da ventosa (m)

L_1 = Comprimento do trecho à montante da descarga (m)

L_2 = Comprimento do trecho à jusante da descarga (m)

L_D = Comprimento a ser descarregado (m)
 L_3 = Comprimento do trecho à jusante da ventosa (m)
 Q_1 = Vazão na adutora à montante da descarga (l/s)
 Q_2 = Vazão na adutora à jusante da descarga (l/s)
 Q_3 = Vazão na adutora à jusante da ventosa (l/s)

As alturas máximas de cada trecho, assim como a altura média de descarga é dada pelas equações 1 a 4:

$$Z_1 = C_{\text{máx}_1} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Z_2 = C_{\text{máx}_2} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Z_3 = C_{\text{vent}} - C_{\text{mín}_3} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (\text{Eq. 4})$$

O comprimento dos trechos é calculado pelas equações 5 a 8:

$$L_1 = \sqrt{S_1^2 + Z_1^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$L_2 = \sqrt{S_2^2 + Z_2^2} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$L_3 = \sqrt{S_3^2 + Z_3^2} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$L_D = L_1 + L_2 \quad (\text{Eq. 8})$$

2. Dimensionamento da Descarga

O diâmetro da descarga pode ser dado pela equação abaixo:

$$\frac{D}{d} = 65 \sqrt{\frac{T}{60} \frac{\sqrt{Z_m}}{L_D}} \quad (\text{Eq. 9})$$

onde:

T = Tempo efetivo de descarga (min)

Arbitra-se um tempo máximo de descarga com base nas condições de descarga que se pretende e verifica-se a velocidade na tubulação.

As velocidades máxima, mínima, e média são dadas pelas equações seguintes:

$$V_{\text{máx}} = 2.50 \sqrt{Z_{\text{máx}}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 10})$$

$$V_{\min} = 1.25 \sqrt{Z_{\min}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 11})$$

$$V_{\text{méd}} = \frac{(V_{\max} + V_{\min})}{2} \quad (\text{Eq. 12})$$

onde:

Z_{\max} = Altura máxima entre Z1 e Z2 (m)

Z_{\min} = Altura mínima entre Z1 e Z2 (m)

A velocidade média de descarga deve ser superior a 0.35 m/s, atendendo às condições de arraste.

3. Dimensionamento da Ventosa

Inicialmente determina-se os pontos altos da adutora que necessitam de ventosa. As ventosas devem ser utilizadas quando a velocidade no trecho à jusante do ponto alto apresentar velocidade inferior a velocidade crítica ou sempre que a declividade desse trecho for superior a 30°.

As velocidades crítica e de operação podem ser calculadas com base nas equações 13 a 15:

$$V_3 \quad (\text{Eq. 13})$$

$$\frac{Q_3}{A_3} \quad (\text{Eq. 14})$$

$$\pi \times D_3^2 \quad (\text{Eq. 14})$$

$$V_c = (3\sqrt{\sin \theta} - 2.1 \sin \theta) \sqrt{g \times D_3} \quad (\text{Eq. 15})$$

onde:

A_3 = Seção da adutora à jusante da ventosa (m²)

V_3 = Velocidade na adutora à jusante da ventosa (m/s)

V_c = Velocidade crítica para expulsão do ar no trecho (m/s)

g = Aceleração da gravidade (m²/s)

Em resumo tem-se que:

se $V_3 > V_c$ e $\theta < 30^\circ$: não é necessário o uso de ventosa no ponto,

se $V_3 < V_c$: é necessário o uso de ventosa no ponto.

No entanto, é prática comum da CESAN o uso de ventosa em todos os pontos altos das adutoras, e assim sendo, em muitos casos as mesmas serão aplicadas mesmo que desaconselhadas pela verificação acima.

Uma vez definidos os pontos altos onde serão aplicados os dispositivos de ventosa parte então para o seu dimensionamento.

Uma regra prática utilizada para o dimensionamento de ventosas considera uma seção de passagem de ar igual ou maior a 1/8 da seção da adutora. Segundo este critério temos:

$$dv > \frac{D_3}{8} \quad (\text{Eq. 16})$$

No entanto, com a evolução construtiva desses dispositivos, que vem aumentando a sua eficiência, é prática comum a utilização de catálogos de fabricantes para a determinação do diâmetro a ser utilizado. Segue uma tabela de seleção comercial de ventosas de tríplex função como referência.

dv (mm)	Qmáx (l/s)
50	148
75	278
100	677
150	3320
200	5460

Com base no exposto adota-se o diâmetro da ventosa.

Todas as descargas e ventosas da referida adutora foram calculadas com base na presente metodologia. Segue a tabela com os dados de cálculo e os resultados de todas as descargas e ventosas dimensionadas.

Descargas	
Localização no projeto:	ADUTORA
Estaca no ponto da descarga (P_D):	10+15,39
Estaca no ponto alto à montante da descarga (P_1):	07+18,18
Estaca no ponto alto à jusante da descarga (P_2):	21+18,42
Diâmetro da adutora a montante da descarga, D_1 (mm):	200
Diâmetro da adutora a jusante da descarga, D_2 (mm):	200
Cota do terreno no ponto de descarga, CT_{desc} (m):	551.63
Cota do ponto de descarga, C_{desc} (m):	550.53
Cota máxima à montante, C_{max_1} (m):	554.41
Cota máxima à jusante, C_{max_2} (m):	581.56
Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à montante, S_1 (m):	57.21
Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à jusante, S_2 (m):	223.03
Altura máxima à montante, Z_1 (m):	3.88
Altura máxima à jusante, Z_2 (m):	31.03

Altura média, Z_m (m):	17.45
Comprimento do trecho à montante, L_1 (m):	57.34
Comprimento do trecho à jusante, L_2 (m):	225.18
Comprimento total a ser descarregado, L (m):	282.52
Tempo máximo de descarregamento adotado, $T_{\text{máx}}$ (min):	25
Diâmetro da descarga, d (mm):	39.20
Diâmetro comercial adotado, DN (mm):	100
Tempo efetivo de descarregamento, T (min):	3.84
Valor máximo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{máx}}$ (m):	31.03
Valor mínimo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{mín}}$ (m):	3.88
Velocidade máxima, $V_{\text{máx}}$ (m/s):	3.48
Velocidade mínima, $V_{\text{mín}}$ (m/s):	0.62
Velocidade média, $V_{\text{méd}}$ (m/s):	2.05

Ventosas	
Localização no projeto:	ADUTORA
Estaca no ponto da ventosa (P_V):	07+18,18
Estaca no ponto baixo à jusante da ventosa (P_3):	10+15,39
Vazão na adutora, Q_3 (l/s):	0.0
Diâmetro da adutora, D_3 (mm):	200
Cota do terreno no ponto de ventosa, CT_{vent} (m):	555.46
Cota do ponto da ventosa, C_{vent} (m):	554.41
Cota mínima à jusante da ventosa, $C_{\text{mín}_3}$ (m):	550.53
Distância horizontal entre a ventosa e o ponto baixo à jusante, S_3 (m):	57.21
Altura máxima à jusante da ventosa, Z_3 (m):	3.88
Comprimento do trecho à jusante da ventosa, L_3 (m):	57.34
Ângulo com a horizontal, θ ($^\circ$):	3.88
Seção da adutora a jusante da ventosa, A_3 (m ²):	0.03
Velocidade no trecho a jusante da ventosa, V_3 (m/s):	0.00
Velocidade crítica, V_C (m/s):	0.89
Verificação da necessidade de ventosa no ponto:	SIM
Diâmetro mínimo da ventosa, dm_{inv} (mm):	25.00
Diâmetro adotado para ventosa, dv (mm):	50

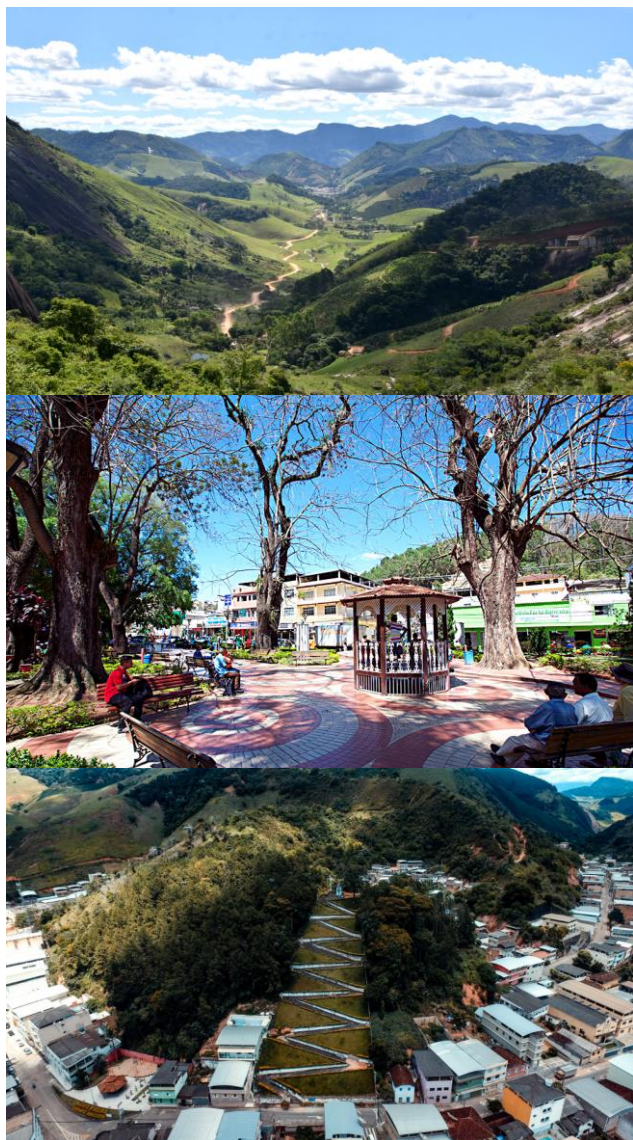
CONTRATO 226/2021
AS N°042/2022

**MUNICÍPIO DE MUNIZ FREIRE
DISTRITO SEDE**

**MELHORIAS NO SAA DE MUNIZ
FREIRE – RELOCAÇÃO DA ADUTORA
DE ÁGUA BRUTA**

VOLUME I – PROJETO HIDRÁULICO

TOMO B – DESENHOS



APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato nº 226/2021, celebrado entre a **GANEM Engenharia Ltda EPP** e a **Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**, em 21 de setembro de 2021.

Este contrato visa atender as demandas de análise operacional e projetos da **Gerência de Projetos (E-GPJ)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (E-DPO)**.

A **GANEM Engenharia Ltda EPP**, apresenta a seguir o memorial descritivo e de cálculo do projeto hidráulico da relocação da adutora de água bruta do sistema de abastecimento de água do município de Muniz Freire no Espírito Santo.

O projeto completo das melhorias do sistema de abastecimento de água de Muniz Freire será apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Projeto Hidráulico:
 - Tomo A – Memorial Descritivo e de Cálculo (C-060-000-30-5-MD-0001);
 - Tomo B – Desenhos.
- Volume II – Orçamento (C-060-000-30-0-OR-0001):
 - Planilha Orçamentária (C-060-000-30-0-PL-0001).

Segue modelo matemático gerado para a análise da relocação a ser executada.

	Número da CESAN	Referência do Desenho
01	C-060-000-30-5-SC-0001	Melhorias no SAA de Muniz Freire– Relocação da adutora de água Bruta na chegada da ETA – Modelo Matemático

Seguem listados abaixo os desenhos produzidos no projeto hidráulico e apresentados no Tomo B deste trabalho.

	Número da CESAN	Referência do Desenho
01	C-060-000-30-5-XX-0001	Melhorias no SAA de Muniz Freire - Projeto Hidráulico - Adutora De Água Bruta – Planta e Perfil
02	C-060-000-30-5-XX-0002	Melhorias no SAA de Muniz Freire - Projeto Hidráulico - Adutora De Água Bruta – Planta, Detalhes da Interligação 1 e 2, Blocos de Ancoragem e LM

DESENHOS