



CONTRATO 226/2021  
AS Nº076/2022

**MUNICÍPIO DE MUQUI  
DISTRITO SEDE**

**MELHORIAS DO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE  
MUQUI – NOVA CAPTAÇÃO**

**VOLUME I – PROJETO HIDRÁULICO**

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

C-092-000-00-5-MD-0004

**GANEM**  
Engenharia Ltda

SETEMBRO/2024  
REVISÃO 0

## 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 Engenharia e Serviços (O-GES)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (O-DPO)**.

A **GANEM Engenharia Ltda EPP** apresenta o memorial descritivo e de cálculo do projeto hidráulico da revisão das melhorias do sistema de abastecimento de água da sede do Município de Muqui, localizado no Estado do Espírito Santo.

O projeto completo das melhorias do sistema de abastecimento de água de Muqui é apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Topografia:
  - Tomo A – Caderneta Topográfica (D-092-000-00-1-CT-0001);
  - Tomo B – Desenhos.
- Volume II – Projeto Hidráulico:
  - Tomo A – Memorial Descritivo e de Cálculo (C-092-000-00-5-MD-0004);
  - Tomo B – Desenhos.

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

Número da CESAN	Referência do Desenho
01 C-092-000-00-5-XX-0001	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Planta Geral e Seção Típica de Acesso
02 C-092-000-00-5-XX-0002	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Planta de Localização e Seção Típica do Rio
03 C-092-000-00-5-XX-0003	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada D'água - Urbanização
04 C-092-000-00-5-XX-0004	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água – Plantas e LM
05 C-092-000-00-5-XX-0005	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Corte AA, Detalhe do Gradeamento e Régua Linimétrica
06 C-092-000-00-5-XX-0006	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Corte CC e DD

Número da CESAN	Referência do Desenho
07 C-092-000-00-5-XX-0007	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Canal, Planta. e Detalhes
08 C-092-000-00-5-XX-0008	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água – Imagens 3D 1/2
09 C-092-000-00-5-XX-0009	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água – Imagens 3D 2/2
10 C-092-000-30-5-XX-0001	SAA de Muqui – Adutora de Água Bruta – Projeto Hidráulico – AAB Rio Claro – Planta e Perfil (01/01) e LM
11 C-092-000-30-5-XX-0002	SAA de Muqui – Adutora de Água Bruta – Projeto Hidráulico – AAB Rio Claro – Detalhe da Descarga 300x150 e Ventosa 300x50

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>9</b>
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	9
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA.....	10
<b>3 EVOLUÇÃO POPULACIONAL E DA DEMANDA .....</b>	<b>13</b>
3.1 PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO .....	13
3.2 PROJEÇÃO DA DEMANDA.....	20
<b>4 ESTUDO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>22</b>
4.1 CAPTAÇÃO .....	22
4.2 BACIA DO CÓRREGO RIO CLARO .....	22
4.3 ESTUDO HIDROLÓGICO .....	22
4.3.1 Vazão outorgável no ponto de captação .....	23
4.3.2 Vazão máxima analisada para eventos extremos .....	26
<b>5 DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES ATUAIS .....</b>	<b>28</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	28
5.2 CAPTAÇÃO .....	28
5.3 ADUTORA DE ÁGUA BRUTA .....	29
<b>6 DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES PROPOSTAS.....</b>	<b>33</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	33
6.2 RESSALTO HIDRÁULICO.....	33
6.3 TOMADA D'ÁGUA .....	36
6.4 ADUTORA DE ÁGUA BRUTA .....	38
6.5 RÉGUA LINIMÉTRICA .....	42
<b>ANEXO 01 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS CAIXAS DE AREIA – SISTEMA ATUAL</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO 02 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS CAIXAS DE AREIA – SISTEMA PROPOSTO.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO 03 – GEOMETRIA DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO 04 – DIMENSIONAMENTO DAS DESCARGAS E VENTOSAS .....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO 05 - DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE DESVIO .....</b>	<b>56</b>

<b>ANEXO 06 - CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA EM MUQUI-ES - SEÇÃO MONTANTE E JUSANTE .....</b>	<b>59</b>
---	-----------

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização do Município de Muqui.....	9
Figura 2 – Tomada d'água provisória no córrego Rio Claro.....	10
Figura 3 – Caixas de areia existentes. ....	11
Figura 4 – Suspiro da adutora. ....	11
Figura 5 – Poço de sucção da EEAB. ....	12
Figura 6 – Setores censitários que abrangem a área do distrito sede de Muqui/ES. ....	13
Figura 7 – População de Muqui/ES e curva de crescimento ajustada para polinômio de segundo grau. ....	15
Figura 8 – População de Muqui/ES e curva de crescimento ajustada para polinômio de primeiro grau. ....	17
Figura 9 – Área de contribuição da bacia. ....	24
Figura 10 – Curva de permanência. ....	26
Figura 11 – Condições da captação existente no ano 2020 .....	28
Figura 12 – Vista da captação provisória atual. ....	29
Figura 13 – Perfil hidráulico da adutora DN300. ....	30
Figura 14 – Vazão transportada pela tubulação. ....	30
Figura 15 – Velocidade na tubulação. ....	31
Figura 16 – Perfil hidráulico da adutora com a vazão máxima.....	32
Figura 17 – Vazão máxima transportada pela adutora. ....	32
Figura 18 – Croquis do novo ressalto hidráulico.....	34
Figura 19 – Seção representativa a montante do barramento. ....	35
Figura 20 – Resultado da simulação hidráulica da seção a montante do barramento. .	35
Figura 21 – Croqui da tomada d'água projetada.....	37
Figura 22 – Perfil hidráulico da adutora. ....	38
Figura 23 – Vazão da adutora DN300. ....	39
Figura 24 – Velocidade na tubulação DN300. ....	39
Figura 25 – Vista do canal de desvio do córrego.....	40
Figura 26 – Seção do canal de desvio do córrego.....	41
Figura 27 – Ilustração do vertedor.....	42

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - População residente segundo Censo 2010 por setor censitário. ....	14
Tabela 2 - População residente no município de Muqui nos últimos 5 censos demográficos do IBGE. ....	14
Tabela 3 – Projeção populacional para a área de estudo – Muqui sede. ....	15
Tabela 4 – Projeção populacional para a área de estudo – Muqui sede (polinômio de primeiro grau). ....	17
Tabela 5 – Projeção populacional para a área de estudo – Muqui sede. ....	19
Tabela 6 – Projeção da demanda de água para o sistema de Muqui. ....	20
Tabela 7 – Dados de vazão estimada e frequência. ....	25
Tabela 8 – Cálculo do vertedor de parede espessa. ....	33
Tabela 9 – Vazões do curso d'água para cada variação de nível. ....	43

## **MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO**



## 1 INTRODUÇÃO

O contrato nº 226/2021 celebrado entre a CESAN e a GANEM Engenharia Ltda EPP prevê o desenvolvimento de estudos dos sistemas de abastecimento de água da região metropolitana e do interior do estado do Espírito Santo.

Este projeto foi desenvolvido inicialmente através do contrato 174/2015, onde foi proposta a implantação de novo ressalto hidráulico e de nova tomada de água, na captação de água bruta de Muqui, em setembro de 2020. Entretanto, com a ocorrência de chuvas torrenciais na região, houve erosão das margens do córrego Rio Claro, no local da captação, descaracterizando a seção de implantação do ressalto hidráulico. Devido a este fato, foi preciso revisar todo o projeto, com o objetivo de adequá-lo às condições atuais.

As estruturas de captação do município de Muqui estão em situação precária por conta do colapso do barramento que compunha o sistema de captação. Esta estrutura presente na captação no Córrego Rio Claro cedeu em 20 de março de 2020, obrigando a equipe de operação a realizar medidas emergenciais para manter o atendimento à população. Ainda assim, devido às fortes chuvas que ocorreram após esta data, sucederam novos danos nas estruturas emergenciais.

Antes da apresentação do projeto inicial em setembro/2020 a Ganem Engenharia apresentou o relatório de número CESAN C-092-000-10-5-RT-000, de abril de 2013, que tinha como objetivo estudar o funcionamento hidráulico da AAB e das suas caixas de areia.

Nesta fase do trabalho, será apresentado o projeto básico hidráulico das melhorias propostas ao sistema com o dimensionamento e o detalhamento da nova captação, ressalto, tomada d'água e adutora de água bruta.

## 2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Considerações gerais

O município de Muqui está localizado no sul do Estado do Espírito Santo, e faz divisa com os municípios de Atílio Vivácqua, Mimoso do Sul, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro do Itapemirim. A Figura 1 apresenta a localização do município.

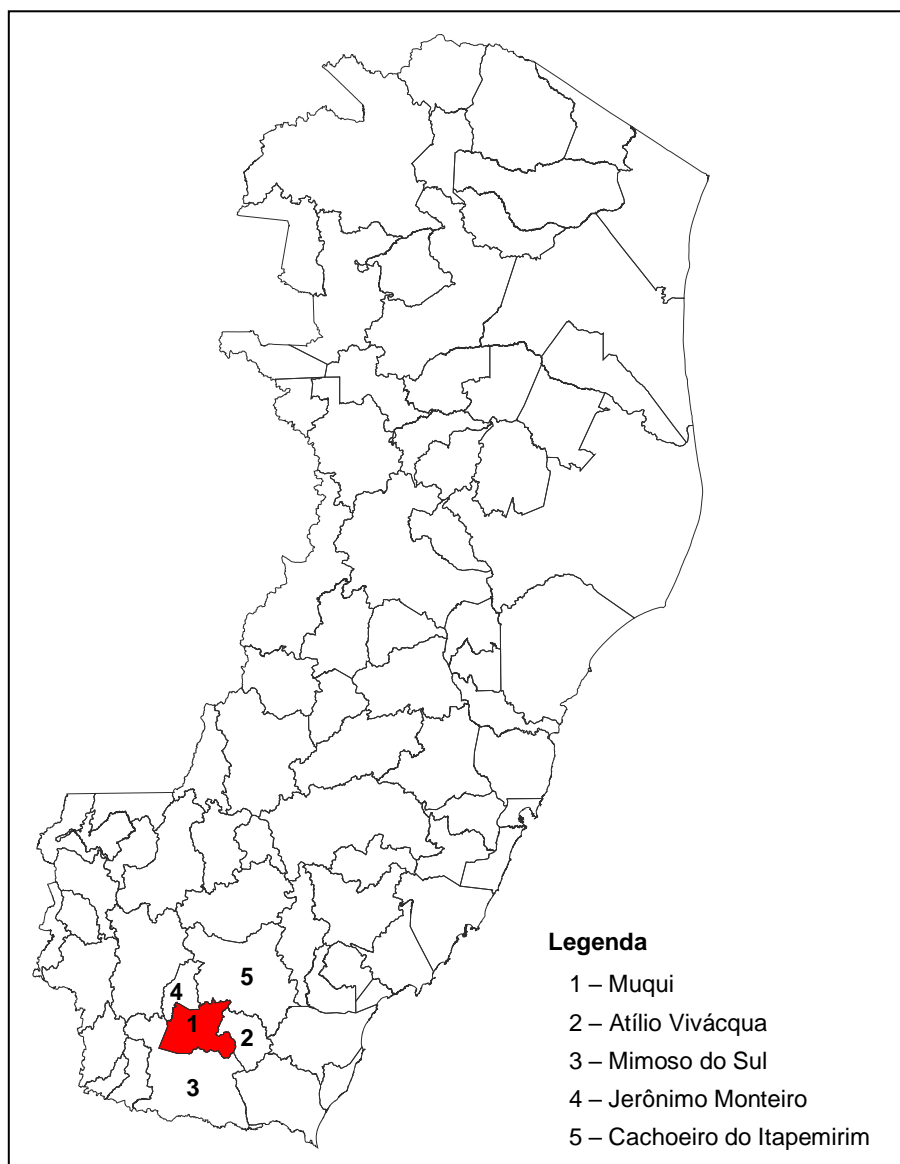


Figura 1 – Localização do Município de Muqui

O sistema de abastecimento de água é uma concessão da CESAN. A produção de água da ETA em dezembro de 2021 foi de 51 336 m<sup>3</sup> de água tratada e o volume de água aduzida pela captação foi de 56 647 m<sup>3</sup> de água bruta, segundo dados do IOS (Informações Operacionais do Sistema) cedido pela Concessionária.

A água é proveniente do Rio Claro e tem por finalidade abastecer o sistema de produção de água tratada da cidade de Muqui.

## 2.2 Caracterização do sistema

O sistema de captação de água bruta é composto pela tomada d'água em DN300 que é realizada em uma estrutura improvisada de barramento. Essa estrutura foi construída a montante da estrutura existente que cedeu no início do ano 2020. A Figura 2 apresenta a situação da captação provisória em 2022.



Figura 2 – Tomada d'água provisória no córrego Rio Claro.

A água bruta é transportada por aproximadamente 1 350 m de rede passando por duas caixas de areia (Figura 3) que promovem a quebra de pressão na rede, até chegar à EEAB. Ao longo do caminhamento não é possível identificar a existência de ventosas. Foi identificada uma tubulação que é utilizada como ponto de suspiro para a adutora, conforme apresentado na Figura 4. Além disso, cerca de 100 metros da tubulação da AAB está construída passando por baixo de algumas casas.





Figura 3 – Caixas de areia existentes.



Figura 4 – Suspiro da adutora.

A água bruta, ao chegar à EEAB, fica armazenada em uma caixa, apresentada na Figura 5, de onde é recalçada para a Estação de Tratamento de Água (ETA) de Muqui. Esta elevatória e as unidades subsequentes não são objeto desse trabalho.



Figura 5 – Poço de sucção da EEAB.



### 3 EVOLUÇÃO POPULACIONAL E DA DEMANDA

#### 3.1 Projeção da população

A população residente na área de estudo foi estimada com base nos dados demográficos dos censos populacionais de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Inicialmente confrontou-se o polígono de delimitação do sistema na área de estudo com os limites dos setores censitários em que a área de estudo está inserida. A Figura 6 apresenta a imagem dos setores censitários que abrangem a sede do município de Muqui.

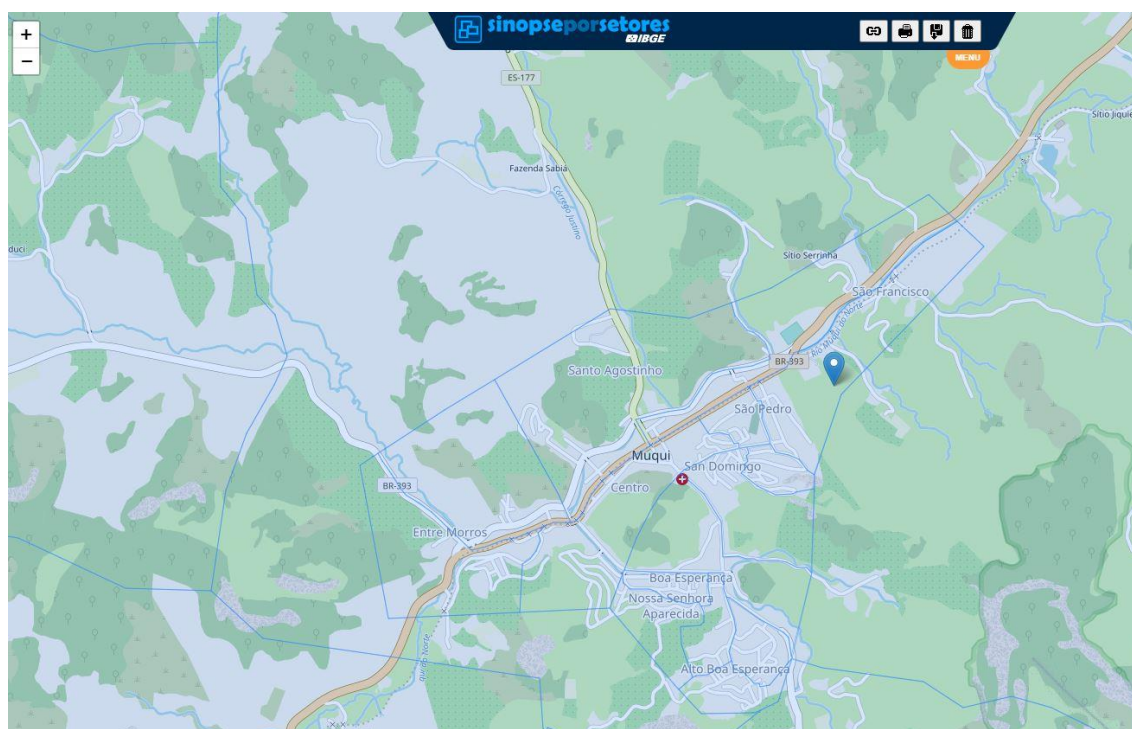


Figura 6 – Setores censitários que abrangem a área do distrito sede de Muqui/ES.

Ressalta-se a importância de se confrontar os limites da área de estudo com a divisão dos setores censitários, com o intuito de se identificar possíveis inconsistências ou divergências entre estes limites. É importante avaliar o percentual de cada setor censitário que está inserido na área de estudo. Na maioria das vezes, a totalidade da população contabilizada no setor censitário faz parte do aglomerado populacional que contribui para o seu consumo.

O valor de população residente contado pelo IBGE para a área em estudo do distrito sede foi considerado como 100% de todos os setores, uma vez que as áreas dos setores estão dentro da área urbana.

Dessa forma, chega-se a uma população residente de 8 627 habitantes em 2010, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - População residente segundo Censo 2010 por setor censitário.

Setor censitário	% inserido do setor censitário inserido na área de estudo	Localidade	População residente no setor censitário	População residente na área de estudo
320380905000001	100	SEDE	678	678
320380905000002	100	SEDE	629	629
320380905000003	100	SEDE	505	505
320380905000004	100	SEDE	749	749
320380905000005	100	SEDE	640	640
320380905000006	100	SEDE	677	677
320380905000007	100	SEDE	809	809
320380905000015	100	SEDE	659	659
320380905000016	100	SEDE	540	540
320380905000017	100	SEDE	503	503
320380905000018	100	SEDE	674	674
320380905000019	100	SEDE	348	348
320380905000020	100	SEDE	515	515
320380905000021	100	SEDE	387	387
320380905000022	100	SEDE	314	314
<b>TOTAL</b>			<b>8627</b>	<b>8627</b>

As projeções populacionais estudadas preveem o crescimento da população com uma margem de segurança. Segundos dados da CESAN, não há previsão de implantação de grandes empreendimentos na área de estudo.

### **3.1.1 Estimativa do crescimento populacional**

Para se estimar o crescimento populacional da área de estudo para os próximos 30 anos, inicialmente levou-se em conta o crescimento do município ao longo dos últimos 5 últimos censos populacionais realizados pelo IBGE, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - População residente no município de Muqui nos últimos 5 censos demográficos do IBGE.

Ano	1970	1980	1991	2000	2010
População	12 666	12 565	13 619	13 670	14 396

Uma característica destes dados que deve ser considerada é que houve um decréscimo da população entre os censos de 1970 e 1980. Este decréscimo, por estar na ponta da curva, e por ser numericamente muito pequeno, pode causar uma

pequena diferença no erro da curva de tendência, mas não tão relevante que precise ser descartado.

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

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 2010, e cuja equação pode ser dada por um polinômio de segundo grau, como apresentado na Figura 7 a seguir.

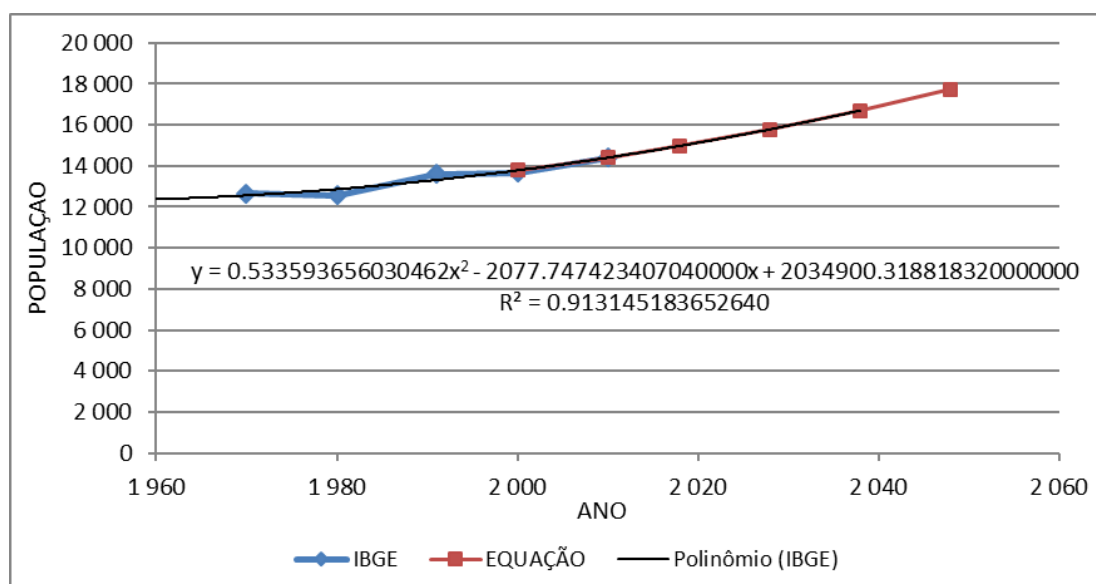


Figura 7 – População de Muqui/ES e curva de crescimento ajustada para polinômio de segundo grau.

Partindo da população da área de estudo obtida como descrita pela Tabela 2, e utilizando a equação apresentada na Figura 7, foi possível projetar a população da área até o horizonte de projeto, que é 2050. A Tabela 3 apresenta os valores obtidos.

Tabela 3 – Projeção populacional para a área de estudo – Muqui sede.

Ano	Taxa de crescimento anual calculada	População da área de estudo – Distrito sede, Muqui/ES
2010		8627
2011	0.47%	8668
2012	0.48%	8709
2013	0.48%	8751
2014	0.49%	8793
2015	0.49%	8837
2016	0.50%	8880



Ano	Taxa de crescimento anual calculada	População da área de estudo – Distrito sede, Muqui/ES
2017	0.50%	8925
2018	0.51%	8970
2019	0.51%	9016
2020	0.51%	9062
2021	0.52%	9109
2022	0.52%	9157
2023	0.53%	9205
2024	0.53%	9254
2025	0.54%	9304
2026	0.54%	9354
2027	0.54%	9405
2028	0.55%	9456
2029	0.55%	9508
2030	0.56%	9561
2031	0.56%	9615
2032	0.56%	9669
2033	0.57%	9723
2034	0.57%	9779
2035	0.57%	9835
2036	0.58%	9891
2037	0.58%	9949
2038	0.58%	10007
2039	0.59%	10065
2040	0.59%	10124
2041	0.59%	10184
2042	0.59%	10245
2043	0.60%	10306
2044	0.60%	10367
2045	0.60%	10430
2046	0.60%	10493
2047	0.61%	10556
2048	0.61%	10621
2049	0.61%	10686
2050	0.61%	10751

Dessa forma, a população estimada na área de Muqui para o ano 2050 é de 10 751 habitantes, que reflete um crescimento médio de 0.55 % aa, para o período avaliado.

Entretanto, comparando estes dados com os dados fornecidos pela CESAN, a população atendida pelo sistema em fevereiro de 2020 foi de 8 812 habitantes, um valor consideravelmente abaixo do valor estimado para o ano de 2020 por essa curva de crescimento.

Paralelamente, também foi possível estabelecer uma curva de tendência que representa o crescimento populacional entre os anos de 1970 a 2010, e cuja equação pode ser dada por um polinômio de primeiro grau, como apresentado na Figura 8.

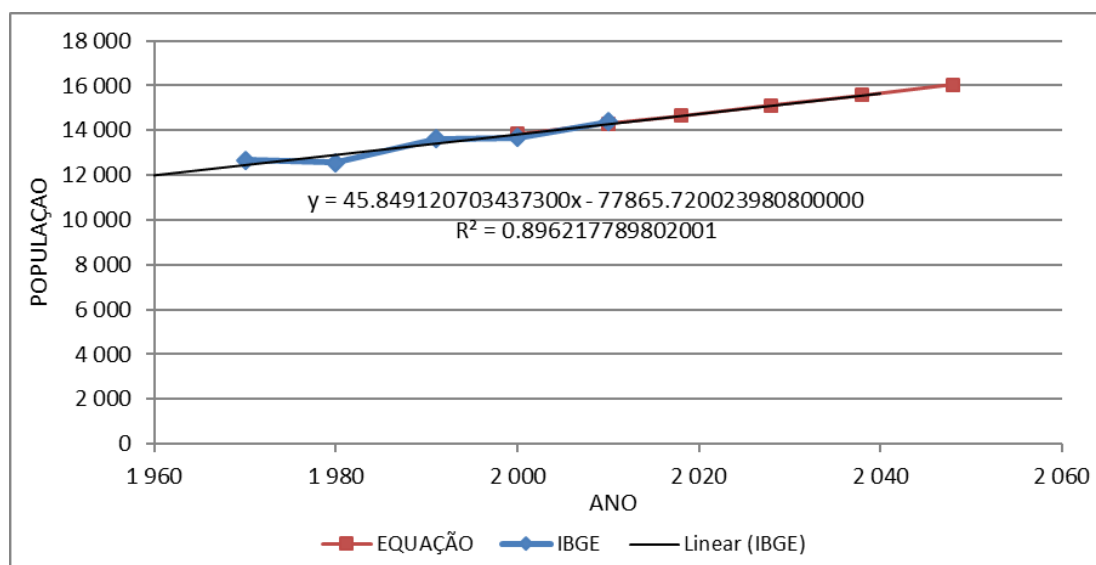


Figura 8 – População de Muqui/ES e curva de crescimento ajustada para polinômio de primeiro grau.

Partindo da população que deverá ser abastecida e utilizando a equação apresentada na Figura 8, foi possível projetar a população da área de estudo até o horizonte de projeto, que é 2050. A Tabela 4 apresenta os valores obtidos.

Tabela 4 – Projeção populacional para a área de estudo – Muqui sede (polinômio de primeiro grau).

Ano	Taxa de crescimento anual calculada	População da área de estudo – Distrito sede, Muqui/ES
2010		8627
2011	0.32%	8655
2012	0.32%	8682
2013	0.32%	8710
2014	0.32%	8738
2015	0.32%	8765
2016	0.32%	8793
2017	0.31%	8821
2018	0.31%	8848
2019	0.31%	8876
2020	0.31%	8904
2021	0.31%	8931
2022	0.31%	8959
2023	0.31%	8987
2024	0.31%	9014
2025	0.31%	9042

Ano	Taxa de crescimento anual calculada	População da área de estudo – Distrito sede, Muqui/ES
2026	0.31%	9070
2027	0.31%	9098
2028	0.30%	9125
2029	0.30%	9153
2030	0.30%	9181
2031	0.30%	9208
2032	0.30%	9236
2033	0.30%	9264
2034	0.30%	9291
2035	0.30%	9319
2036	0.30%	9347
2037	0.30%	9374
2038	0.30%	9402
2039	0.29%	9430
2040	0.29%	9457
2041	0.29%	9485
2042	0.29%	9513
2043	0.29%	9540
2044	0.29%	9568
2045	0.29%	9596
2046	0.29%	9623
2047	0.29%	9651
2048	0.29%	9679
2049	0.29%	9706
2050	0.29%	9734

Utilizando essa projeção populacional, teríamos um crescimento um pouco menor, porém com um valor de partida para 2020 um pouco mais próximo da população que hoje é atendida pelo sistema.

Entretanto, a média para essa projeção seria 0.3% a.a., uma média considerada muito baixa para o que é comumente adotado pela CESAN para sistemas do mesmo porte. Portanto, para que o projeto esteja a favor da segurança, foi adotada uma taxa de crescimento de 0.5 % a.a., após o ano de partida do projeto (2020). A Tabela 5 apresenta projeção da população da área de estudo até o ano de horizonte de estudo, que é 2050.

Tabela 5 – Projeção populacional para a área de estudo – Muqui sede.

Ano	Taxa de crescimento anual calculada	População da área de estudo – Distrito sede, Muqui/ES
2010		8627
2011	0.32%	8655
2012	0.32%	8682
2013	0.32%	8710
2014	0.32%	8738
2015	0.32%	8765
2016	0.32%	8793
2017	0.31%	8821
2018	0.31%	8848
2019	0.31%	8876
2020	0.31%	8904
2021	0.50%	8948
2022	0.50%	8993
2023	0.50%	9038
2024	0.50%	9083
2025	0.50%	9129
2026	0.50%	9174
2027	0.50%	9220
2028	0.50%	9266
2029	0.50%	9313
2030	0.50%	9359
2031	0.50%	9406
2032	0.50%	9453
2033	0.50%	9500
2034	0.50%	9548
2035	0.50%	9595
2036	0.50%	9643
2037	0.50%	9692
2038	0.50%	9740
2039	0.50%	9789
2040	0.50%	9838
2041	0.50%	9887
2042	0.50%	9936
2043	0.50%	9986
2044	0.50%	10036
2045	0.50%	10086
2046	0.50%	10137
2047	0.50%	10187
2048	0.50%	10238
2049	0.50%	10289
2050	0.50%	10341

Sendo assim, a população estimada para atendimento ao sistema até o horizonte de projeto é de 10 341 habitantes, com um crescimento médio de 0.50 % aa, dentro do período avaliado.

### 3.2 Projeção da demanda

Adotou-se um consumo *per capita* de água na região de estudo de 130 l/hab.dia, seguindo um parâmetro da IOS da CESAN no período dos últimos 12 meses de dados fornecidos (março de 2019 a março de 2020).

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 6 a seguir, apresenta a projeção da demanda de água para o sistema de Muqui.

Tabela 6 – Projeção da demanda de água para o sistema de Muqui.

Ano	População da área de estudo (Sede)	Vazão média de água (l/s)	Perdas de água na distribuição (24%) - l/s	Perdas na produção (6%) - l/s	Vazão média de água com perdas (distribuição e produção) (l/s)	Vazão máxima diária de água com perdas - 24% ( $K_1$ ) (l/s)	Vazão máxima horária de água com perdas - 24% ( $K_1, K_2$ ) (l/s)
2020	8904	13.40	3.22	0.80	17.42	20.10	28.13
2021	8948	13.46	3.23	0.81	17.50	20.20	28.27
2022	8993	13.53	3.25	0.81	17.59	20.30	28.42
2023	9038	13.60	3.26	0.82	17.68	20.40	28.56
2024	9083	13.67	3.28	0.82	17.77	20.50	28.70
2025	9129	13.74	3.30	0.82	17.86	20.60	28.84
2026	9174	13.80	3.31	0.83	17.95	20.71	28.99
2027	9220	13.87	3.33	0.83	18.03	20.81	29.13
2028	9266	13.94	3.35	0.84	18.12	20.91	29.28
2029	9313	14.01	3.36	0.84	18.22	21.02	29.43
2030	9359	14.08	3.38	0.84	18.31	21.12	29.57
2031	9406	14.15	3.40	0.85	18.40	21.23	29.72
2032	9453	14.22	3.41	0.85	18.49	21.33	29.87
2033	9500	14.29	3.43	0.86	18.58	21.44	30.02
2034	9548	14.37	3.45	0.86	18.68	21.55	30.17
2035	9595	14.44	3.47	0.87	18.77	21.66	30.32
2036	9643	14.51	3.48	0.87	18.86	21.76	30.47
2037	9692	14.58	3.50	0.87	18.96	21.87	30.62
2038	9740	14.66	3.52	0.88	19.05	21.98	30.78
2039	9789	14.73	3.53	0.88	19.15	22.09	30.93

Ano	População da área de estudo (Sede)	Vazão média de água (l/s)	Perdas de água na distribuição (24%) - l/s	Perdas na produção (6%) - l/s	Vazão média de água com perdas (distribuição e produção) (l/s)	Vazão máxima diária de água com perdas - 24% (K1) (l/s)	Vazão máxima horária de água com perdas - 24% (K1, K2) (l/s)
2040	9838	14.80	3.55	0.89	19.24	22.20	31.08
2041	9887	14.88	3.57	0.89	19.34	22.31	31.24
2042	9936	14.95	3.59	0.90	19.44	22.43	31.40
2043	9986	15.03	3.61	0.90	19.53	22.54	31.55
2044	10036	15.10	3.62	0.91	19.63	22.65	31.71
2045	10086	15.18	3.64	0.91	19.73	22.76	31.87
2046	10137	15.25	3.66	0.92	19.83	22.88	32.03
2047	10187	15.33	3.68	0.92	19.93	22.99	32.19
2048	10238	15.40	3.70	0.92	20.03	23.11	32.35
2049	10289	15.48	3.72	0.93	20.13	23.22	32.51
2050	10341	15.56	3.73	0.93	20.23	23.34	32.67

A projeção populacional como descrita no item anterior, apresentou uma demanda máxima diária com perdas de 23.34 l/s, e uma vazão máxima horária com perdas de 32.67 l/s.

Entretanto, os próprios reservatórios domiciliares servem para absorver as variações horárias de consumo. Considerando que a ETA manterá seu regime de funcionamento de 24 horas/dia (conforme informações contidas no IOS), a vazão de projeto considerará apenas a vazão máxima diária com perdas de 23.34 l/s.

## **4 ESTUDO HIDROLÓGICO**

### **4.1 Captação**

Este projeto propõe melhorias Sistema de Abastecimento de Água de Muqui baseado nas melhorias da estrutura de captação que hoje atende de forma emergencial e provisória.

Com o colapso da estrutura de captação que atendia o sistema, a atual estrutura de captação é composta por uma tomada d'água no córrego Rio Claro com um barramento de pedras de mão para atender a submersão necessária.

Porém, o corpo hídrico apresenta problemas de segurança hídrica em períodos de estiagem com a atual operação, o que motivou o atendimento deste projeto, que tem o objetivo de projetar uma estrutura definitiva, que garanta a segurança hídrica da operação.

### **4.2 Bacia do Córrego Rio Claro**

A resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) Nº 019/2007, de 13/11/2007, atribui definição da sistemática para codificação de bacias hidrográficas para a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a gestão dos recursos hídricos no âmbito Estadual, em particular para a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Esta sistemática de codificação faz uso da mesma metodologia utilizada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH na Resolução nº 30, de 11 de dezembro de 2002.

A captação da CESAN no Córrego Rio Claro já é existente, mas é necessário analisar a capacidade de atendimento do corpo hídrico a vazão de fim de plano, para haver a garantia da segurança hídrica para o sistema.

### **4.3 Estudo hidrológico**

Para suprir o abastecimento de água do SAA de Muqui serão projetadas melhorias na captação de água bruta no córrego Rio Claro. Estas melhorias serão localizadas no mesmo ponto onde está a atual estrutura de captação.

O dimensionamento destas melhorias demanda estudos hidrológicos para ter conhecimento do comportamento das vazões do rio em diferentes épocas do ano, estabelecendo assim as vazões que o curso d'água disponibiliza.

### **4.3.1 Vazão outorgável no ponto de captação**

A vazão outorgável é a vazão disponível para a retirada da CESAN baseada na capacidade hídrica do corpo d'água e no princípio dos usos múltiplos da água.

Porém, como a captação para o abastecimento humano é considerado como um uso prioritário, a legislação permite uma vazão outorgável de até 50% da vazão  $Q_{90}$  do rio para esse fim.

Estes estudos são baseados nos índices pluviométricos da região a que está submetida, pois as chuvas são as principais fontes de recarga.

#### **4.3.1.1 Metodologia empregada**

A fim de realizar as análises da vazão outorgável no ponto de captação deste sistema, foi utilizada uma metodologia baseada nos índices pluviométricos da região. Nesta metodologia adotou-se como fonte a base de dados disponibilizada pelo sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), que fornece dados pluviométricos dia-a-dia de todas as estações pluviométricas sob o seu domínio.

Os cálculos de vazão do rio foram baseados na equação do método racional de vazão de chuvas, que gera uma vazão de projeto baseada com os índices pluviométricos de certa região estudada. Esta equação é dada conforme a seguir.

$$Q = 3.85 \times 10^{-4} \times c \times i \times a$$

Em que:

Q: vazão de projeto em  $m^3/s$ ;

C: coeficiente de *runoff* (admitido como 0.5 para este estudo);

i: índice de pluviosidade em mm/mês;

a: área da bacia em  $km^2$ ;

fator de correção de unidades:  $3.85 \times 10^{-4}$ .

O banco de dados forneceu informações de dados diários de chuvas do município de Muqui/ES, entre os anos de 1944 e 2018. Estes dados, como se aplicam em uma base de tempo estendida, caracterizam a realidade de chuvas para o município, o que os habilita como uma boa fonte. Outros dados necessários para estes cálculos foram obtidos através do sistema de informações geográficas (SIG), com modelos digitais de elevação (MDE) e simulações de direção de fluxo.

Foi simulado no software Arcgis 10 a bacia do córrego Rio Claro, pertencente a bacia do Rio Itapemirim de maior ordem. Com o ponto georreferenciado da captação projetada, foi possível estabelecer a área de contribuição no ponto de captação, dentro da área da bacia. Com esse processo, foi possível encontrar uma área de contribuição de  $53.45 km^2$ ,



como mostrado na Figura 9.

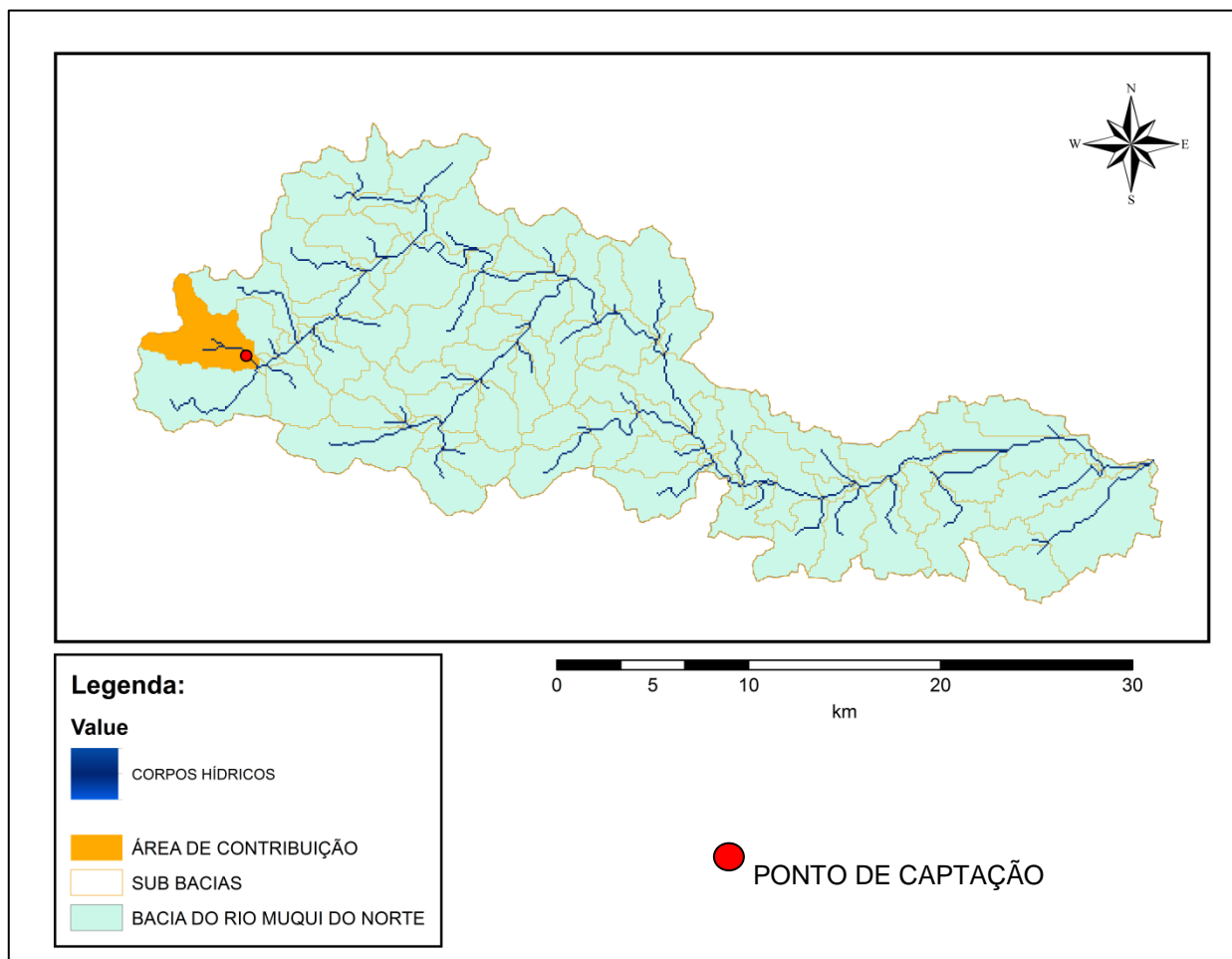


Figura 9 – Área de contribuição da bacia.

Dessa forma, foi calculada uma vazão de projeto para cada um dos índices que foram apresentados nas médias mensais, segundo a equação do método racional.

Segundo *Tucci* (2002), estas vazões calculadas podem ser agrupadas em vazões de referência, em que sua ocorrência é acusada, quando um valor do banco de dados é igual ou superior. Dessa forma, as suas ocorrências são convertidas em índices percentuais e apresentadas em um gráfico de dispersão.

Esse gráfico de dispersão apresenta os valores de vazão em seu eixo Y, e as porcentagens de ocorrências em seu eixo X. Através de uma linha de tendência de forma exponencial foi possível estimar a vazão para cada percentual de ocorrência, o que é conhecida como curva de permanência.

#### 4.3.1.2 Resultados

Realizada a metodologia empregada no item anterior, a Tabela 7 apresenta um resumo dessas verificações, e a Figura 10 apresenta o gráfico da curva de permanência gerado com estes dados.

Tabela 7 – Dados de vazão estimada e frequência.

Q referência (m³/s)	Ocorrência (>=)	Frequência (%)
6.300	1	0.13
5.400	2	0.25
5.000	4	0.51
4.000	22	2.79
3.000	54	6.84
2.000	138	17.49
1.500	225	28.52
1.000	331	41.95
0.900	367	46.51
0.800	407	51.58
0.700	440	55.77
0.600	481	60.96
0.500	529	67.05
0.400	588	74.52
0.300	635	80.48
0.200	692	87.71
0.160	714	90.49
0.100	741	93.92
0.080	755	95.69
0.070	761	96.45
0.060	766	97.08
0.050	773	97.97
0.040	775	98.23
0.030	776	98.35
0.025	778	98.61
0.018	782	99.11
0.010	784	99.37
0.002	788	99.87

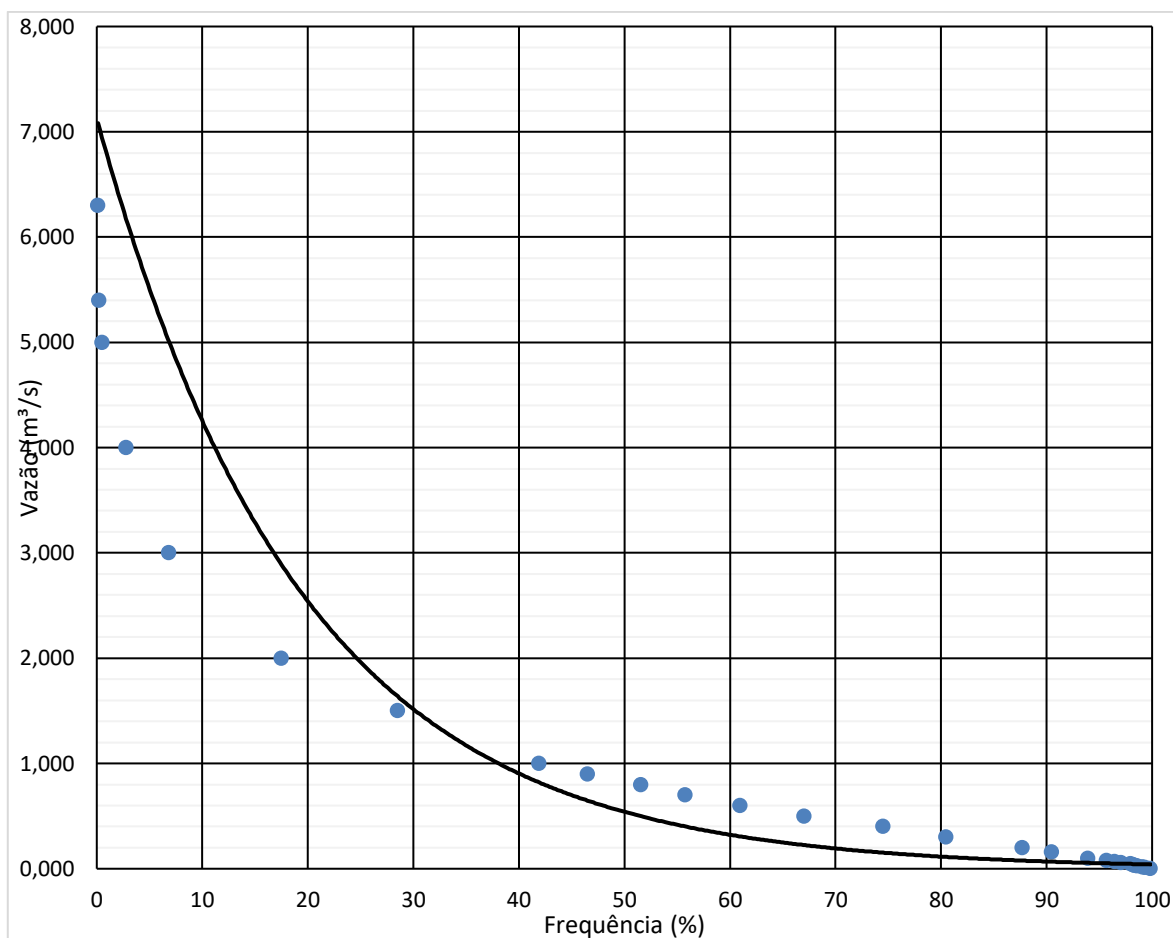


Figura 10 – Curva de permanência.

Com isso, pelos dados apresentados e pela leitura do gráfico, é possível afirmar que a vazão de permanência de 90% ( $Q_{90}$ ), é de aproximadamente 0.16 m³/s.

A vazão outorgável, conforme legislação ambiental vigente para o Estado do Espírito Santo é de até 50% da  $Q_{90}$  para fins de abastecimento humano. Considerando o valor de  $Q_{90} = 160$  l/s, a vazão outorgável para o sistema será de até 80 l/s, um valor bastante superior às necessidades do sistema para a vazão de projeto, que é de 23.34 l/s.

#### 4.3.2 Vazão máxima analisada para eventos extremos

O barramento que será projetado não tem função de acumulação de água, tem o objetivo apenas de garantir a submersão da estrutura de captação, uma vez que o escoamento da área da captação até a elevatória de água bruta ocorre única e exclusivamente por gravidade.

Isso quer dizer que não há volume de acumulação, logo não é possível a aplicação da lei Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Dessa forma, a melhor maneira encontrada de definir a vazão máxima crítica para a estrutura foi baseada na maior chuva histórica real observada.

Os dados utilizados para o cálculo da vazão outorgável apresentados no item anterior foram baseados em uma série histórica de chuva dentro da bacia, através dos dados da estação 02041015 observados entre os anos de 1944 e 2018.

A chuva máxima observada nessa base de dados foi de 158,40 mm/dia, o que convertendo chuva-vazão pelo método racional, conforme apresentado no item anterior, resultaria em uma vazão máxima histórica de 26,33 m<sup>3</sup>/dia.

Entretanto, nos foi informado pela CESAN através do Relatório Técnico da Captação de Muqui, enviado por correio eletrônico no dia 27/08/2024, que houve uma chuva no dia 23/04/2024 em que foi observado um registro pluviométrico de 204 mm. Convertendo essa chuva-vazão, têm-se então uma vazão máxima extrema de 33,91 m<sup>3</sup>/s.

Essa vazão está cerca de 212 vezes maior que Q<sub>90</sub> observada nos cálculos do item anterior (160 l/s), e não foi observada nos registros de 74 anos da estação pluviométrica averiguada.

Portanto, essa chuva é de fato uma chuva extrema, em que submeterá a estrutura em condições muito acima ao que normalmente estará submetida.

Dessa forma, optou-se por adotar essa vazão de 33,91 m<sup>3</sup>/s para o cálculo das estruturas, para que as estruturas tenham condições de absorver futuras condições extremas e estejam a favor da segurança.

## 5 DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES ATUAIS

### 5.1 Considerações gerais

Neste capítulo serão apresentadas as condições atuais da captação e adutora de água bruta do SAA de Muqui, sob o aspecto de estado de conservação, condições técnicas e operacionais. Esta avaliação irá abranger apenas a captação e adução até a chegada à elevatória de água bruta, escopo deste projeto.

### 5.2 Captação

A captação do sistema de abastecimento de Muqui encontra-se na longitude UTM 254 49.798 m E e latitude UTM 7 681 963.512 m S, as margens do Rio Claro. A captação contava com um barramento que cedeu em março de 2020. Após esse rompimento foi construído um barramento provisório a fim de atender a demanda do sistema.

A Figura 11 apresenta a tomada d'água na captação.



Figura 11 – Condições da captação existente no ano 2020

Como é possível observar, a captação encontrava-se em uma situação bem precária e necessitava de melhorias. Com as fortes chuvas que ocorreram posteriormente, houve danos na estrutura mostrada na Figura 11, que levou a CESAN a fazer os reparos, também de forma emergencial, para continuar o atendimento do SAA com a execução do barramento em enrocamento de pedras de mão, conforme Figura 12.



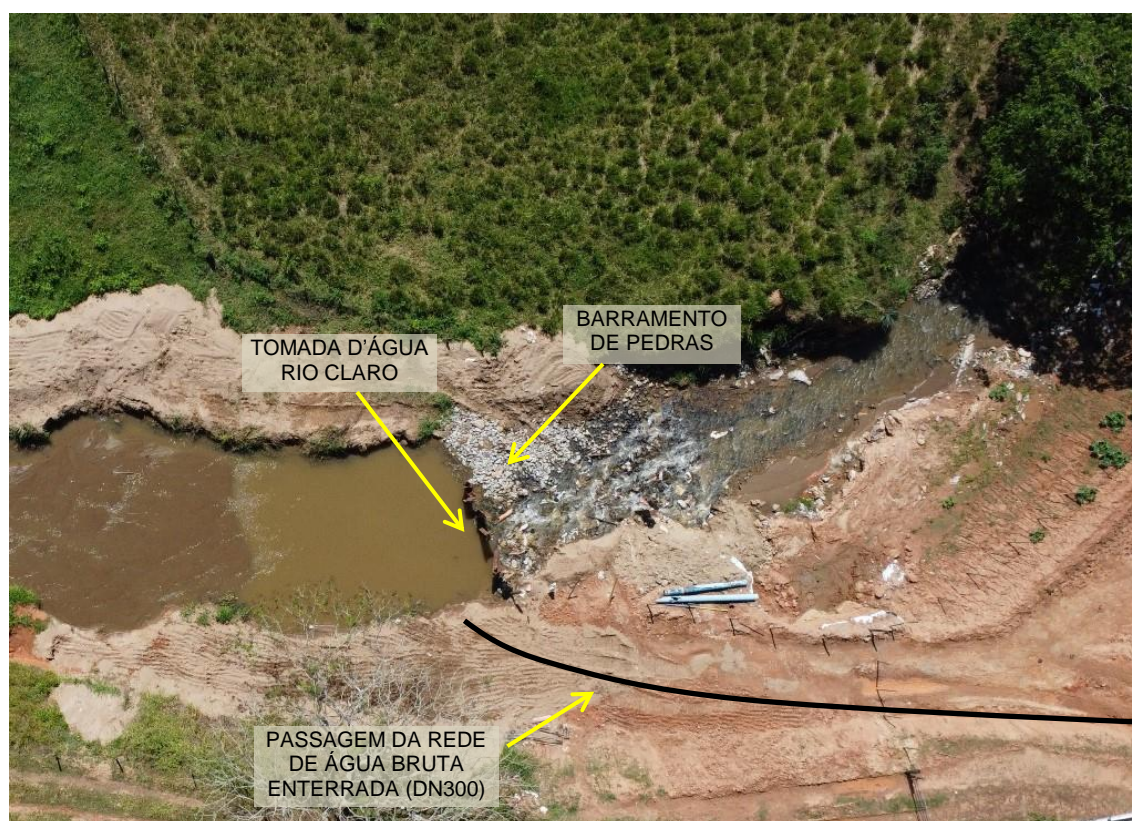


Figura 12 – Vista da captação provisória atual.

### 5.3 Adutora de água bruta

A adutora existente é em PVC DN300 e possui cerca de 1 350 m, ligando a captação até a chegada em uma caixa na elevatória de água bruta.

Ao longo do caminhamento possui caixas de areia, e caixas de descarga. Não foi identificado nenhum dispositivo de ventosa, somente um suspiro localizado em terreno de terceiros.

Parte da tubulação encontra-se construída por baixo de algumas casas, não sendo possível realizar nenhuma manutenção.

A tomada d'água está localizada em uma cota altimétrica superior comparada à chegada à elevatória. Sabendo que o escoamento é por gravidade, foi utilizado o software SWMM para avaliar o funcionamento hidráulico do sistema. Para avaliar exclusivamente o funcionamento hidráulico da AAB no trecho, foi simulado um período total de 24 horas.

O sistema existente foi avaliado considerando o nível de água da tomada d'água igual a 244.56 m, medido no dia 29/07/20 as 12:30. A chegada à EEAB é feita por baixo da caixa e foi utilizado o nível igual a 242.20 m, medido no dia 31/07/20 as 10:20. Na simulação

foi considerada uma vazão de 26 l/s, mesma vazão que o sistema opera, conforme informações fornecidas pela Concessionária.

A Figura 13 apresenta o perfil hidráulico em um horário após a estabilidade do sistema, mostrando que o escoamento ocorre de forma satisfatória da tomada d'água até a chegada à caixa da EEAB.

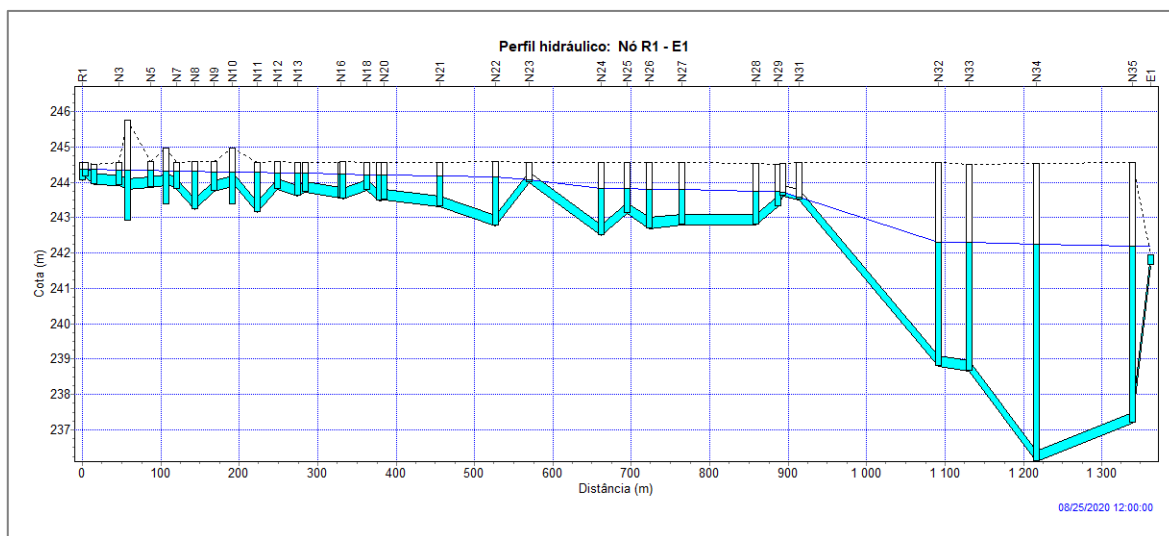


Figura 13 – Perfil hidráulico da adutora DN300.

O funcionamento da tubulação ao longo do período simulado pode ser verificado pela análise da vazão que é transportada neste intervalo de tempo. A Figura 14 apresenta os resultados da vazão transportada pela tubulação até a chegada à EEAB.

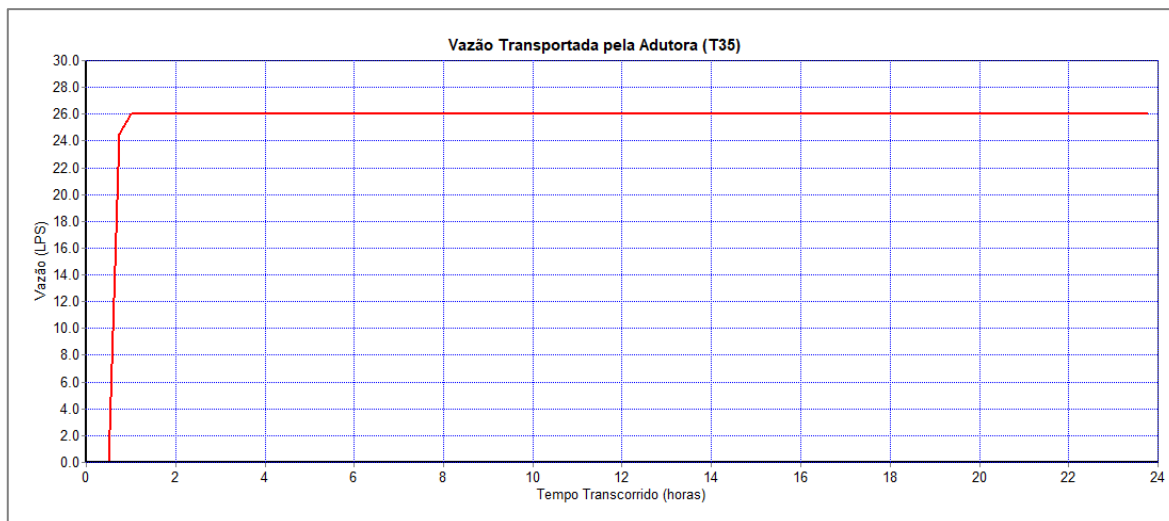


Figura 14 – Vazão transportada pela tubulação.

A vazão transportada pela tubulação aumenta gradativamente por período de cerca de 1 hora. Esse período é referente ao enchimento da tubulação até atingir a estabilidade, que apresenta uma vazão de 26 l/s, condizente com o a operação atual.

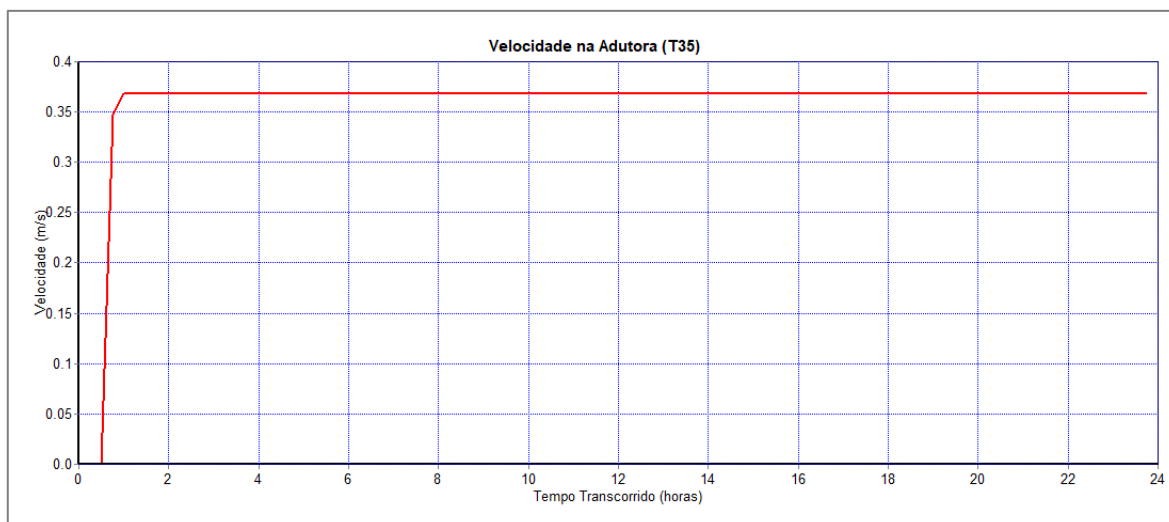


Figura 15 – Velocidade na tubulação.

Após o período de enchimento da tubulação antes da estabilidade, a velocidade verificada na tubulação está baixa, mas dentro do intervalo estabelecido pela norma técnica, o que demonstra ser adequado o diâmetro de 300 mm.

Ao longo do caminhamento existem duas caixas de areia. Como demonstrado no Anexo 01, as caixas estão com dimensões muito superiores ao necessário, sendo possível a desativação de uma delas, caso seja do interesse da CESAN. Porém, sob o aspecto hidráulico, não há prejuízo em mantê-las em funcionamento.

Com os dados obtidos na simulação é possível garantir que, com o nível de água da barragem provisória, é possível atingir a vazão de operação do sistema.

Outra simulação foi feita considerando uma vazão de operação igual a 35 l/s e mantendo nível de água atual, a fim de avaliar as condições máximas de operação. A Figura 16 mostra o perfil hidráulico da adutora e a Figura 17 mostra a maior vazão que a adutora consegue transportar, considerando o nível de água atual da captação.



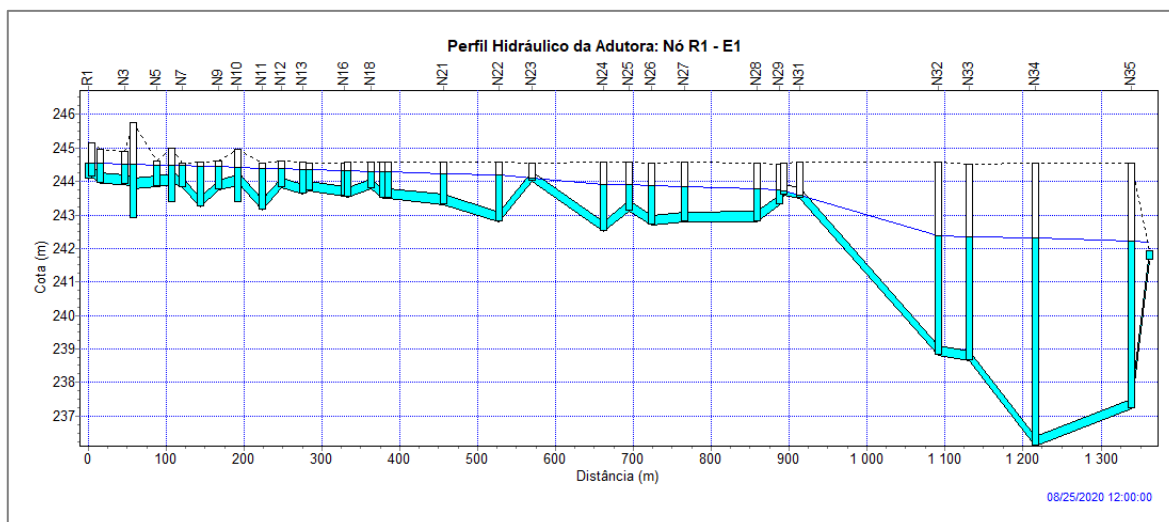


Figura 16 – Perfil hidráulico da adutora com a vazão máxima.

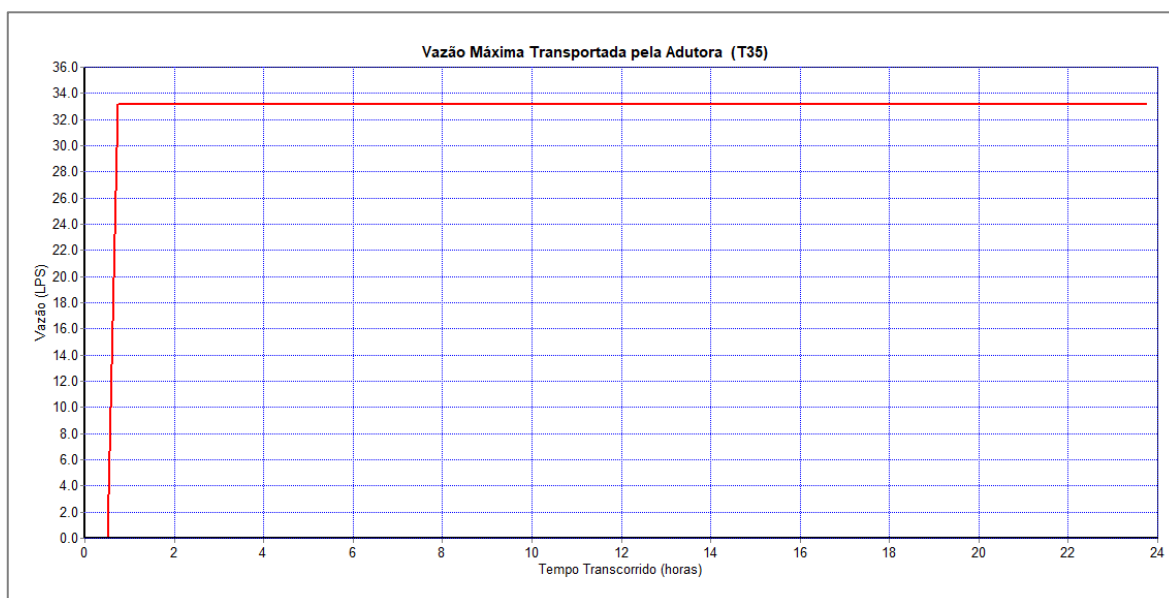


Figura 17 – Vazão máxima transportada pela adutora.

Na Figura 17 é possível observar, que havendo disponibilidade hídrica no manancial, mantendo a altura disponível pela barragem improvisada na captação, o sistema consegue aduzir 33.19 l/s.

Vale ressaltar que a captação se encontra em uma situação improvisada, necessitando de melhorias. Outro ponto importante que foi informado pela Concessionária é o grande acúmulo de areia na área da captação em períodos de chuva, devido à falta de proteção das margens à montante pela mata ciliar. Sendo assim, é necessário que se faça a limpeza frequente da captação.

## 6 DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES PROPOSTAS

### 6.1 Considerações gerais

O escopo deste trabalho é a elaboração de melhorias para a captação do SAA de Muqui, com a construção de novo ressalto hidráulico e de nova tomada d'água. A estrutura existente cedeu no início do ano 2020, o que levou a construção de uma barragem improvisada para que o SAA continuasse funcionando.

O estudo populacional e de demanda apresentado nos capítulos anteriores determinou uma vazão de projeto de produção de cerca de 24 l/s.

### 6.2 Ressalto hidráulico

O novo ressalto hidráulico será executado no Rio Claro, no mesmo local onde hoje é realizada a captação, localizado a uma altitude de 244.66 m de NA e coordenada UTM 24k 254449.798 E / 7681963.512 S, cerca de 2.0 m à jusante do ponto onde se encontrava a antiga estrutura de barramento. Vale ressaltar que, segundo levantamento topográfico realizado em setembro de 2020, sob o número: C-092-000-30-5-XX-0001, a cota da ombreira da barragem era de 245.151 m. Admitindo que entre a ombreira e o vertedor haja uma diferença de 0.50 m, a cota do vertedor era de 244.651. Assim, para garantir que a cota do vertedor do ressalto hidráulico projetado fique abaixo da cota do vertedor existente, foi dada ainda uma diferença de 10 cm, que culminou na cota de projeto de 244,550 m.

Essa nova estrutura de barramento tem a finalidade apenas de regular o nível do rio, a fim de garantir a submersão da estrutura de tomada d'água. É importante ressaltar que a estrutura de barramento proposta não tem a finalidade de acúmulo de água para os períodos de estiagem.

Essa estrutura conta com um vertedor de 2.5 m de comprimento, na cota 244.55 m por onde deve passar a vazão excedente do córrego. As ombreiras laterais estarão 70 cm acima da cota do vertedor (cota 244.55 m), o que deve suprir as vazões regulares.

A Tabela 8 apresenta o cálculo de vertedor de parede espessa que baseou o ressalto hidráulico projetado, e a Figura 18 apresenta os croquis do novo sistema de captação.

Tabela 8 – Cálculo do vertedor de parede espessa.

VERTEDOR DE PAREDE ESPESSA			
PARA A VAZÃO $Q_{90}$			
L (m)	CV (m)	H (m)	Q (m³/s)
2.5	244.66	0.11	0.160

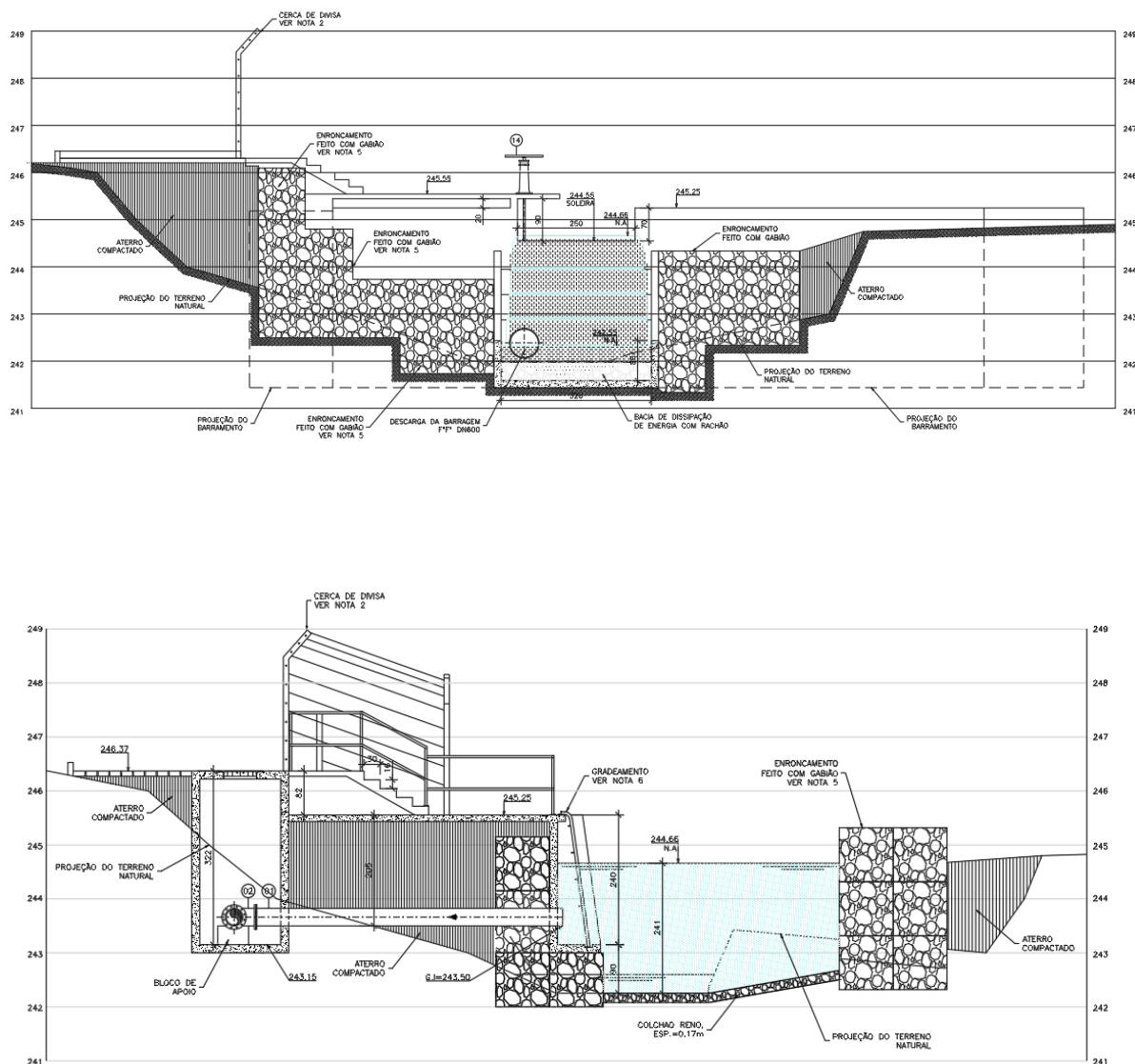


Figura 18 – Croquis do novo ressalto hidráulico

Devido à altura do barramento, em relação ao nível do rio a jusante do ressalto foi projetada uma bacia de dissipação de energia, conforme apresentado na Figura 18.

Também foi calculada a cota de inundação para o caso da chuva máxima histórica, um caso atípico, mas que a estrutura projetada deve ser capaz de suportar.

Através dos dados e cálculos apresentados no item 4.3.2, a bacia estudada tem como chuva máxima histórica de 204 mm/dia, que convertendo através do método racional temos uma vazão máxima histórica de 33.92 m³/s.

Caso ocorram chuvas torrenciais, o nível d'água verterá por sobre as ombreiras do barramento e haverá inundação da área lateral da margem esquerda, de característica plana, por onde grande parte da vazão de enchente fluirá.

Esta afirmação pode ser comprovada pelo modelo de cálculo disponibilizado na página da Maccaferri, através do software Macra Design.

Foi utilizado, para efeito de cálculo, a maior chuva histórica ocorrida na região, que registrou uma precipitação de 204 mm, provocando um deflúvio de 33.92 m³/s. Neste software foi modelada a seção representativa imediatamente a montante do barramento e da seção lateral, conforme os dados de projeto.

Foi também inserido o tipo de material da proteção lateral e de fundo, conforme projeto geotécnico. O resultado gráfico desta seção é apresentado na Figura 19.

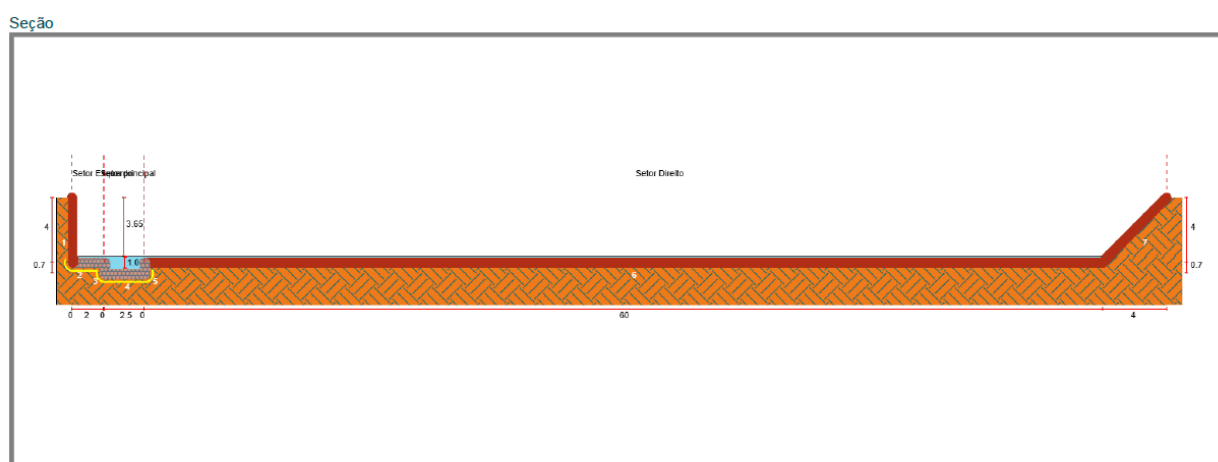


Figura 19 – Seção representativa a montante do barramento.

No lado esquerdo está representado o barramento, com destaque ao rebaixo indicando a soleira do vertedor e na parte à direita, a área com possibilidade de inundar, caso ocorra chuvas torrenciais. Conforme mencionado, a maior chuva histórica provocou um deflúvio de 33.92 m³/s, dado que foi utilizado no cálculo do N<sub>Max</sub> de enchente.

O resultado da simulação é apresentado na Figura 20.

Borda livre [m]	3.65	Vazão, Bordo livre satisfeito.		
Inclinação longitudinal [%]	0.50	-		
Nível d'água [m]	1.05	-		
Número de Froude	0.75	Subcrítico		
	Total	Setor esquerdo	Setor principal	Setor direito
Vazão [m³/s]	33.92	0.75	4.75	29.48
Área molhada [m²]	24.39	0.70	2.63	21.06
Perímetro Molhado [m]	66.75	2.35	3.90	60.49
Raio Hidráulico [m]	0.36	0.30	0.67	0.35
Velocidade Média da Água* [m/s]	1.44	1.08	1.81	1.40
Rugosidade Média		0.0290	0.0300	0.0250

Figura 20 – Resultado da simulação hidráulica da seção a montante do barramento.

Como pode ser visto na figura acima, a vazão que irá passar por sobre o barramento será o valor do setor esquerdo com 0.75 m³/s e do setor principal com 4.75 m³/s. A altura do N<sub>Max</sub> será de 1.05 m, que ficará na cota de 246.600 m. O resultado da simulação apresentado pelo software Macra Design é apresentado no Anexo 6.

### **6.3 Tomada d'água**

A nova tomada d'água será realizada através de um tubo DN300 com gradeamento, para impedir a entrada de materiais grosseiros. Esse tubo interliga na adutora existente e segue até a EEAB. Para garantir a segurança do sistema e evitar a presença de vórtice, a tubulação foi posicionada na cota 243.50 m, no qual está 1.16 m abaixo do nível d'água.

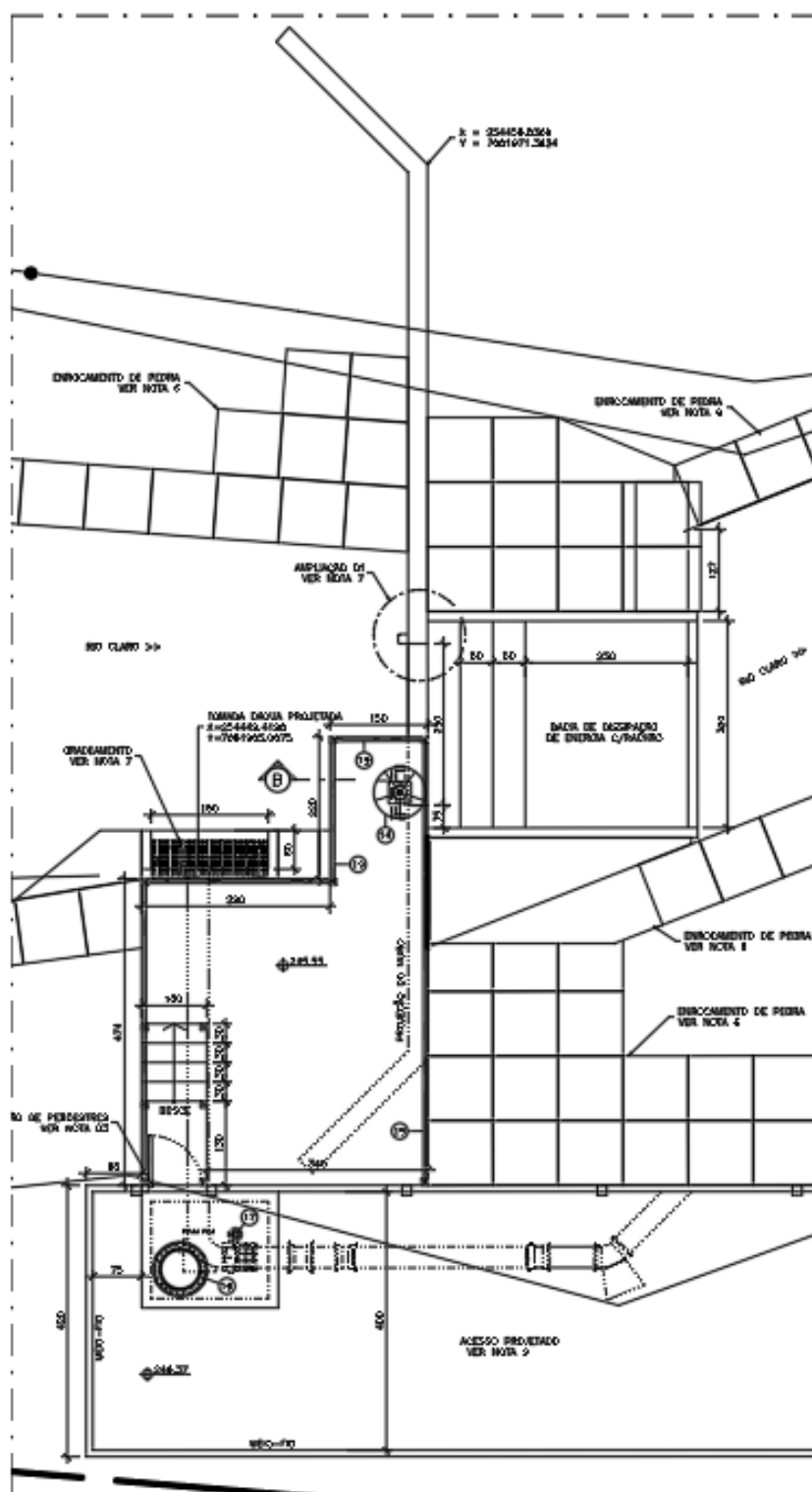


Figura 21 – Croqui da tomada d'água projetada.

## 6.4 Adutora de água bruta

Conforme apresentado no item 5.3 a adutora de água bruta possui cerca de 1 350 m em PVC DN300. Parte do caminhamento passa por baixo de algumas casas, não sendo possível a manutenção desse trecho. Portanto foi projetado 131 metros de adutora margeando o rio, retirando esse trecho sob essas casas.

No caminhamento adutora de água bruta existem duas caixas de areia, que conforme apresentado no Anexo 01 estão superdimensionadas. Considerando a grande presença de areia na região é recomendada a utilização de, pelo menos, uma das caixas. Conforme já mencionado, os desarenadores existentes não trazem prejuízo hidráulico ao sistema de adução. Caberá à CESAN a decisão de desativar um desarenador, com a finalidade de diminuir os serviços operacionais.

Com o novo ressalto hidráulico foi feita novamente a simulação usando o software SWMM, considerando o novo nível de água da captação. A Figura 22 mostra o perfil hidráulico da adutora.

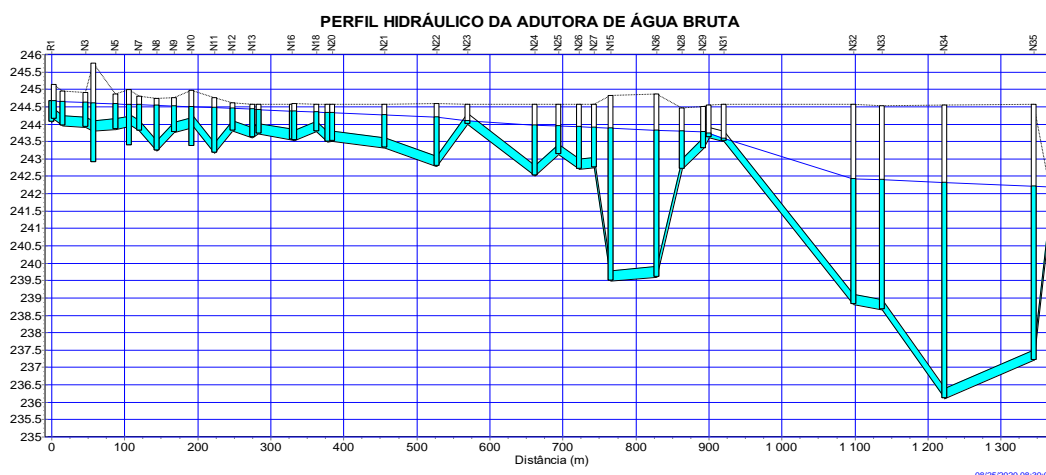


Figura 22 – Perfil hidráulico da adutora.

Figura 23 mostra a vazão máxima transportada pela adutora, e a Figura 24 a velocidade na tubulação.



Figura 23 – Vazão da adutora DN300.

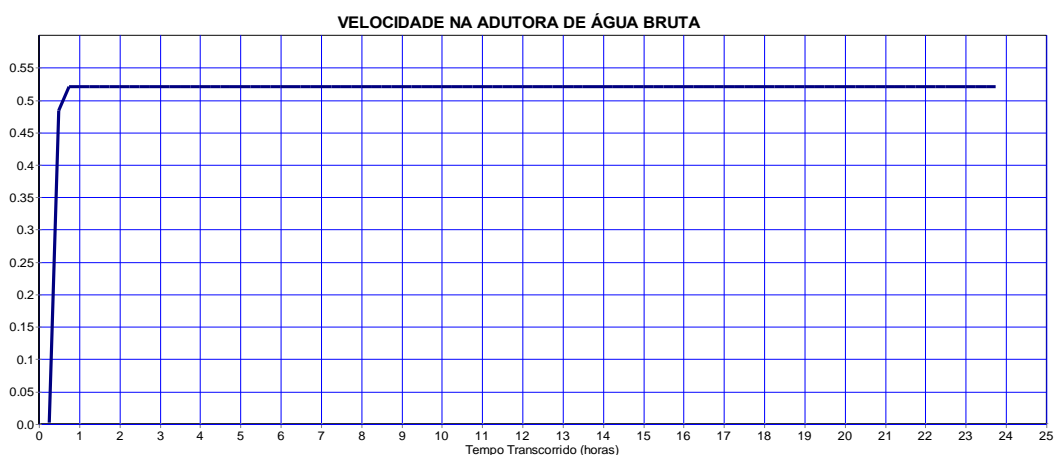


Figura 24 – Velocidade na tubulação DN300.

Como não houve aumento do nível d'água devido ao novo ressalto hidráulico é possível alcançar uma vazão de até 36,80 l/s, mantendo uma velocidade dentro dos limites recomendados.

Mesmo com o incremento da vazão, as caixas de areia ainda irão operar com bastante folga. Os cálculos são apresentados no Anexo 02.

Quanto às ventosas, no seu dimensionamento é realizada a verificação da real necessidade, baseada na velocidade de escoamento ( $V_3$ ). Se  $V_3$  for superior à velocidade crítica e se o ângulo ( $\theta$ ) em relação ao próximo trecho for menor que  $30^\circ$ , então não é necessário o uso de ventosa no ponto, já se  $V_3$  for menor do que  $V_C$  então é necessário o uso de ventosa no ponto.

Neste projeto houve necessidade de se projetar também o canal de desvio do córrego para operar durante a execução da captação. Sabendo-se que é preciso manter a captação existente em operação, para que não haja desabastecimento na Sede de



Muqui, no início do canal de desvio foi prevista uma parede vertedora, cuja cota será de 244.50 m, mantendo-se o nível mínimo para continuar aduzindo a água bruta. A Figura 25 e a Figura 26 mostram em planta e seção o canal de desvio do córrego Rio Claro.

A capacidade de descarga deste canal é de 10.41 m<sup>3</sup>/s, tendo as seguintes características:

- Comprimento: 74.50 m;
- Largura do fundo: 2.60 m;
- Declividade: 0.50%;
- Inclinação das paredes laterais: 55°;
- Altura média: 1.60 m;
- Borda livre admitida: 0.30 m.

As paredes laterais do canal deverão ser revestidas com um enronçamento de pedras, com o objetivo de evitar a erosão. No trecho indicado no projeto deverá ser construído um bueiro duplo de DN1500, com a finalidade de possibilitar a passagem de veículos e equipamentos de obra.

Após o término da obra o canal deverá ser totalmente coberto e a vegetação ser recomposta.

No Anexo 05 é apresentada a avaliação da capacidade do canal de desvio.



Figura 25 – Vista do canal de desvio do córrego



Figura 26 – Seção do canal de desvio do córrego

## 6.5 Régua linimétrica

As régua linimétricas são utilizadas para medir os níveis dos rios, de barragens, de reservatórios e também de vazão, conforme o vertedor a ser utilizado. Para a captação de água bruta de Muqui será utilizada com a função de medição de vazão, tendo em vista que será instalada junto ao vertedor do barramento. A régua será instalada na parede lateral do vertedor, na parte à montante. O vertedor projetado é do tipo de parede espessa.

O cálculo da vazão do curso d'água é dado pela seguinte equação:

$$Q = 1,71LH^{3/2}$$

Onde:

L: comprimento do vertedor de 2,5m;

H: altura da lâmina d'água sobre o vertedor em metros.

Substituindo o valor do comprimento, tem-se:

$$Q = 1,7 \times 2,5^{3/2}$$

$$Q = 4,275\sqrt{H^3}$$

A Figura 27 ilustra a altura da lâmina d'água sobre o vertedor.

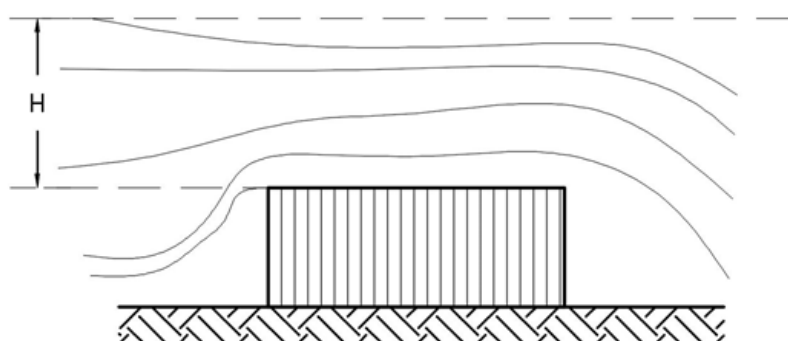


Figura 27 – Ilustração do vertedor

É considerado que o comprimento do vertedor é fixo (2.50 m) e que há precisão da medida de vazão até a altura de 40 cm, pois acima deste valor há variação da seção de fluxo, ou seja, extrapola o vertedor.

A variação de nível até 40 cm permite que seja calculada a vazão do curso d'água. A

Tabela 9 a seguir apresenta estas vazões com variação do nível de 2 em 2 centímetros.

Tabela 9 – Vazões do curso d'água para cada variação de nível

H (m)	Q (m³/s)	Q (l/s)
2	0.012	12.16
4	0.034	34.40
6	0.063	63.20
8	0.097	97.30
10	0.136	135.98
12	0.179	178.75
14	0.225	225.25
16	0.275	275.20
18	0.328	328.38
20	0.385	384.60
22	0.444	443.71
24	0.506	505.57
26	0.570	570.07
28	0.637	637.10
30	0.707	706.56
32	0.778	778.38
34	0.852	852.49
36	0.929	928.80
38	1.007	1007.27
40	1.088	1087.82

## ANEXOS

## ANEXO 01 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS CAIXAS DE AREIA – SISTEMA ATUAL

### SAA DE MUQUI - AAB CAIXA DE AREIA 1

#### 1 - Desarenador

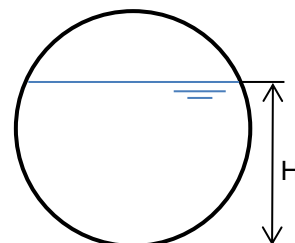
- Vazão do afluente, Q:	26.00	(em l/s)
- Velocidade real do fluxo, $V_1$ :	0.13	$V_1 = Q / (H_D \times L_1)$ (em m/s)
- Velocidade de sedimentação da partícula com 0,2 mm de diâmetro, $V_2$ :	0.015	(em m/s)
- Altura mínima da lâmina d'água no desarenador, $H_D$ :	0.17	$H_D = H_{NA}$ vertedor (em m)
- Comprimento mínimo do desarenador (considerando acréscimo de 50% devido a turbulência), $L_D$ :	2.16	$L = (V_1 / V_2) \times H \times 1,5$ (em m)
- Dimensões da caixa de areia 1:		
Largura, $L_1$ :	1.85	(em m)
Comprimento, $L_2$ :	3.90	(em m)
Altura NA admitido $H_{NA}$ :	0.20	(em m)
- Tempo de detenção hidráulico:	0.925	(em min)

**OBS.:** Admitiu-se uma redução de 35% na largura do desarenador para efeito do cálculo hidráulico, admitindo os cantos cegos.

#### 2 - Vertedor circular

$$Q = 1,518 D^{0.693} H^{1.807}$$

1.3.1 Vazão de saída do vertedor:	0.026	m³/s
1.3.2 Diâmetro adotado:	300	mm
1.3.3 Altura do NA ( $H_{NA}$ VERTEDOR):	167	mm



**DIÂMETRO ADOTADO:** 300 mm

### CAIXA DE AREIA 2

#### 1 - Desarenador

- Vazão do afluente, Q:	26.00	(em l/s)
- Velocidade real do fluxo, $V_1$ :	0.07	$V_1 = Q / (H_D \times L_1)$ (em m/s)
- Velocidade de sedimentação da partícula com 0,2 mm de diâmetro, $V_2$ :	0.015	(em m/s)
- Altura mínima da lâmina d'água no desarenador, $H_D$ :	0.17	$H_D = H_{NA}$ vertedor (em m)
- Comprimento mínimo do desarenador (considerando		



acrécimo de 50% devido a turbulência),  $L_D$ :

1.11

$L = (V_1 / V_2) \times H \times 1,5$  (em m)

- Dimensões da caixa de areia 1:

Largura,  $L_1$ :

3.60

(em m)

Comprimento,  $L_2$ :

8.45

(em m)

Altura NA adimitido  $H_{NA}$ :

0.20

(em m)

- Tempo de detenção hidráulico:

3.900

(em min)

**OBS.:** Admitiu-se uma redução de 35% na largura do desarenador para efeito do cálculo hidráulico, admitindo os cantos cegos.

## 2 - Vertedor circular

$$Q = 1,518 D^{0.693} H^{1.807}$$

1.3.1 Vazão de saída do vertedor:

0.026

$m^3/s$

1.3.2 Diâmetro adotado:

300

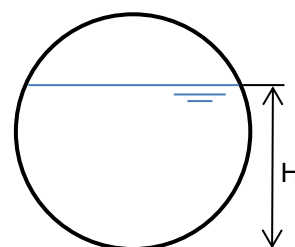
mm

1.3.3 Altura do NA ( $H_{NA \text{ VERTEDOR}}$ ):

167

mm

**DIÂMETRO ADOTADO:** 300 mm



## ANEXO 02 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS CAIXAS DE AREIA – SISTEMA PROPOSTO

### SAA DE MUQUI - SISTEMA PROPOSTO CAIXA DE AREIA 1

#### 1 - Desarenador

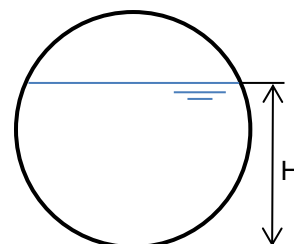
- Vazão do afluente máxima, Q:	41.48	(em l/s)
- Velocidade real do fluxo, $V_1$ :	0.16	$V_1 = Q / (H_D \times L_1)$ (em m/s)
- Velocidade de sedimentação da partícula com 0,2 mm de diâmetro, $V_2$ :	0.015	(em m/s)
- Altura mínima da lâmina d'água no desarenador, $H_D$ :	0.22	$H_D = H_{NA}$ vertedor (em m)
- Comprimento mínimo do desarenador (considerando acréscimo de 50% devido a turbulência), $L_D$ :	3.45	$L = (V_1 / V_2) \times H \times 1,5$ (em m)
- Dimensões da caixa de areia 1:		
Largura, $L_1$ :	1.85	(em m)
Comprimento, $L_2$ :	3.90	(em m)
Altura NA admitido $H_{NA}$ :	0.25	(em m)
- Tempo de detenção hidráulico:	0.725	(em min)

OBS.: Admitiu-se uma redução de 35% na largura do desarenador para efeito do cálculo hidráulico, admitindo os cantos cegos.

#### 2 - Vertedor circular

$$Q = 1,518D^{0.693}H^{1.807}$$

1.3.1 Vazão de saída do vertedor:	0.041	m³/s
1.3.2 Diâmetro adotado:	300	mm
1.3.3 Altura do NA ( $H_{NA}$ VERTEDOR):	216	mm



DIÂMETRO ADOTADO: 300 mm

### CAIXA DE AREIA 2

#### 1 - Desarenador

- Vazão do afluente máxima, Q:	41.48	(em l/s)
- Velocidade real do fluxo, $V_1$ :	0.08	$V_1 = Q / (H_D \times L_1)$ (em m/s)
- Velocidade de sedimentação da partícula com 0,2 mm de diâmetro, $V_2$ :	0.015	(em m/s)
- Altura mínima da lâmina d'água no desarenador, $H_D$ :	0.22	$H_D = H_{NA}$ vertedor (em m)

- Comprimento mínimo do desarenador (considerando acréscimo de 50% devido a turbulência),  $L_D$ :

1.77

$L = (V_1 / V_2) \times H \times 1,5$  (em m)

- Dimensões da caixa de areia 1:

Largura,  $L_1$ :

3.60

(em m)

Comprimento,  $L_2$ :

8.45

(em m)

Altura NA admitido  $H_{NA}$ :

0.25

(em m)

- Tempo de detenção hidráulico:

3.056

(em min)

**OBS.: Admitiu-se uma redução de 35% na largura do desarenador para efeito do cálculo hidráulico, admitindo os cantos cegos.**

## 2 - Vertedor circular

$$Q = 1,518D^{0.693}H^{1.807}$$

1.3.1 Vazão de saída do vertedor:

0.041

m<sup>3</sup>/s

1.3.2 Diâmetro adotado:

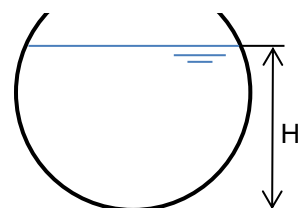
300

mm

1.3.3 Altura do NA ( $H_{NA \text{ VERTEDOR}}$ ):

216

mm



**DIÂMETRO ADOTADO:**

300

mm

## ANEXO 03 – GEOMETRIA DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA

Perfil da adutora														
Estaca		Cota Terreno (m)		Geratriz Inferior (m)		Profundidade (m)		Distância (m)		Decliv. (%)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Pavimentação	Obs.
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Trecho	Acum.					
00+00.00	02+01.70	245.42	244.11	244.00	243.81	1.42	0.30	41.70	41.70	-0.45	300	41.0	Terreno Natural	Trecho Existente
02+01.70	02+05.51	244.11	244.08	243.81	243.79	0.30	0.30	3.81	45.51	-0.71	300	41.0	Terreno Natural	
02+05.51	04+12.67	244.08	244.22	243.79	243.92	0.30	0.30	47.16	92.67	0.29	300	41.0	Terreno Natural	
04+12.67	08+14.38	244.22	244.19	243.92	243.89	0.30	0.30	81.71	174.38	-0.05	300	41.0	Terreno Natural	
08+14.38	09+02.58	244.19	244.28	243.89	243.98	0.30	0.30	8.20	182.58	1.15	300	41.0	Terreno Natural	
09+02.58	13+01.80	244.28	243.96	243.98	243.62	0.30	0.35	79.22	261.80	-0.46	300	41.0	Terreno Natural	
13+01.80	21+19.50	243.96	243.58	243.62	243.28	0.35	0.30	177.70	439.50	-0.19	300	41.0	Terreno Natural	
21+19.50	25+13.55	243.58	243.38	243.28	242.48	0.30	0.90	74.05	513.55	-1.09	300	41.0	Terreno Natural	
25+13.55	27+00.32	243.38	243.60	242.48	242.70	0.90	0.90	26.77	540.32	0.81	300	41.0	Terreno Natural	
27+00.32	27+17.06	243.60	245.41	242.70	244.51	0.90	0.90	16.74	557.06	10.86	300	41.0	Terreno Natural	
27+17.06	29+09.05	245.41	244.51	244.51	243.52	0.90	0.99	31.99	589.05	-3.11	300	41.0	Terreno Natural	Trecho Projetado
29+09.05	34+14.91	244.51	243.50	243.52	242.60	0.99	0.90	105.86	694.91	-0.87	300	41.0	Terreno Natural	
34+14.91	36+17.39	243.50	243.57	242.60	242.37	0.90	1.20	42.48	737.39	-0.54	300	41.0	Terreno Natural	
36+17.39	37+13.19	243.57	240.14	242.37	239.09	1.20	1.05	15.80	753.19	-20.72	300	41.0	Terreno Natural	
37+13.19	38+13.87	240.14	239.40	239.09	238.30	1.05	1.10	20.68	773.87	-3.82	300	41.0	Terreno Natural	
38+13.87	40+06.43	239.40	239.54	238.30	238.59	1.10	0.95	32.56	806.43	0.89	300	41.0	Terreno Natural	
40+06.43	41+02.75	239.54	241.13	238.59	240.08	0.95	1.05	16.32	822.75	9.11	300	41.0	Terreno Natural	
41+02.75	41+17.08	241.13	243.58	240.08	242.58	1.05	1.00	14.33	837.08	17.43	300	41.0	Terreno Natural	
41+17.08	43+00.00	243.58	244.08	242.58	243.18	1.00	0.90	22.92	860.00	2.63	300	41.0	Terreno Natural	
43+00.00	43+08.33	244.08	244.70	243.18	243.17	0.90	1.53	8.33	868.33	-0.12	300	41.0	Terreno Natural	

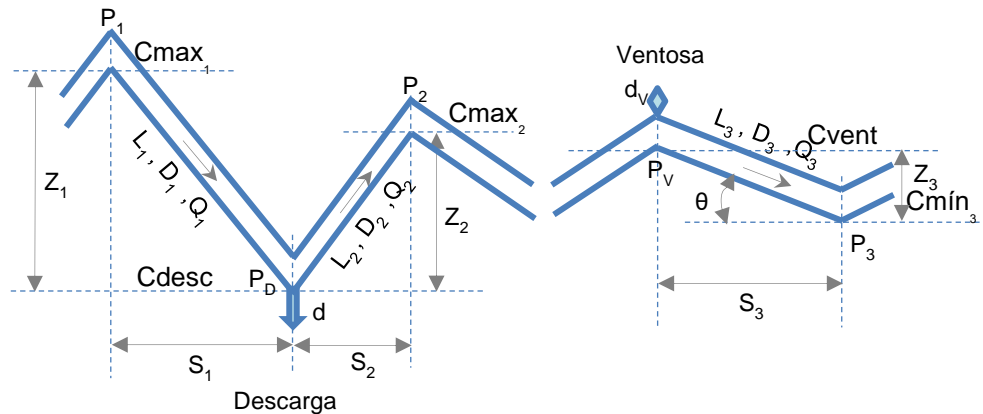
43+08.33	47+11.66	244.70	244.27	243.17	243.07	1.53	1.20	83.33	951.66	-0.12	300	41.0	Terreno Natural
47+11.66	49+04.04	244.27	243.66	243.07	242.46	1.20	1.20	32.38	984.04	-1.88	300	41.0	Paralelepípedo
49+04.04	50+17.08	243.66	241.86	242.46	240.66	1.20	1.20	33.04	1 017.08	-5.46	300	41.0	Paralelepípedo
50+17.08	54+16.72	241.86	239.68	240.66	238.48	1.20	1.20	79.64	1 096.72	-2.73	300	41.0	Paralelepípedo
54+16.72	59+06.21	239.68	238.35	238.48	237.15	1.20	1.20	89.49	1 186.21	-1.49	300	41.0	Paralelepípedo
59+06.21	62+00.85	238.35	238.27	237.15	237.07	1.20	1.20	54.64	1 240.85	-0.14	300	41.0	Paralelepípedo
62+00.85	63+05.22	238.27	237.33	237.07	236.13	1.20	1.20	24.37	1 265.22	-3.88	300	41.0	Paralelepípedo
63+05.22	66+11.06	237.33	237.51	236.13	235.78	1.20	1.73	65.84	1 331.06	-0.53	300	41.0	Paralelepípedo
66+11.06	67+03.83	237.51	239.52	235.78	238.62	1.73	0.90	12.77	1 343.83	22.23	300	41.0	Paralelepípedo
67+03.83	67+11.36	239.52	242.31	238.62	241.41	0.90	0.90	7.53	1 351.36	37.09	300	41.0	Terreno Natural
67+11.36	67+14.34	242.31	242.73	241.41	241.64	0.90	1.08	2.98	1 354.34	7.72	300	41.0	Terreno Natural

Trecho  
Existente

RESUMO DAS DEFLEXÕES HORIZONTAIS E VERTICAIS							OBS.
ESTACA	COORDENADAS		CONEXÃO	DIÂMETRO (mm)	P (mca)	POSIÇÃO	
	X	Y					
36+17.39	254 815.84	7 681 490.82	C45	300	2.43	Horizontal	Interligação 01
37+09.75	254 827.27	7 681 486.11	C22	300	4.99	Horizontal	
37+13.19	254 830.05	7 681 484.08	C11	300	5.71	Vertical	
38+01.57	254 836.83	7 681 479.15	C11	300	6.03	Horizontal	
39+09.77	254 854.59	7 681 457.28	C22	300	6.36	Horizontal	
40+07.67	254 870.26	7 681 448.65	C22	300	6.09	Horizontal	
40+18.67	254 877.51	7 681 440.37	C45	300	5.09	Horizontal	
43+00.04	254 881.23	7 681 399.26	C22	300	1.62	Horizontal	
43+06.61	254 878.64	7 681 393.22	C22	300	1.63	Horizontal	Interligação 02

## ANEXO 04 – DIMENSIONAMENTO DAS DESCARGAS E VENTOSAS

### 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 GI da adutora no ponto de descarga (m)
- $C_{max_1}$  = Cota máxima da GI da adutora à montante da descarga (m)
- $C_{max_2}$  = Cota máxima da GI da adutora à jusante da descarga (m)
- $C_{vent}$  = Cota da GI da adutora no ponto da ventosa (m)
- $C_{mín_3}$  = Cota mínima da GI 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:

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

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

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

onde:

$Z_{\text{máx}}$  = Altura máxima entre Z1 e Z2 (m)

$Z_{\text{mín}}$  = 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.

## 2. 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:

$$V_3 = \frac{Q_3}{A_3} \quad \text{Eq. 13}$$

$$A_3 = \frac{\pi \times D_3^2}{4} \quad \text{Eq. 14}$$

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

onde:

$A_3$  = Seção da adutora à jusante da ventosa (m<sup>2</sup>)

$V_3$  = 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 (m<sup>2</sup>/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 tríplice 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.

<b>Descargas</b>	<b>1</b>
Localização no projeto:	AAB
Estaca no ponto da descarga ( $P_D$ ):	38+13.87
Estaca no ponto alto à montante da descarga ( $P_1$ ):	27+17.06
Estaca no ponto alto à jusante da descarga ( $P_2$ ):	43+00.00
Diâmetro da adutora a montante da descarga, $D_1$ (mm):	300
Diâmetro da adutora a jusante da descarga, $D_2$ (mm):	300
Cota do terreno no ponto de descarga, $CT_{desc}$ (m):	239.40
Cota do ponto de descarga, $C_{desc}$ (m):	238.30
Cota máxima à montante, $C_{max_1}$ (m):	244.51
Cota máxima à jusante, $C_{max_2}$ (m):	243.18
Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à montante, $S_1$ (m):	216.81
Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à jusante, $S_2$ (m):	86.13
Altura máxima à montante, $Z_1$ (m):	6.21
Altura máxima à jusante, $Z_2$ (m):	4.88
Altura média, $Z_m$ (m):	5.54
Comprimento do trecho à montante, $L_1$ (m):	216.90
Comprimento do trecho à jusante, $L_2$ (m):	86.27
Comprimento total a ser descarregado, $L$ (m):	303.17
Tempo máximo de descarregamento adotado, $T_{máx}$ (min):	15
Diâmetro da descarga, $d$ (mm):	104.75
Diâmetro comercial adotado, $DN$ (mm):	150
Tempo efetivo de descarregamento, $T$ (min):	7.31

Valor máximo entre $Z_1$ e $Z_2$ , $Z_{\text{máx}}$ (m):	6.21
Valor mínimo entre $Z_1$ e $Z_2$ , $Z_{\text{mín}}$ (m):	4.88
Velocidade máxima, $V_{\text{máx}}$ (m/s):	1.56
Velocidade mínima, $V_{\text{mín}}$ (m/s):	0.69
Velocidade média, $V_{\text{méd}}$ (m/s):	1.12

<b>Ventosas</b>	<b>2</b>
Localização no projeto:	AAB
Estaca no ponto da ventosa ( $P_V$ ):	43+00.00
Estaca no ponto baixo à jusante da ventosa ( $P_3$ ):	66+11.06
Vazão na adutora, $Q_3$ (l/s):	41.0
Diâmetro da adutora, $D_3$ (mm):	300
Cota do terreno no ponto de ventosa, $CT_{\text{vent}}$ (m):	244.08
Cota do ponto da ventosa, $C_{\text{vent}}$ (m):	243.18
Cota mínima à jusante da ventosa, $C_{\text{mín}_3}$ (m):	235.78
Distância horizontal entre a ventosa e o ponto baixo à jusante, $S_3$ (m):	471.06
Altura máxima à jusante da ventosa, $Z_3$ (m):	7.40
Comprimento do trecho à jusante da ventosa, $L_3$ (m):	471.12
Ângulo com a horizontal, $\theta$ ( $^\circ$ ):	0.90
Seção da adutora a jusante da ventosa, $A_3$ (m <sup>2</sup> ):	0.07
Velocidade no trecho a jusante da ventosa, $V_3$ (m/s):	0.58
Velocidade crítica, $V_c$ (m/s):	0.59
Verificação da necessidade de ventosa no ponto:	SIM
Diâmetro mínimo da ventosa, $dm_{\text{inv}}$ (mm):	37.50
Diâmetro adotado para ventosa, $dv$ (mm):	50

ANEXO 05 - DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE DESVIO

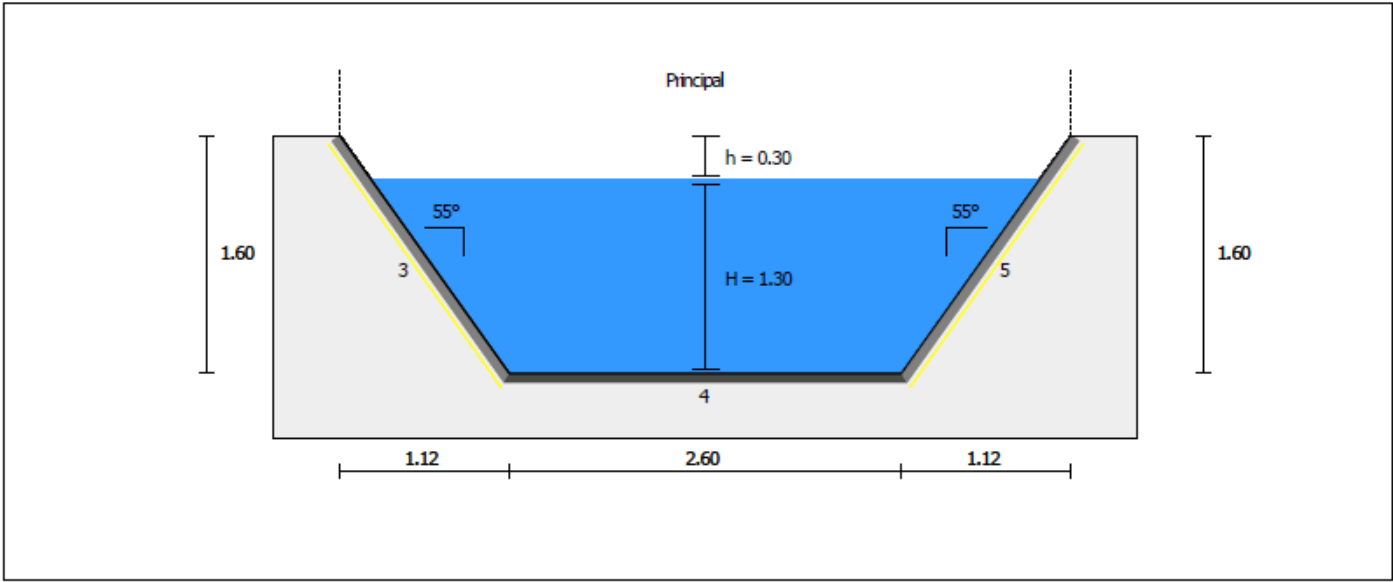
● Informações de projeto

Data	29/03/2018	Descrição	
Título	CAPTAÇÃO DE MUQUI	PROJETO DA CAPTAÇÃO DE MUQUI.	
Número		AValiação DO CANAL DE DESVIO	
Cliente	CESAN		
Autor/projetista	JULIO CESAR ALI GANEM		

● Dados de Entrada

Vazão de Projeto [m³/s]	12
Declive Longitudinal [%]	0.5
Borda Livre [m]	0.30
Raio da Curva [m]	-
Lado da Curva	-

Seção



Resultados

Table with 2 columns: Parameter and Value. Rows include Borda Livre [m], Declive Longitudinal [%], Nível d'água [m], and Numero de Froude.

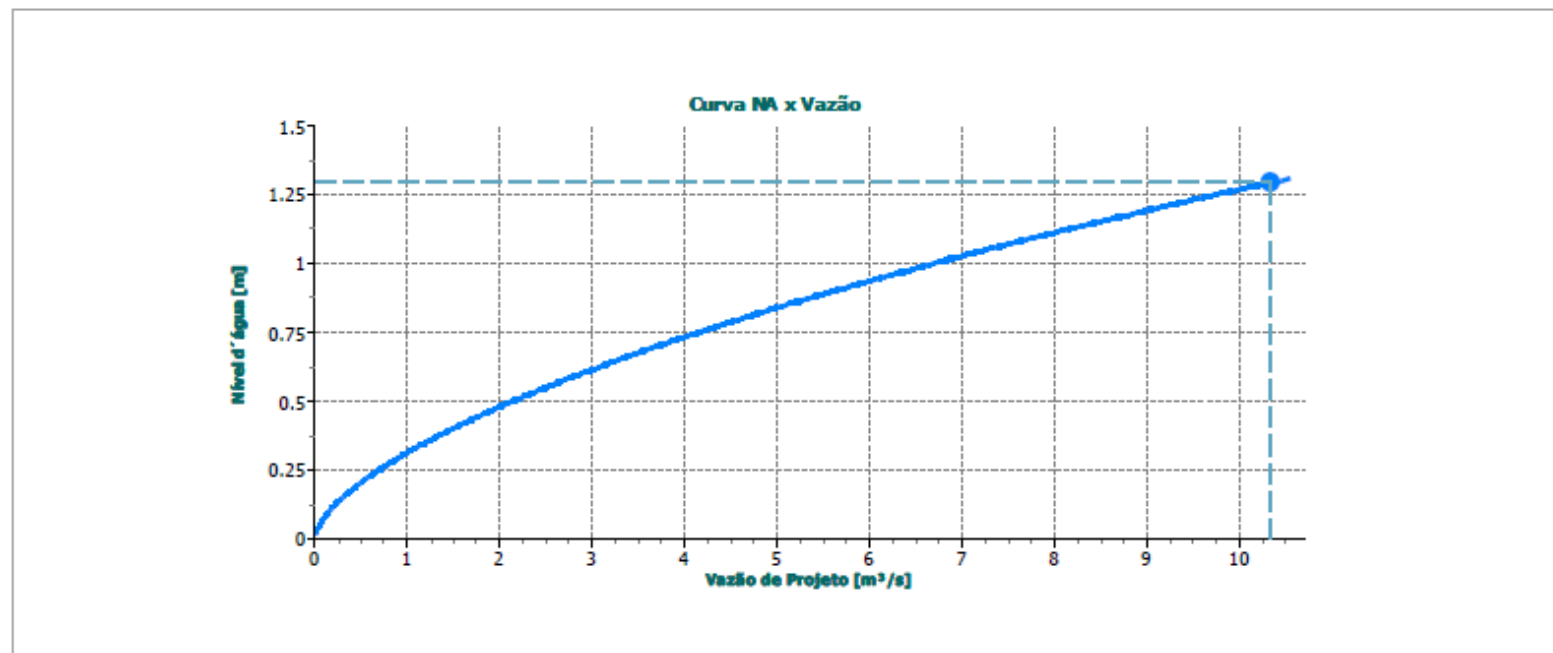
Table with 5 columns: Parameter, Total, and Setor Central (split into two columns). Rows include Vazão de Projeto [m³/s], Área Molhada [m²], Perímetro molhado [m], Razo Hidráulico [m], Velocidade da Água [m/s], and Rugosidade Média.

Materials

Table with 11 columns: ID, Materials do Leito, Com Vegetação, Rugosidade, Tensão de arraste [N/m²] (Admissível, Calculada), Geotêxtil, Velocidade Residual [m/s], and Comprimento [m]. Rows detail materials for Canal Principal.



Curva NA x Vazão



# ANEXO 06 - CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA EM MUQUI-ES - SEÇÃO MONTANTE E JUSANTE



Projeto da Seção Transversal do Canal



Conjunto de software para design de canal

www.maccaferri.com

Cliente | CESAN

pag. 1 / 4

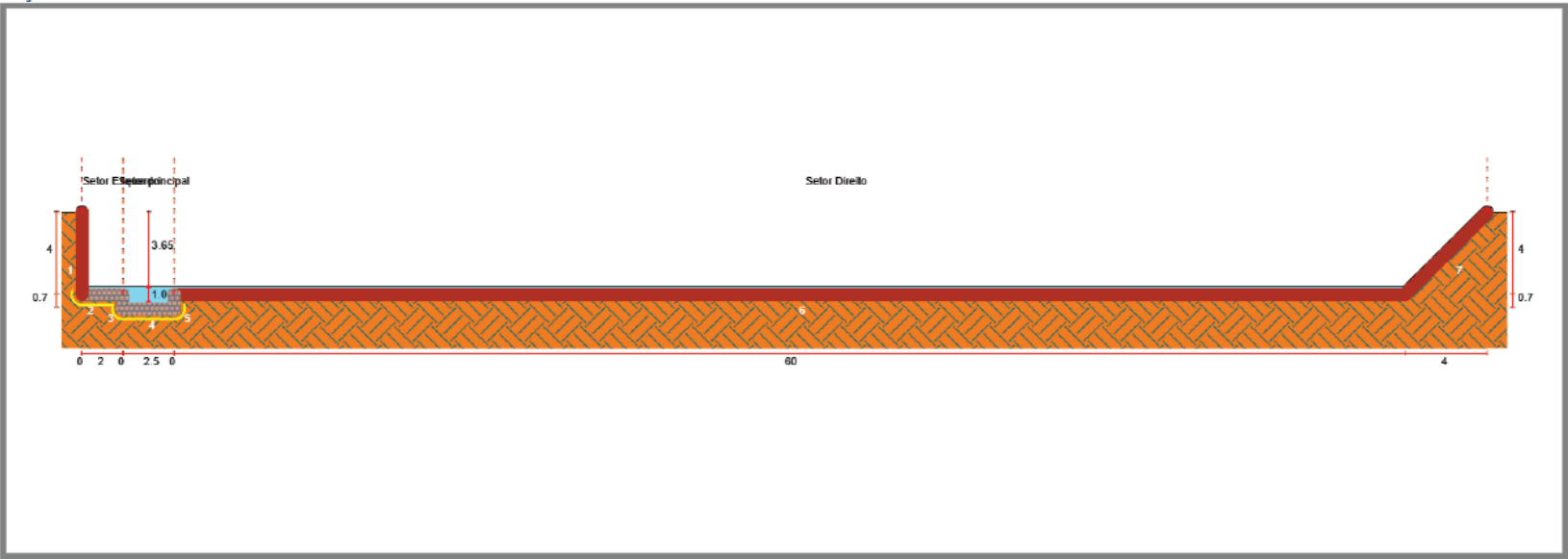
### Informações do Projeto

Título: CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA EM MUQUI-ES -  
SEÇÃO MONTANTE  
Número: 0  
Cliente: CESAN

### Entrada

Vazão [m³/s]	33.92
Inclinação longitudinal [%]	0.50
Borda livre [m]	0.50
Raio de curvatura [m]	
Lado de dobra	

### Seção



## Resultados

Borda livre [m]	3.65	Vazão, Bordo livre satisfeito.		
Inclinação longitudinal [%]	0.50	-		
Nível d'água [m]	1.05	-		
Número de Froude	0.75	Subcrítico		
	Total	Setor esquerdo	Setor principal	Setor direito
Vazão [m³/s]	33.92	0.75	4.75	29.48
Área molhada [m²]	24.39	0.70	2.63	21.06
Perímetro Molhado [m]	66.75	2.35	3.90	60.49
Raio Hidráulico [m]	0.36	0.30	0.67	0.35
Velocidade Média da Água* [m/s]	1.44	1.08	1.81	1.40
Rugosidade Média		0.0290	0.0300	0.0250

\* Nota: a velocidade calculada é uma média ao longo da subseção. Este valor não representa o valor efetivo no fundo ou nas margens, pois dependem da geometria do canal e da rugosidade de sua superfície. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, Nova York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

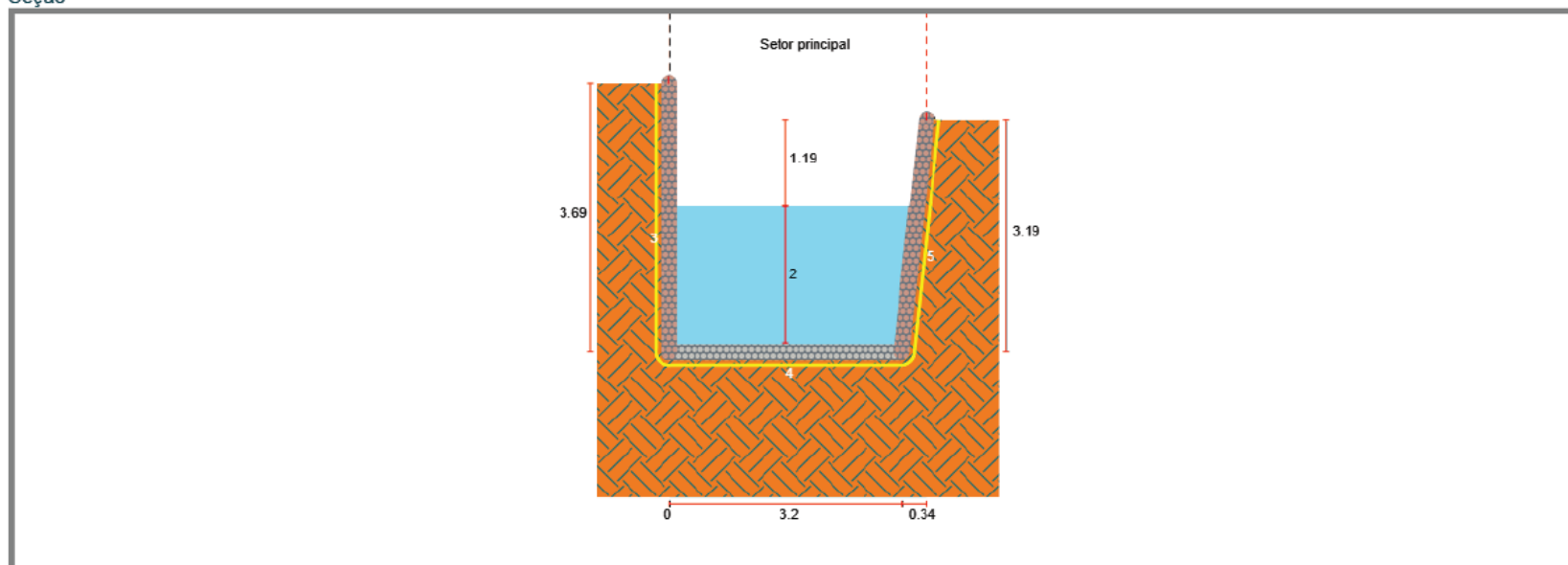
### Informações do Projeto

Título: CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA EM MUQUI-ES -  
SEÇÃO JUSANTE  
Número: 0  
Cliente: CESAN

### Entrada

Vazão [m³/s]	5.50
Inclinação longitudinal [%]	0.07
Borda livre [m]	0.10
Raio de curvatura [m]	
Lado de dobra	

### Seção



## Resultados

Borda livre [m]	1.19	Vazão, Bordo livre satisfeito.			
Inclinação longitudinal [%]	0.07	-			
Nível d'água [m]	2.00	-			
Número de Froude	0.19	Subcrítico			
	Total	Setor esquerdo	Setor principal	Setor direito	
Vazão [m³/s]	5.5	0.00	5.50	0.00	
Área molhada [m²]	6.61	0.00	6.61	0.00	
Perímetro Molhado [m]	7.21	0.00	7.21	0.00	
Raio Hidráulico [m]	0.92	0.00	0.92	0.00	
Velocidade Média da Água* [m/s]	0.83	0.00	0.83	0.00	
Rugosidade Média		0.0000	0.0300	0.0000	

\* Nota: a velocidade calculada é uma média ao longo da subseção. Este valor não representa o valor efetivo no fundo ou nas margens, pois dependem da geometria do canal e da rugosidade de sua superfície. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, Nova York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

## Materiais

/ Aviso: verificação de estabilidade geotécnica necessária para o(s) setor(es): 2

EU IA	Materiais	Espes- sura [m]	Rugosi- dade	Rock d50 [m]	Cu	Diafrag- ma duplo	X-Ties	geotêxtil	Tempo [h]	Tensão de arraste [N/m²] Admissível	Calculado	Velocidade Residual [m/s]	Compri- mento [m]		
3	Gabions PoliMac <sup>TM</sup>	0.5	0.03	0.127	1.5			SIM		714.00	4.82	✓	0.07	✓	3.69
4	Reno Mattress Plus PoliMac <sup>TM</sup>	0.23	0.03	0.09	1.5	SIM	SIM	SIM		426.00	6.42	✓	0.06	✓	3.20
5	Gabions PoliMac <sup>TM</sup>	0.5	0.03	0.127	1.5			SIM		714.00	4.82	✓	0.07	✓	3.19



CONTRATO 226/2021  
AS N°076/2022

**MUNICÍPIO DE MUQUI  
DISTRITO SEDE**

**MELHORIAS DO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE  
MUQUI – NOVA CAPTAÇÃO**

**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 Engenharia e Serviços (O-GES)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (O-DPO)**.

A **GANEM Engenharia Ltda EPP** apresenta o memorial descritivo e de cálculo do projeto hidráulico da revisão das melhorias do sistema de abastecimento de água da sede do Município de Muqui, localizado no Estado do Espírito Santo.

O projeto completo das melhorias do sistema de abastecimento de água de Muqui é apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Topografia:
  - Tomo A – Caderneta Topográfica (D-092-000-00-1-CT-0001);
  - Tomo B – Desenhos.
- Volume II – Projeto Hidráulico:
  - Tomo A – Memorial Descritivo e de Cálculo (C-092-000-00-5-MD-0004);
  - Tomo B – Desenhos.

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

Número da CESAN	Referência do Desenho
01 C-092-000-00-5-XX-0001	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Planta Geral e Seção Típica de Acesso
02 C-092-000-00-5-XX-0002	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Planta de Localização e Seção Típica do Rio
03 C-092-000-00-5-XX-0003	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada D'água - Urbanização
04 C-092-000-00-5-XX-0004	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água – Plantas e LM
05 C-092-000-00-5-XX-0005	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Corte AA, Detalhe do Gradeamento e Régua Linimétrica
06 C-092-000-00-5-XX-0006	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Corte CC e DD

Número da CESAN	Referência do Desenho
07 C-092-000-00-5-XX-0007	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água - Canal, Planta. e Detalhes
08 C-092-000-00-5-XX-0008	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água – Imagens 3D 1/2
09 C-092-000-00-5-XX-0009	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Hidráulico - Ressalto Hidráulico e Tomada d'água – Imagens 3D 2/2
10 C-092-000-30-5-XX-0001	SAA de Muqui – Adutora de Água Bruta – Projeto Hidráulico – AAB Rio Claro – Planta e Perfil (01/01) e LM
11 C-092-000-30-5-XX-0002	SAA de Muqui – Adutora de Água Bruta – Projeto Hidráulico – AAB Rio Claro – Detalhe da Descarga 300x150 e Ventosa 300x50

## DESENHOS