



CONTRATO 226/2021  
AS N°076/2024

**MUNICÍPIO DE MUQUI  
DISTRITO SEDE**

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

**VOLUME IV – PROJETO GEOTÉCNICO**

**TOMO A – MEMORIAL DE CÁLCULO**

C-092-000-10-4-MC-0003

## 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 de cálculo do projeto geotécnico 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.
- Volume III – Projeto Estrutural:
  - Tomo A – Memorial Descritivo e de Cálculo (C-092-000-00-4-MC-0002);
  - Tomo B – Desenhos.
- Volume IV – Projeto Geotécnico:
  - Tomo A – Memorial de Cálculo (C-092-000-10-4-MC-0003);
  - Tomo B – Desenhos.
  - Tomo C - Relatório Técnico (C-092-000-10-4-RT-0001)
- Volume V – Orçamento (C-092-000-10-0-OR-0002):
  - Planilha Orçamentária (C-092-000-10-0-PL-0002)

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

Número da CESAN		Referência do Desenho
01	C-092-000-10-4-XX-0023	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Planta de Implantação da CONTENÇÃO
02	C-092-000-10-4-XX-0024	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Perfil Longitudinal X Vista Frontal - Margem Direita
03	C-092-000-10-4-XX-0025	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Perfil Longitudinal X Vista Frontal - Margem Esquerda
04	C-092-000-10-4-XX-0026	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Seções Transversais
05	C-092-000-10-4-XX-0027	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Gabiões - Cortes
06	C-092-000-10-4-XX-0028	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Especificações e Detalhes Executivos dos Gabiões/Colchões Reno

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	7
2	REFERÊNCIAS UTILIZADAS .....	8
3	CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS E GEOTÉCNICAS DO LOCAL .....	9
4	DIMENSIONAMENTO DA CONTENÇÃO .....	11
5	DIMENSIONAMENTO DO COLCHÃO RENO DO FUNDO.....	24

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista geral da área do projeto. ....	9
Figura 2 - Vista da implantação da contenção.....	10
Figura 3 - Verificações de estabilidade para muros de gabião. ....	11
Figura 4 - Muro de Gabião – Seção S1 - Margem esquerda e direita.....	12
Figura 5 - Muro de Gabião – Seção S6 - Margem esquerda e direita.....	13
Figura 6 - Velocidade crítica em função das dimensões das pedras (Macaferri). ....	25
Figura 7 - Valores de máximas velocidades admissíveis para solos coesivos (Macaferri). ....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros geotécnicos estimados.....	10
Tabela 2 - Resumo dos fatores de segurança obtidos no dimensionamento.....	13

## MEMORIAL DE CÁLCULO

## 1 INTRODUÇÃO

Apresenta-se o memorial de dimensionamento da contenção de margem do Rio Claro, em Muqui/ES, no trecho do sistema de captação de água local. A contenção adotada foi através de muro de gabião, com proteção de fundo através de colchão tipo Reno®.

Este projeto refere-se somente a contenção de margem do rio, no trecho específico do projeto. Não contempla a contenção de outros trechos (que não o projetado), projetos de drenagem pluvial, especificações de pavimentação, projetos de outras estruturas do local (acesso, edificações, ressalto hidráulico, etc.), não possuindo responsabilidade técnica sobre esses itens.



## 2 REFERÊNCIAS UTILIZADAS

Foram utilizados como referência para a elaboração deste relatório técnico:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| C-092-000-10-5-MD-0001 | Melhorias do sistema de abastecimento de água de Muqui – Nova captação e AAB – Vol.IV, Projeto Hidráulico, R.0A, de JUL/24. |
| C-092-000-10-3-SD-0001 | Melhorias do sistema de abastecimento de água de Muqui – Nova captação e AAB – Vol.III, Sondagem, R.0A, de AGO/22.          |
| D-092-000-10-1-XX-0001 | Levantamento Planialtimétrico Cadastral – Planta Topográfica, R.0A, de JUN/24.  |

### 3 CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS E GEOTÉCNICAS DO LOCAL

A contenção projetada (muro de gabião) será implantada nas margens do Rio Claro, no município de Muqui – Sede, na região de entorno do sistema de captação de água local. Adicionalmente, foi especificada a instalação de colchão Reno para proteção contra erosões no leito do rio.

A Figura 1 apresenta uma fotografia aérea geral do local atualmente.



Figura 1 - Vista geral da área do projeto.

Para o reconhecimento geotécnico do subsolo, foram executadas 04 (quatro) sondagens à percussão (SPT), pela empresa Ganem Engenharia. Os boletins indicam uma camada superior, até cerca de 2 m de profundidade (a partir do nível local) de areia, por vezes argilosa, fofa a pouco compacta, com  $N_{\text{médio}} \approx 6$  golpes. A seguir uma camada de argila arenosa, rija, entre aproximadamente 2 m e 9 m de profundidade, com  $N_{\text{SPT}}$  médio de 12 golpes. Abaixo de 12 m ocorrem solos argilosos mais resistentes, com  $N_{\text{SPT}} > 15$  a 20 golpes.

A presença do nível d'água nas sondagens coincide com o nível do rio no local.

A Tabela 1 apresenta o perfil médio adotado para o dimensionamento do projeto e os parâmetros geotécnicos básicos estimados.



## 4 DIMENSIONAMENTO DA CONTENÇÃO

Para o dimensionamento de muros de gabião devem ser verificados diversos tipos de ruptura, conforme mostrados na Figura 3 e descritos abaixo:

- *Deslizamento sobre a base*: ocorre quando a resistência ao escorregamento ao longo da base do muro, somada ao empuxo passivo disponível à frente da estrutura, é insuficiente para neutralizar o efeito do empuxo ativo atuante.
- *Tombamento*: ocorre quando o momento estabilizante do peso próprio do muro em relação ao fulcro de tombamento é insuficiente para neutralizar o momento do empuxo ativo.
- *Ruptura da fundação ou recalque excessivo*: ocorre quando as pressões aplicadas pela estrutura sobre o solo de fundação são superiores à sua capacidade de carga.
- *Ruptura global do maciço*: escorregamento ao longo de uma superfície de ruptura que contorna a estrutura de arrimo.
- *Ruptura interna da estrutura*: ruptura das seções intermediárias entre os gabiões, que pode ocorrer tanto por escorregamento como por excesso de pressão normal.

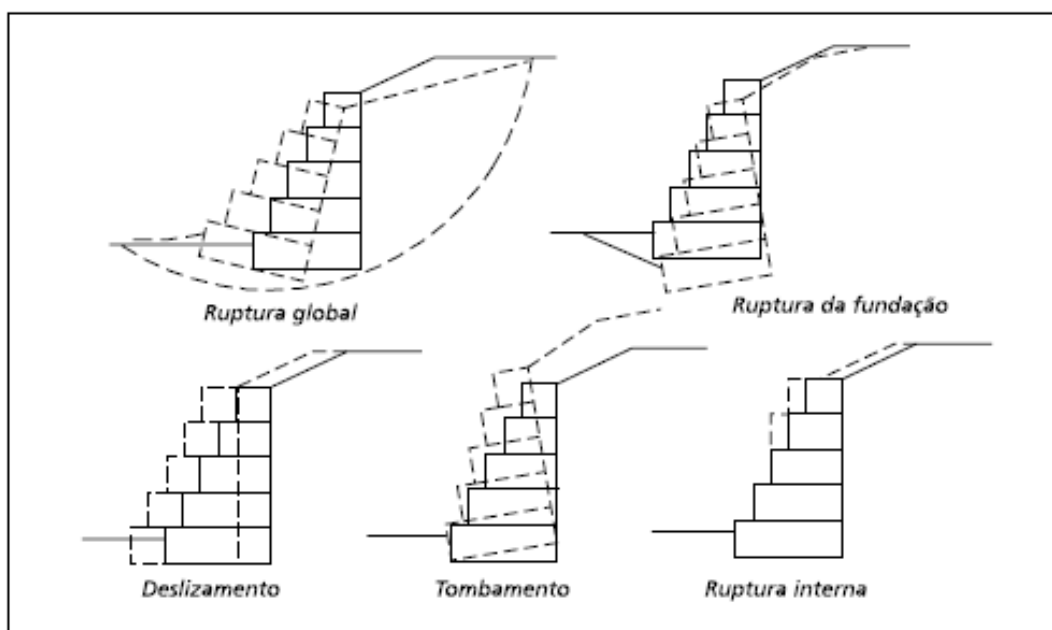


Figura 3 - Verificações de estabilidade para muros de gabião.

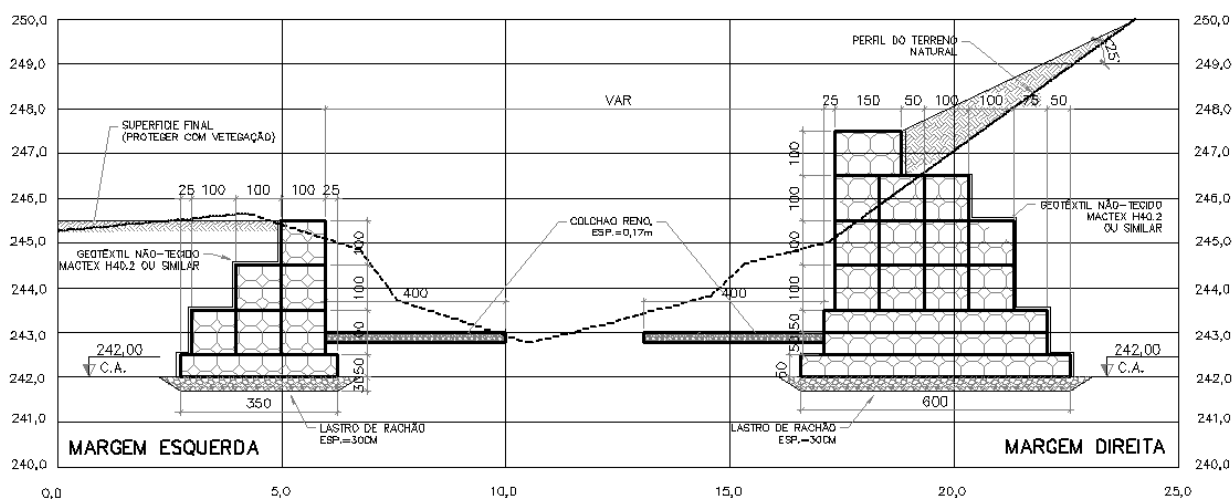
Foi utilizado o programa *Gawacwin*®, da *Maccaferri*, e as memórias de cálculo estão apresentadas a seguir.

As seções representativas dos muros de gabião que foram adotadas para análises são mostradas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e na

Figura 5, sendo: Seção S1 – Margem esquerda e direita; Seção S6 – Margem direita. Os parâmetros adotados para os solos de fundação e do terrapleno são dados na Tabela 1.

Foram adotadas ainda as seguintes considerações:

- O empuxo passivo disponível na frente do muro foi reduzido de um  $F.S.=2,0$ .
- O solo de reaterro do terrapleno foi considerado compactado e sem coesão (a favor da segurança).
- A tensão admissível do solo de fundação é de 160 kPa, calculada pelo método de Vêsic (1975).



- Sobre o terrapleno foi adotada uma sobrecarga distribuída de cálculo de 20 kPa.

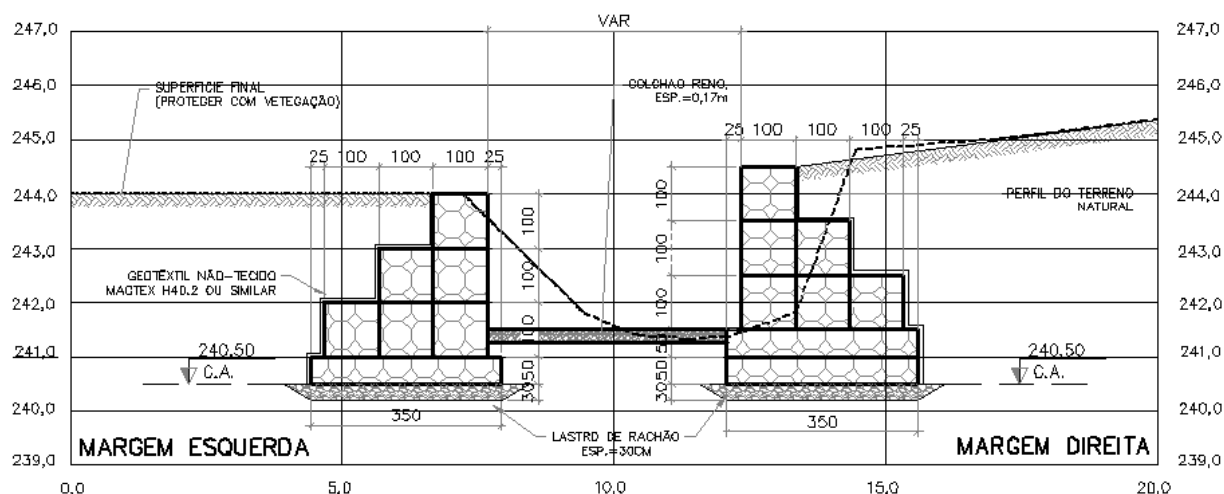


Figura 4 - Muro de Gabião – Seção S1 - Margem esquerda e direita.



Figura 5 - Muro de Gabião – Seção S6 - Margem esquerda e direita.

O dimensionamento das seções representativas é apresentado a seguir. O resumo dos resultados obtidos é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo dos fatores de segurança obtidos no dimensionamento.

CRITÉRIOS DE RUPTURA	FATORES DE SEGURANÇA (F.S.)			
	S1-ME	S1-MD	S6-MD	Valores adotados / recomendáveis
Deslizamento	2,4	2,0	1,9	$\geq 1,5$
Tombamento	5,6	7,1	4,3	$\geq 2,0$
Global	2,1	1,5	1,7	$\geq 1,5$
Tensão máxima na base (kPa)	79,6	140,5	109,8	$\leq 160$
Tensão mínima na base (kPa)	52,0	91,0	51,6	$\geq 0$

■ **MM**  
 ● **Input**

**Wall data**

Wall batter [°]	0.00
Rockfill unit weight [kN/m³]	25.00
Porosity of gabions [%]	30.00
Geotextile in the backfill	Yes
Friction reduction [%]	5.00
Geotextile on the base	No
Friction reduction [%]	0.00

**Backfill soil data**

Inclination of Stretch 1 [°]	0.00
Length of stretch 1 [m]	20.00
Inclination of Stretch 2 [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m³]	18.00
Soil friction angle [°]	30.00
Soil cohesion [kN/m²]	0.00

Layer	Initial height [m]	Incl. angle deg	Unit weight [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle [deg]
1	0.00	60.00	20.00	5.00	24.00

**Foundation data**

Top surface height [m]	0.50
Top surface init. length [m]	0.00
Top surface incl. angle [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m³]	18.00
Soil friction angle [°]	24.00
Soil cohesion [kN/m²]	15.00
Foundation allowable pressure [kN/m²]	480.00
Water table height [m]	1.00

Layer	Depth [m]	Unit weight [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle [deg]
-------	-----------	---------------------	------------------	----------------------

**Loads data**

**Distributed loads on backfill**

First stretch [kN/m²]	q1	20.00
Second stretch [kN/m²]	q2	20.00

**Distributed loads on wall**

Load [kN/m²]	
--------------	--

**Line loads on backfill**

Load 1 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

Load 2 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

Load 3 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

**Line load on wall**

Load [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

**Phreatic surface data**

Initial height [m]	0.00
Inclination of the 1st stretch [°]	0.00
Length of the 1st stretch [m]	0.00
Inclination of the 2nd stretch [°]	0.00
Length of the 2nd stretch [m]	0.00

**Seismic action data**

Horizontal coefficient	
Vertical coefficient	

**Product**

Ambient	Low Aggressive
---------	----------------

Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410


argem esquerda)

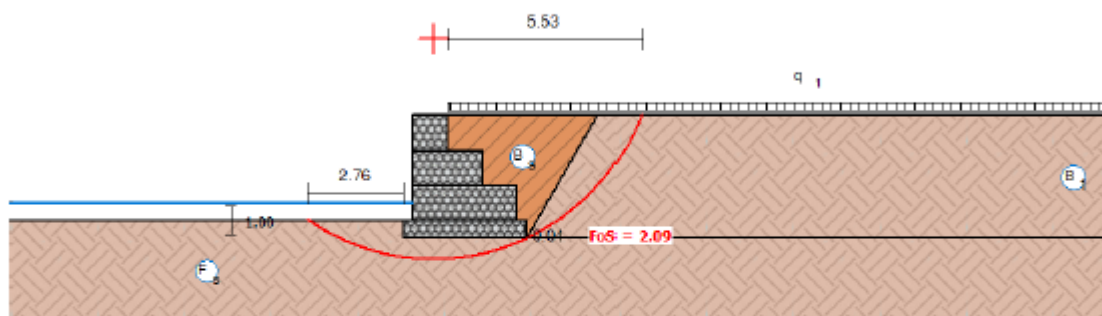




## ● Results

### ULS Ultimate Limit State

#### Wall Design



### Stability Analysis Results

#### Active and Passive Thrust

Active Thrust [kN/m]	121.87
Point of application ref. to X axis [m]	2.62
Point of application ref. to Y axis [m]	1.37
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	61.24
Passive Thrust [kN/m]	13.05
Point of application ref. to X axis [m]	0.00
Point of application ref. to Y axis [m]	0.24
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	0.00

#### Sliding

Normal force on the base [kN/m]	230.19
Point of application ref. to X axis [m]	1.63
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Tangential active force [kN/m]	58.64
Tangential resistance force [kN/m]	141.79
Sliding check	2.42

#### Overturning

Overturning Moment [kN/m x m]	80.54
Restoring Moment [kN/m x m]	455.23
Overturning check	5.65

#### Stresses Acting on Foundation

Eccentricity	0.12
Normal stress on outer border [kN/m²]	79.55
Normal stress on inner border [kN/m²]	51.98
Ultimate stress on foundation [kN/m²]	480.00
Stress on foundation (Toe) check	6.03
Stress on foundation (Heel) check	9.23

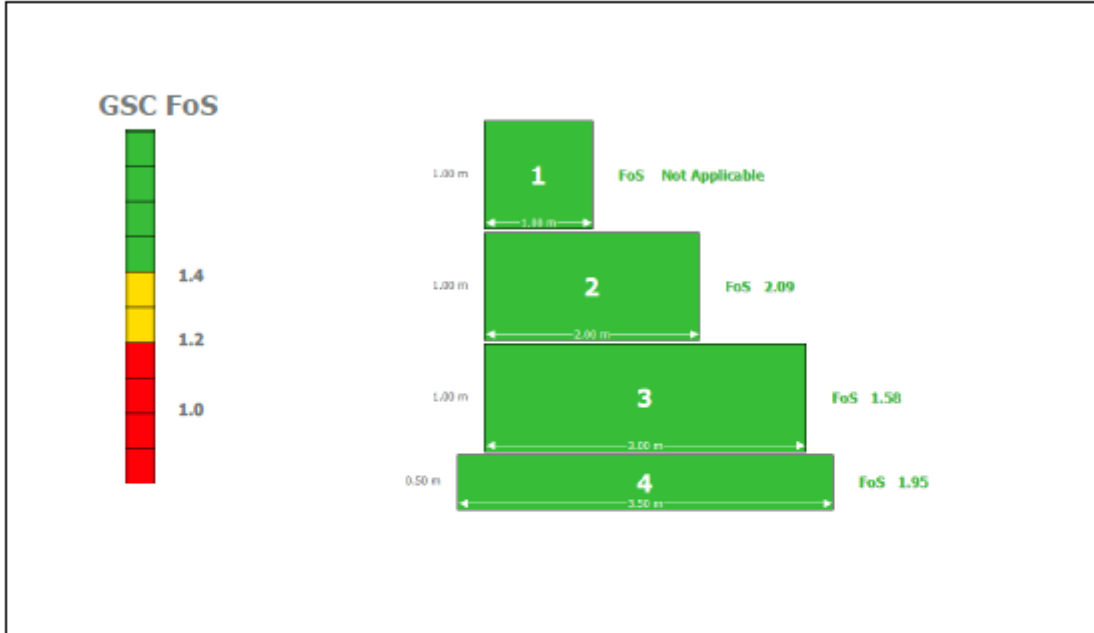
#### Global Stability | Bishop

Center of the arch referred to X axis [m]	0.85
Center of the arch referred to Y axis [m]	5.71
Overall Stability Check	2.09

## ● Results

### SLS Serviceability Limit State

Gabion Serviceability Coefficient



### ULS Ultimate Limit State

External stability

Overturning check

FoS 5.65

Sliding check

FoS 2.42

Stress on foundation (Toe) Check Stress on foundation (Heel) Check

FoS 6.03

FoS 9.23

Global

Global Stability Check

FoS 2.09

Internal stability

Layer	H (m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN/m x m)	$\tau_{Max}$ (kN/m)	$\tau_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ FoS	$\sigma_{Max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{All}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma$ FoS
1	1.00	20.02	4.65	9.49	4.65	34.24	7.36	21.13	580.79	27.49
2	2.00	86.33	23.63	76.50	11.82	57.39	4.86	48.72	580.79	11.92
3	3.00	188.20	46.08	252.35	15.36	76.95	5.01	70.18	580.79	8.28

- Muro gabião – seção S1-MD (Margem direita)

## ● Input

### Wall data

Wall batter [°]	0.00
Rockfill unit weight [kN/m³]	25.00
Porosity of gabions [%]	30.00
Geotextile in the backfill	Yes
Friction reduction [%]	5.00
Geotextile on the base	No
Friction reduction [%]	0.00

### Backfill soil data

Inclination of Stretch 1 [°]	25.00
Length of stretch 1 [m]	5.00
Inclination of Stretch 2 [°]	20.00
Soil unit weight [kN/m³]	18.00
Soil friction angle [°]	30.00
Soil cohesion [kN/m²]	0.00

Layer	Initial height [m]	Incl. angle deg	Unit weight [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle [deg]
1	0.00	60.00	18.00	10.00	24.00

### Foundation data

Top surface height [m]	1.00
Top surface init. length [m]	0.00
Top surface incl. angle [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m³]	18.00
Soil friction angle [°]	24.00
Soil cohesion [kN/m²]	15.00
Foundation allowable pressure [kN/m²]	480.00
Water table height [m]	1.00

Layer	Depth [m]	Unit weight [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle [deg]
-------	-----------	---------------------	------------------	----------------------

### Loads data

#### Distributed loads on backfill

First stretch [kN/m²]	q1	10.00
Second stretch [kN/m²]	q2	20.00

#### Distributed loads on wall

Load [kN/m²]	
--------------	--

#### Line loads on backfill

Load 1 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	
Load 2 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	
Load 3 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

#### Line load on wall

Load [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

### Phreatic surface data

Initial height [m]	0.00
Inclination of the 1st stretch [°]	0.00
Length of the 1st stretch [m]	0.00
Inclination of the 2nd stretch [°]	0.00
Length of the 2nd stretch [m]	0.00

### Seismic action data

Horizontal coefficient	
Vertical coefficient	

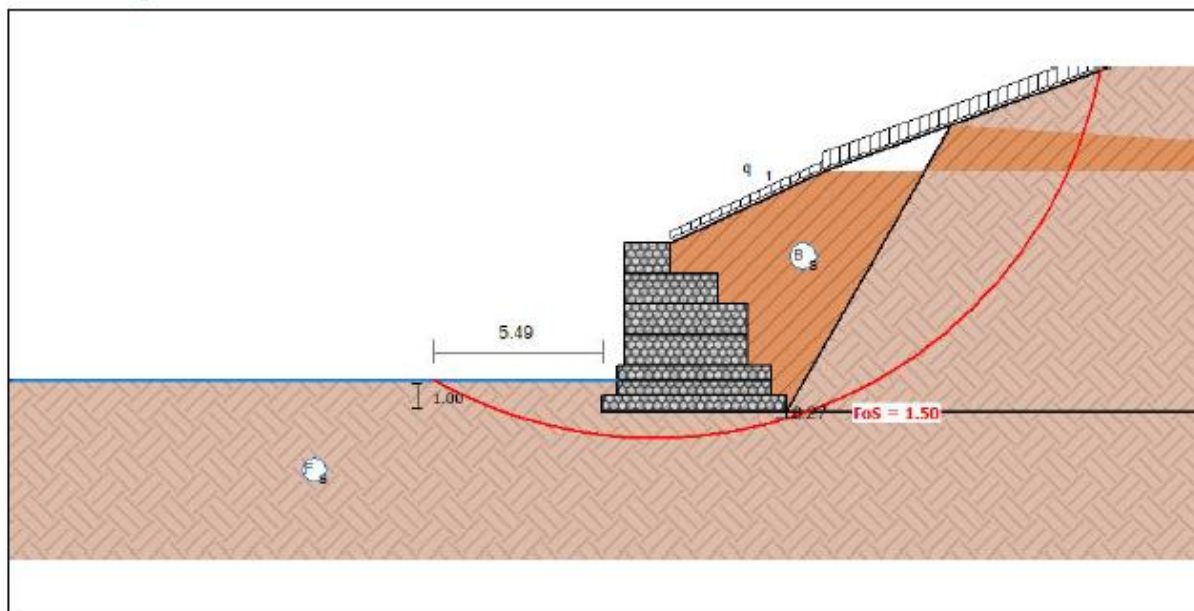
### Product

Ambient	Low Aggressive
---------	----------------

Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410

## ● Results

### ULS Ultimate Limit State Wall Design



### Stability Analysis Results

#### Active and Passive Thrust

Active Thrust [kN/m]	421.41
Point of application ref. to X axis [m]	4.71
Point of application ref. to Y axis [m]	1.89
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	62.79
Passive Thrust [kN/m]	29.12
Point of application ref. to X axis [m]	0.00
Point of application ref. to Y axis [m]	0.47
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	0.00

#### Sliding

Normal force on the base [kN/m]	694.63
Point of application ref. to X axis [m]	3.21
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Tangential active force [kN/m]	192.71
Tangential resistance force [kN/m]	383.39
Sliding check	1.99

#### Overturning

Overturning Moment [kN/m x m]	364.45
Restoring Moment [kN/m x m]	2596.75
Overturning check	7.13

#### Stresses Acting on Foundation

Eccentricity	-0.21
Normal stress on outer border [kN/m <sup>2</sup> ]	91.04
Normal stress on inner border [kN/m <sup>2</sup> ]	140.51
Ultimate stress on foundation [kN/m <sup>2</sup> ]	480.00
Stress on foundation (Toe) check	5.27
Stress on foundation (Heel) check	3.42

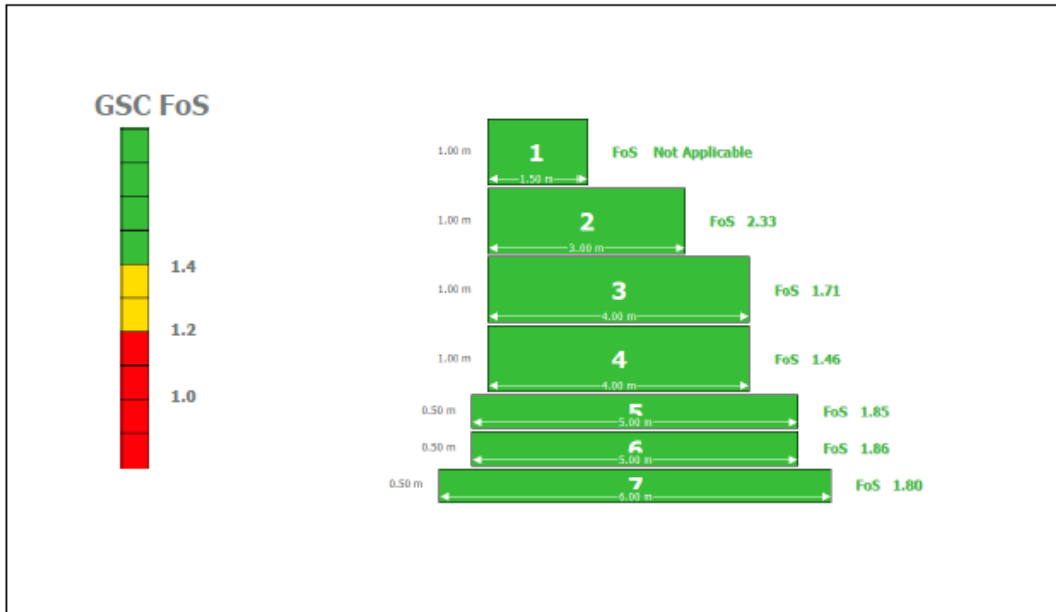
#### Global Stability | Bishop

Center of the arch referred to X axis [m]	1.75
Center of the arch referred to Y axis [m]	13.90
Overall Stability Check	1.50

## ● Results

### SLS Serviceability Limit State

Gabion Serviceability Coefficient



### ULS Ultimate Limit State

External stability

Overturning check

FoS 7.13

Sliding check

FoS 1.99

Stress on foundation (Toe) Check

FoS 5.27

Stress on foundation (Heel) Check

FoS 3.42

Global

Global Stability Check

FoS 1.50

Internal stability

Layer	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	$\tau_{Max}$ [kN/m]	$\tau_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau_{FoS}$	$\sigma_{Max}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{FoS}$
1	1.00	31.04	8.81	23.12	5.88	34.91	5.94	20.83	580.79	27.88
2	2.00	168.70	41.24	275.14	13.75	70.45	5.12	51.72	580.79	11.23
3	3.00	350.16	81.87	742.37	20.47	101.76	4.97	82.58	580.79	7.03
4	4.00	417.27	127.14	782.43	31.78	118.54	3.73	111.26	580.79	5.22
5	4.50	569.21	154.19	1473.14	30.84	136.89	4.44	109.97	580.79	5.28
6	5.00	600.47	178.88	1488.32	35.78	143.14	4.00	121.13	580.79	4.79

- Muro gabião – seção S6-MD (Margem esquerda)

## ● Input

### Wall data

Wall batter [°]	0.00
Rockfill unit weight [kN/m³]	25.00
Porosity of gabions [%]	30.00
Geotextile in the backfill	Yes
Friction reduction [%]	5.00
Geotextile on the base	No
Friction reduction [%]	0.00

### Backfill soil data

Inclination of Stretch 1 [°]	10.00
Length of stretch 1 [m]	20.00
Inclination of Stretch 2 [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m³]	18.00
Soil friction angle [°]	30.00
Soil cohesion [kN/m²]	0.00

Layer	Initial height [m]	Incl. angle deg	Unit weight [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle [deg]
1	0.00	60.00	18.00	5.00	24.00

### Foundation data

Top surface height [m]	0.50
Top surface init. length [m]	0.00
Top surface incl. angle [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m³]	18.00
Soil friction angle [°]	24.00
Soil cohesion [kN/m²]	15.00
Foundation allowable pressure [kN/m²]	480.00
Water table height [m]	1.00

Layer	Depth [m]	Unit weight [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle [deg]
-------	-----------	---------------------	------------------	----------------------

### Loads data

#### Distributed loads on backfill

First stretch [kN/m²]	q1	20.00
Second stretch [kN/m²]	q2	20.00

#### Distributed loads on wall

Load [kN/m²]	
--------------	--

#### Line loads on backfill

Load 1 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

Load 2 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

Load 3 [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

#### Line load on wall

Load [kN/m]	
Distance from wall face [m]	

### Phreatic surface data

Initial height [m]	0.00
Inclination of the 1st stretch [°]	0.00
Length of the 1st stretch [m]	0.00
Inclination of the 2nd stretch [°]	0.00
Length of the 2nd stretch [m]	0.00

### Seismic action data

Horizontal coefficient	
Vertical coefficient	

### Product

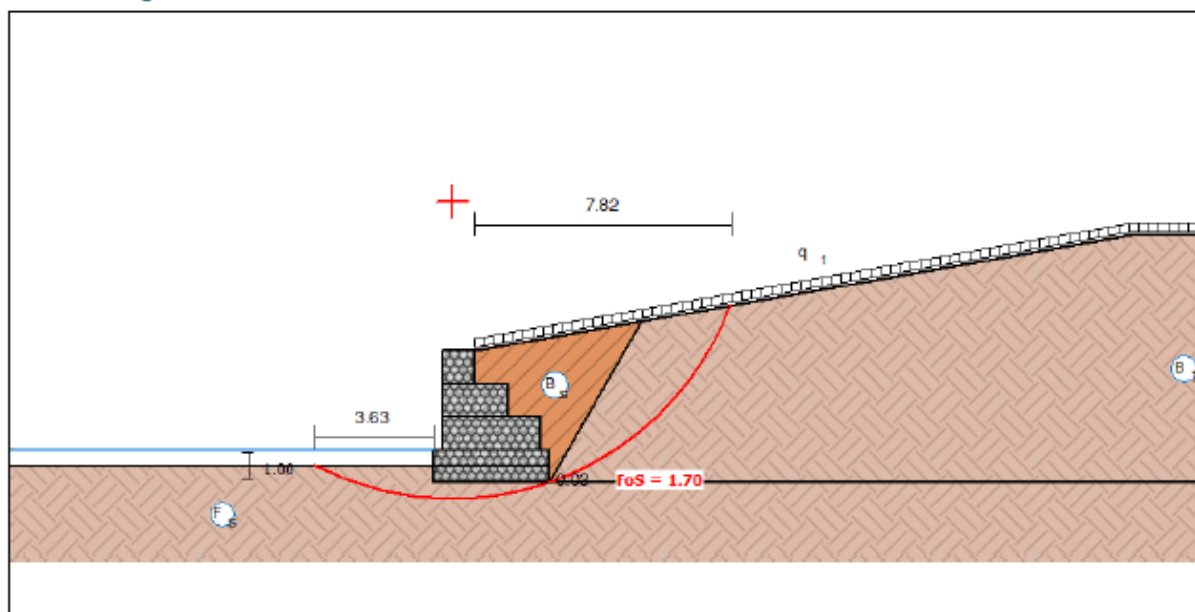
Ambient	Low Aggressive
---------	----------------

Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410

## ● Results

### ULS Ultimate Limit State

#### Wall Design



### Stability Analysis Results

#### Active and Passive Thrust

Active Thrust [kN/m]	164.22
Point of application ref. to X axis [m]	2.64
Point of application ref. to Y axis [m]	1.53
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	57.86
Passive Thrust [kN/m]	13.05
Point of application ref. to X axis [m]	0.00
Point of application ref. to Y axis [m]	0.24
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	0.00

#### Sliding

Normal force on the base [kN/m]	282.71
Point of application ref. to X axis [m]	1.54
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Tangential active force [kN/m]	87.37
Tangential resistance force [kN/m]	165.17
Sliding check	1.89

#### Overturning

Overturning Moment [kN/m x m]	134.05
Restoring Moment [kN/m x m]	569.31
Overturning check	4.25

#### Stresses Acting on Foundation

Eccentricity	0.21
Normal stress on outer border [kN/m <sup>2</sup> ]	109.90
Normal stress on inner border [kN/m <sup>2</sup> ]	51.64
Ultimate stress on foundation [kN/m <sup>2</sup> ]	480.00
Stress on foundation (Toe) check	4.37
Stress on foundation (Heel) check	9.29

#### Global Stability | Bishop

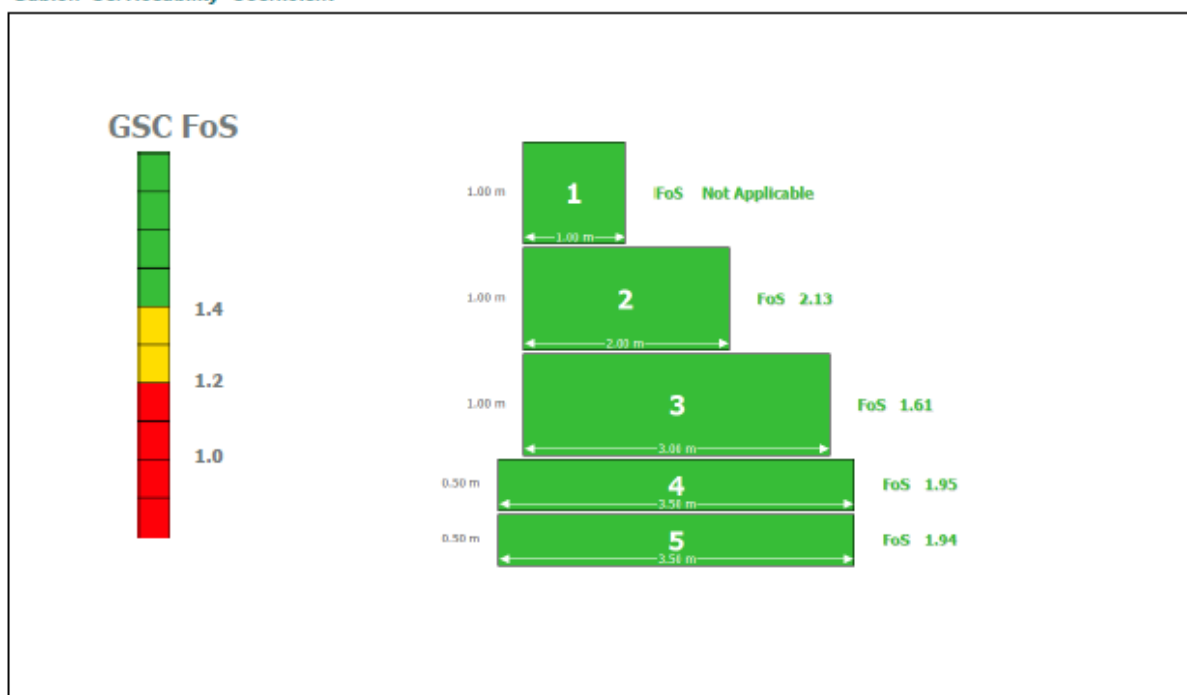
Center of the arch referred to X axis [m]	0.56
Center of the arch referred to Y axis [m]	8.57
Overall Stability Check	1.70



## ● Results

### SLS Serviceability Limit State

Gabion Serviceability Coefficient



### ULS Ultimate Limit State

External stability

Overtuning check

**FoS 4.25**

Sliding check

**FoS 1.89**

Stress on foundation (Toe) Check Stress on foundation (Heel) Check

**FoS 4.37**

**FoS 9.29**

Global

Global Stability Check

**FoS 1.70**

Internal stability

Layer	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	$\tau_{Max}$ [kN/m]	$\tau_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau$ FoS	$\sigma_{Max}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{All}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma$ FoS
1	1.00	20.25	5.07	9.54	5.07	34.47	<b>6.80</b>	21.49	580.79	<b>27.03</b>
2	2.00	89.23	25.66	79.90	12.83	58.84	<b>4.59</b>	49.83	580.79	<b>11.66</b>
3	3.00	204.61	52.54	277.14	17.51	82.42	<b>4.71</b>	75.53	580.79	<b>7.69</b>
4	3.50	254.45	69.73	423.50	19.92	95.75	<b>4.81</b>	76.44	580.79	<b>7.60</b>



## 5 DIMENSIONAMENTO DO COLCHÃO RENO DO FUNDO

Para a verificação do revestimento em Colchão Reno será adotada a especificação seguinte: Colchão Reno, em malha hexagonal de dupla torção 6x8 produzida com arame de diâmetro 2,00 mm (por estar sempre em contato com a água o revestimento será Galfan® + PVC), com espessura de 0,17m, com pedras de preenchimento nas dimensões entre 70 a 100 mm,  $d_{50}=85$  mm,  $d_{90} = 95$  mm.

A verificação do revestimento será realizada pelos métodos da velocidade crítica e tensão crítica.

### a) DIMENSIONAMENTO PELO CRITÉRIO DA VELOCIDADE CRÍTICA:

- Coeficiente de rugosidade é igual a:

$$n = \frac{d_{90}^{1/6}}{26} = \frac{(0,095)^{1/6}}{26} = 0,0260$$

- A velocidade do escoamento, em função da vazão de projeto é:

$$V = 2,28 \text{ m/s}$$

- O número de Froude vale:

$$Fr = 0,72$$

Logo o fluxo encontra-se na condição subcrítica.

- A partir do gráfico da Figura 6, encontra-se a velocidade crítica. Assim, temos:

$$Fr < 1,5 \text{ e } d_{50} = 0,085 \text{ m, então } V_{\text{crítica}} = 4 \text{ m/s.}$$

Desta forma, o revestimento é estável, pelo critério da velocidade crítica.

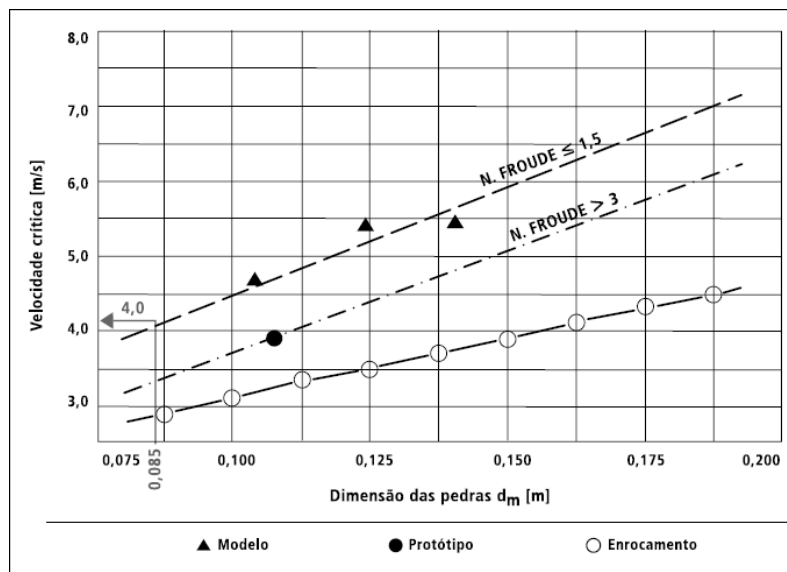


Figura 6 - Velocidade crítica em função das dimensões das pedras (Macaferri).

b) DIMENSIONAMENTO PELO CRITÉRIO DA TENSÃO CRÍTICA:

- A tensão de arraste solicitante no fundo do canal é:

$$\tau_{máx,f} = \gamma \cdot R_H \cdot S_0 = 1000 \times 0,79 \times 0,005 = 39,5 \text{ N/m}^2$$

- A tensão de arraste crítica ou limite é:

$$\tau_{lim,f} = 0,10 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_{50} = 0,10 \cdot (24000 - 10000) \cdot 0,085 = 119 \text{ N/m}^2$$

- Como:  $\tau_{máx,f} < \tau_{lim,f}$ , o revestimento também é estável pelo critério de tensão crítica.

c) VERIFICAÇÃO DA VELOCIDADE ABAIXO DO COLCHÃO RENO:

- A velocidade por baixo do Colchão Reno é calculada pela seguinte fórmula:

$$Vb = \frac{1}{n_f} \cdot \left( \frac{d_{50}}{2} \right)^{2/3} \cdot i^{1/2} = \frac{1}{0,0277} \cdot \left( \frac{0,085}{2} \right)^{2/3} \cdot (0,005)^{1/2} = 0,31 \text{ m/s}$$

A partir do gráfico da Figura 7, é possível perceber que a velocidade na base do colchão,  $V_b = 0,31$  m/s é menor que a velocidade máxima admissível para o solo de fundo. Sendo assim, não é necessário utilizar filtro abaixo do Colchão Reno.

Entretanto, como o Colchão Reno possui troca livre de fluxo entre o interior e o exterior do canal, é interessante se prever a execução de um geotêxtil com função de separação, para evitar o carreamento de finos para o interior do canal.

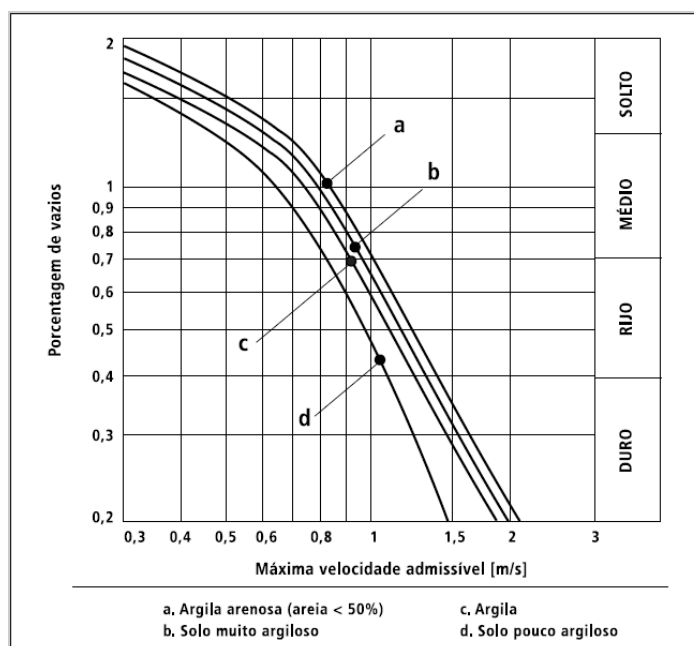


Figura 7 - Valores de máximas velocidades admissíveis para solos coesivos (Macaferri).



CONTRATO 226/2021  
AS N°076/2024

**MUNICÍPIO DE MUQUI  
DISTRITO SEDE**

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

**VOLUME IV – PROJETO GEOTÉCNICO**

**TOMO B – DESENHOS**

**GANEM**  
Engenharia Ltda

MAIO/2025

## 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 de cálculo do projeto geotécnico 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.
- Volume III – Projeto Estrutural:
  - Tomo A – Memorial Descritivo e de Cálculo (C-092-000-00-4-MC-0002);
  - Tomo B – Desenhos.
- Volume IV – Projeto Geotécnico:
  - Tomo A – Memorial de Cálculo (C-092-000-10-4-MC-0003);
  - Tomo B – Desenhos.
  - Tomo C - Relatório Técnico (C-092-000-10-4-RT-0001)
- Volume V – Orçamento (C-092-000-10-0-OR-0002):
  - Planilha Orçamentária (C-092-000-10-0-PL-0002)

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

Número da CESAN		Referência do Desenho
01	C-092-000-10-4-XX-0023	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Planta de Implantação da CONTENÇÃO
02	C-092-000-10-4-XX-0024	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Perfil Longitudinal X Vista Frontal - Margem Direita
03	C-092-000-10-4-XX-0025	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Perfil Longitudinal X Vista Frontal - Margem Esquerda
04	C-092-000-10-4-XX-0026	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Seções Transversais
05	C-092-000-10-4-XX-0027	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Gabiões - Cortes
06	C-092-000-10-4-XX-0028	Melhorias no Sistema de Abastecimento de Água de Muqui - Nova Captação - Projeto Geotécnico - CONTENÇÃO de Margem do Rio - Especificações e Detalhes Executivos dos Gabiões/Colchões Reno

## DESENHOS