

## **ANEXO B**

### **PROJETO DO DEPÓSITO PILHA DE MAGNETITA DESAGUADA (PDM-2)**



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

PÁGINA

**2/185**

REV.

**0****ÍNDICE**

<b><u>ITEM</u></b>	<b><u>DESCRIÇÃO</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CRITÉRIOS DE PROJETO</b>	<b>5</b>
3.1	NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA	5
3.2	SOFTWARES UTILIZADOS	5
3.3	PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	5
<b>4</b>	<b>CARREGAMENTOS</b>	<b>6</b>
4.1	PESO PRÓPRIO	6
4.2	EMPUXO E PESO DA ÁGUA	6
4.3	EMPUXO E PESO DO SOLO	6
4.4	VEÍCULOS	6
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO</b>	<b>7</b>
5.1	CP-01 TRECHO LISO (150X100) = CP-05	7
5.2	CP-01 TRECHO EM DEGRAU (150X100+50) = CP-05	15
5.3	CP-01 TRECHO LISO (200X150) = CP-02	23
5.4	CP-01 TRECHO TRAVESSIA (200X150) = CP-02	31
5.5	CP-02 TRECHO EM DEGRAU (200X150+50)	40
5.6	CP-03 TRECHO LISO (100X150)	49
5.7	CP-04 TRECHO LISO (1000X200)	57
5.8	CP-04 GALERIA TRIPLA	68
5.9	CP-05 TRECHO LISO (100X100)	83
5.10	CP-05 TRECHO EM DEGRAU (100X100+50)	91
5.11	CPP-01 TRECHO LISO (200X200)	99
5.12	CPP-01 TRECHO EM DEGRAU (200X200+50)	108
5.13	DD-01 TRECHO LISO (100X100) = DD-02 = DD-03 = DD-04 = DD-05 = DD-06 = DAP-01 117	
5.14	DD-01 TRECHO TRAVESSIA (100X100) = DD-02 = DD-03 = DD-04 = DD-05 = DD-06 = DAP-01	125



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT**

<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	PÁGINA
	-	<b>3/185</b>
	Nº WALM	REV.
	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>0</b>

5.15	DD-01 TRECHO EM DEGRAU (100X100+50) = DD-02 = DD-03 = DD-04 = DD-05 = DD-06 = DAP-01	133
5.16	EXTRAVASOR 1 (250X160)	141
5.17	EXTRAVASOR 2 (200X170)	150
5.18	CB (70X70) = CB(50X50) = CR(50X50)	158
5.19	CX-02 (280X160/160) = CX-01 = CX-03 = CX-04 = CX-05	166
5.20	CX-07 (220X160/160) = CX-06	175



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**4/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.


**0**

## 1 INTRODUÇÃO

Este documento tem como objetivo apresentar a memória de cálculo do dimensionamento das estruturas de concreto referentes ao Projeto Detalhado do Complexo de Mineração de Tapira-CMT, no município de Tapira, Minas Gerais, de propriedade da Mosaic.

## 2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Documento	Descrição
WA02821014-1-GT-DES-0044	CP-01- PLANTA E PERFIL FL.1/2
WA02821014-1-GT-DES-0045	CP-01- PLANTA E PERFIL FL.2/2
WA02821014-1-GT-DES-0046	CP-01- SEÇÕES FL.1/3
WA02821014-1-GT-DES-0047	CP-01- SEÇÕES FL.2/3
WA02821014-1-GT-DES-0048	CP-01- SEÇÕES FL.3/3
WA02821014-1-GT-DES-0053	CP-02- PLANTA E PERFIL FL.1/2
WA02821014-1-GT-DES-0054	CP-02- PLANTA E PERFIL FL.2/2
WA02821014-1-GT-DES-0055	CP-02- SEÇÕES FL.1/2
WA02821014-1-GT-DES-0056	CP-02- SEÇÕES FL.2/2
WA02821014-1-GT-DES-0057	CP-03 E DD-06- PLANTA E PERFIL
WA02821014-1-GT-DES-0058	CP-03 E DD-06 - SEÇÕES
WA02821014-1-GT-DES-0065	CP-04 PLANTA E PERFIL FL.1/2
WA02821014-1-GT-DES-0066	CP-04- PLANTA E PERFIL FL.2/2
WA02821014-1-GT-DES-0067	CP-04- SEÇÕES FL.1/3
WA02821014-1-GT-DES-0068	CP-04- SEÇÕES FL.2/3
WA02821014-1-GT-DES-0069	CP-04- SEÇÕES FL.3/3
WA02821014-1-GT-DES-0109	CP-05- PLANTA E PERFIL FL.1/2
WA02821014-1-GT-DES-0110	CP-05- PLANTA E PERFIL FL.2/2
WA02821014-1-GT-DES-0111	CP-05- SEÇÕES FL.1/2
WA02821014-1-GT-DES-0112	CP-05- SEÇÕES FL.2/2
WA02821014-1-GT-DES-0049	DD-01- PLANTA E PERFIL
WA02821014-1-GT-DES-0050	DD-01 - SEÇÕES
WA02821014-1-GT-DES-0051	DD-02- PLANTA E PERFIL
WA02821014-1-GT-DES-0052	DD-02 - SEÇÕES
WA02821014-1-GT-DES-0059	DD-03- PLANTA E PERFIL
WA02821014-1-GT-DES-0060	DD-03 - SEÇÕES
WA02821014-1-GT-DES-0061	DD-04- PLANTA E PERFIL
WA02821014-1-GT-DES-0062	DD-04 - SEÇÕES
WA02821014-1-GT-DES-0063	DD-05- PLANTA E PERFIL
WA02821014-1-GT-DES-0064	DD-05 - SEÇÕES
WA02821014-1-GT-DES-0000	EXTRAVASOR 1

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>5/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

Documento	Descrição
WA02821014-1-GT-DES-0000	EXTRAVASOR 2
WA02821014-1-GT-DES-0000	CPP-01
WA02821014-1-GT-DES-0000	DAP-01

### 3 CRITÉRIOS DE PROJETO

#### 3.1 NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA

- NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6122:2019 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 14931:2004 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

#### 3.2 SOFTWARES UTILIZADOS

- Cypecad;

#### 3.3 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

- Concreto

Peso específico:  $\gamma_{conc} = 2,5 \text{ tf/m}^3$

Resistência característica à compressão:  $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

Fator água-cimento:  $A/C \leq 0,55$

Coefficiente de majoração dos esforços: 1,4

Módulo de elasticidade secante:  $E_{cs} = 26.991 \text{ MPa}$

Classe de agressividade ambiental: III – Industrial

Cobrimento da armadura: 4 cm

Abertura máxima de fissuras:  $w = 0,3 \text{ mm}$

- Aço convencional

CA-50

Resistência característica à tração:  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$



Coefficiente de minoração de resistência: 1,15

- Aço das telas soldadas

CA-60

Resistência característica à tração:  $f_{yk} = 600 \text{ MPa}$

Coefficiente de minoração de resistência: 1,15

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>6/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

- Solo: Parâmetros considerados

Peso específico:  $\gamma_{\text{solo}} = 1,8 \text{ tf/m}^3$

Ângulo de atrito interno:  $\phi = 23^\circ$

Tensão máxima admissível estimada do terreno:  $\sigma_s \geq 0,2 \text{ MPa}$

Coesão: 0 (a favor da segurança)

- Água

Peso específico:  $\gamma_{\text{água}} = 1,0 \text{ tf/m}^3$

## 4 CARREGAMENTOS

### 4.1 PESO PRÓPRIO

- Calculado automaticamente pelo Cypecad em função das dimensões dos elementos e peso específico do material.

### 4.2 EMPUXO E PESO DA ÁGUA

- No Cypecad, o empuxo é calculado automaticamente após informamos o nível da água no topo da estrutura, e o peso da água é um dado já presente na biblioteca de carregamento do programa.

### 4.3 EMPUXO E PESO DO SOLO

- No Cypecad, o empuxo é calculado automaticamente após informamos os parâmetros e o nível do solo na estrutura, além de possíveis sobrecargas, por exemplo, veículos. Já o peso do solo, onde houver necessidade, é inserido.
- No cálculo das paredes foi considerada a Teoria da Elasticidade para o empuxo em repouso, considerando o solo seco e sem coesão.

### 4.4 VEÍCULOS

- Ao lado dos canais periféricos, foi considerado o tráfego do veículo escavadeira 336 a uma distância mínima de 1m da parede do canal.
- Nas travessias (bermas) foi considerado o tráfego da escavadeira 336.
- No acesso, sobre a galeria ao final do CP-04, foi considerado o tráfego da escavadeira 336.
- Foi considerada a possibilidade do tráfego das escavadeiras no interior do canal CP-04, diretamente na laje de fundo.  
A escavadeira 336 possui peso bruto total de 37.600kg distribuído entre 2 sapatas rolantes conforme imagem a seguir:

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

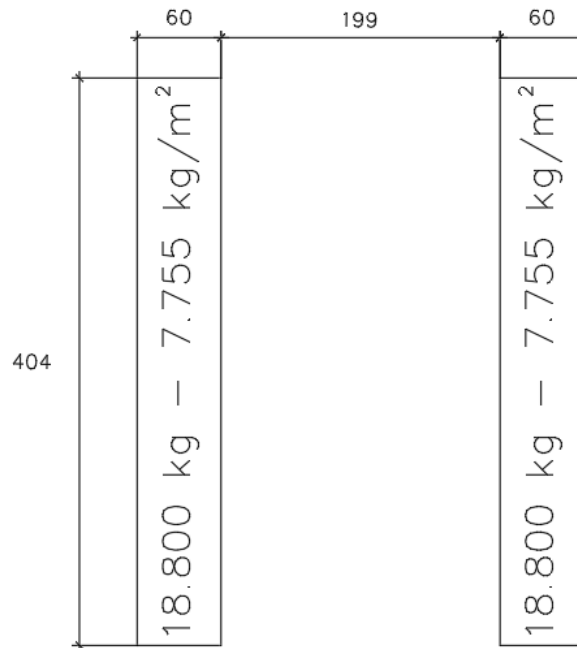
7/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

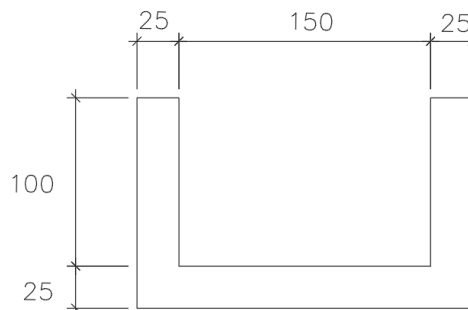
0



## 5 DIMENSIONAMENTO

### 5.1 CP-01 TRECHO LISO (150x100) = CP-05

#### 5.1.1 Seção da estrutura



#### 5.1.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

8/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA
		-	<b>9/185</b>
		Nº WALM	REV.
		<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>0</b>

Tipo de carga :

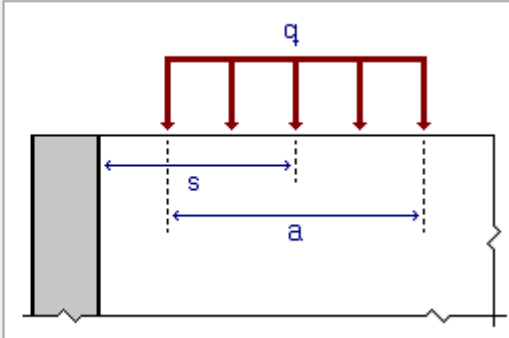
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Com água

Com rocha

Tipo de carga	Cargas
< >	
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m

Parâmetros da água

### 5.1.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

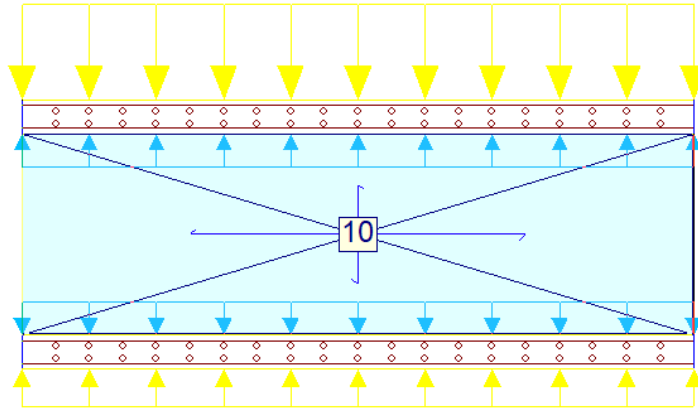
10/185

Nº WALM

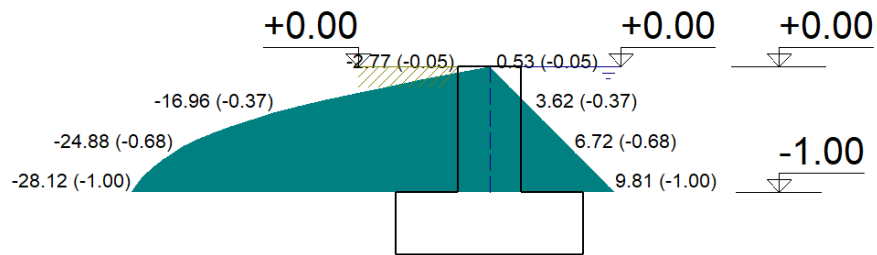
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

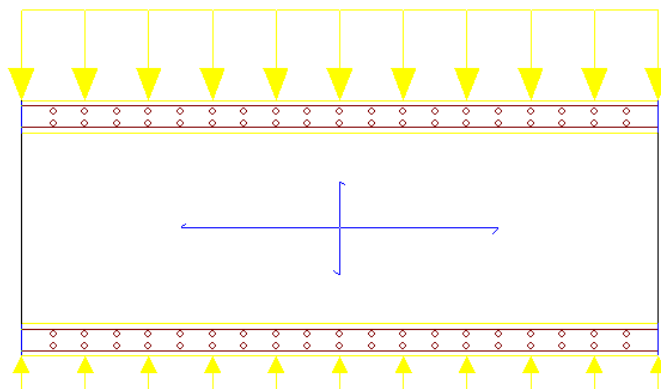
0



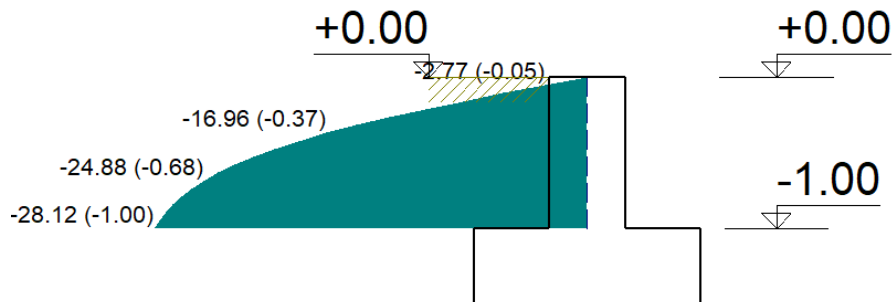
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



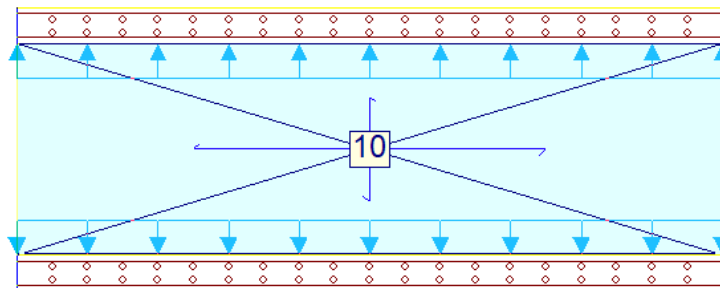
Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



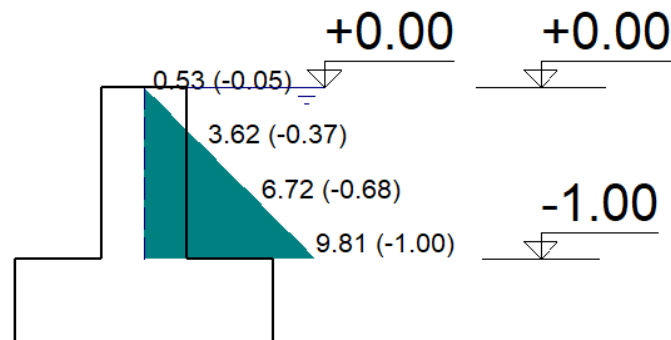
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>



### Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo



### Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>



### 5.1.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,57 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 9,14 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 11,07 kN/m



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>12/185</b> REV. <b>0</b>


- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 2,86 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 14,36 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 0,94 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 5,78 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,35 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,11 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 0,71 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,02 Mpa

#### 5.1.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,4 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 7,56 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,30 kN.m/m
- Cortante Vertical: 20,69 kN/m
- Cortante Horizontal: 2,98 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 1,20 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	105
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,2
Força cortante (kN)	20,69
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	28,966
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	254,02
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>13/185</b> REV. <b>0</b>



### 5.1.6 Resultados para as paredes – Caso 3

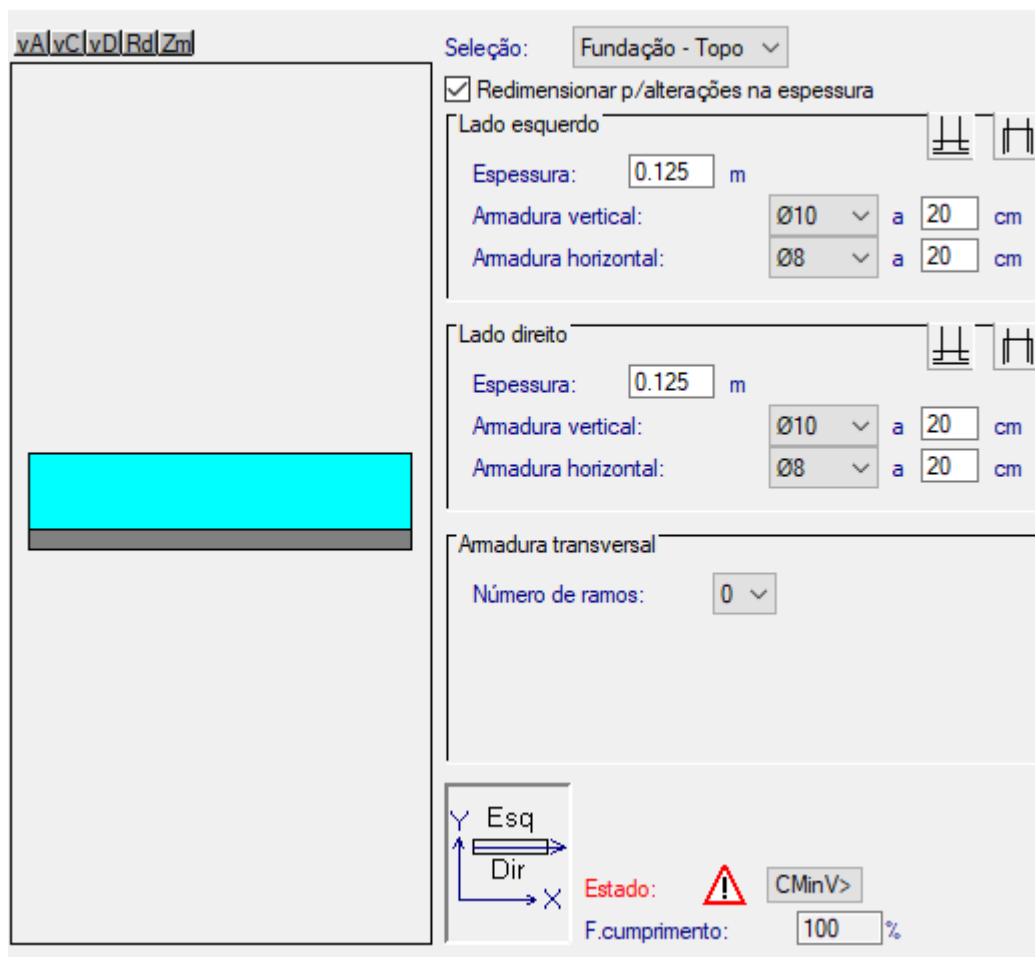
A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,05 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 1,84 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,57 kN.m/m
- Cortante Vertical: 5,31 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,81 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,29 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
f <sub>ck</sub> do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	105
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,29
Força cortante (kN)	5,31
Força cortante majorada de 1,4 (V <sub>Rd1</sub> ) (kN)	7,434
<b>RESULTADOS</b>	
V <sub>Rd1</sub> (kN)	247,79
V <sub>Sd</sub> ≤ V <sub>Rd1</sub>	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>14/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	



Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

15/185

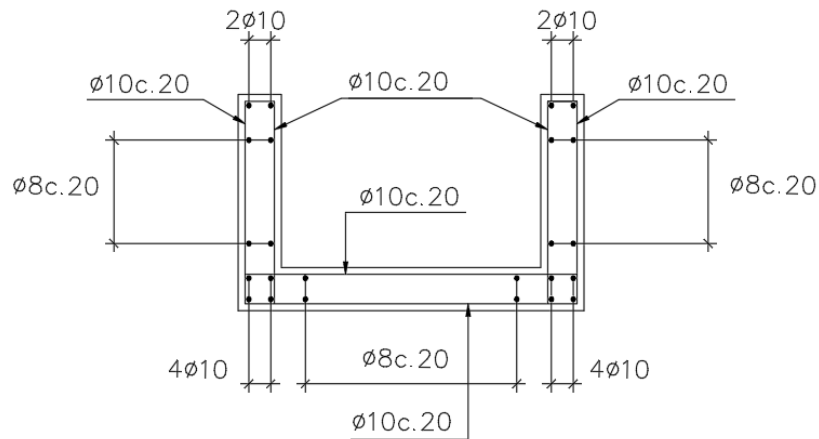
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

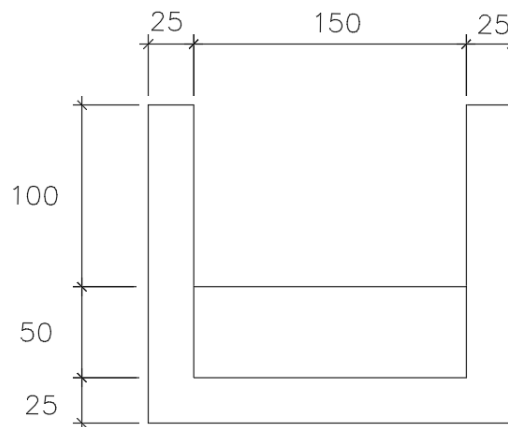
0

### 5.1.7 Croqui de armadura



## 5.2 CP-01 TRECHO EM DEGRAU (150x100+50) = CP-05

### 5.2.1 Seção da estrutura



### 5.2.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

16/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>17/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

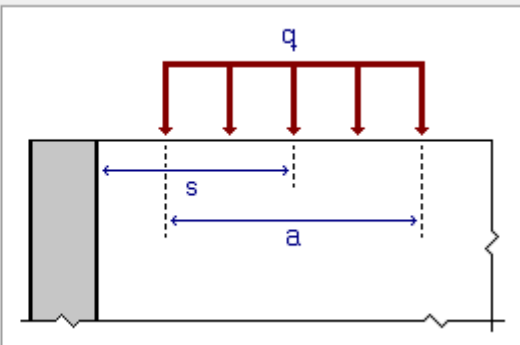
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

- Solo
- Água
- Solo sem veiculo

Hipótese

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Com água

Com rocha

Sobrecarga

Tipo de carga	Cargas
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m

Parâmetros da água

### 5.2.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

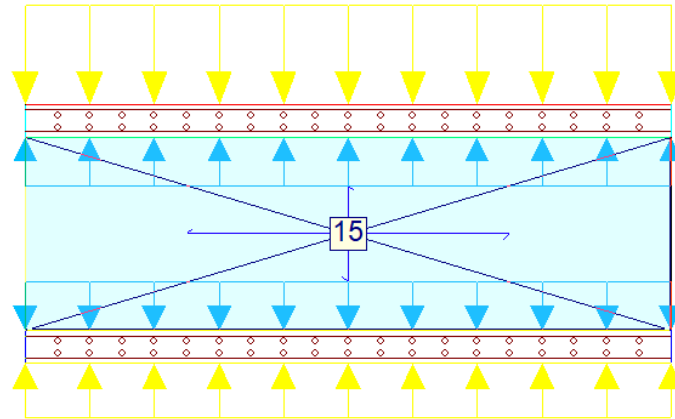
18/185

Nº WALM

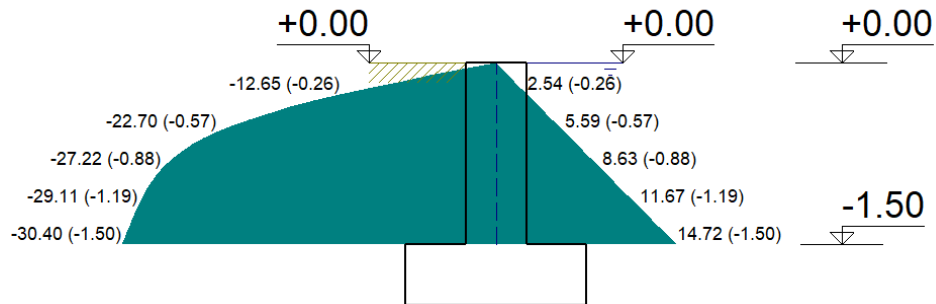
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

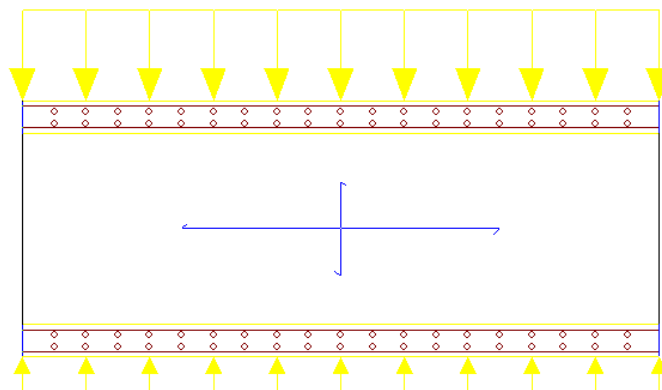
0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

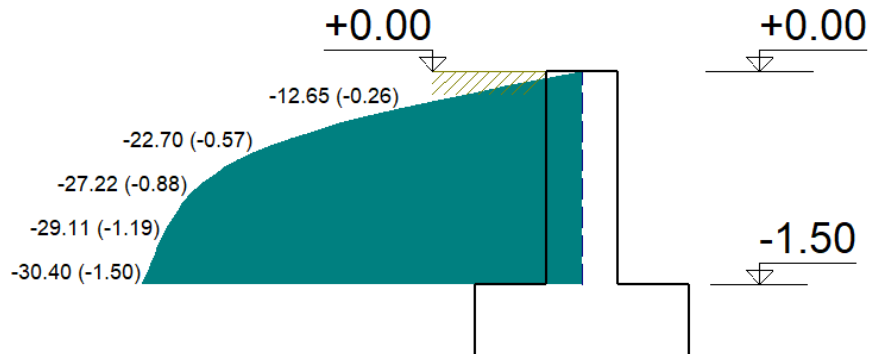
19/185

Nº WALM

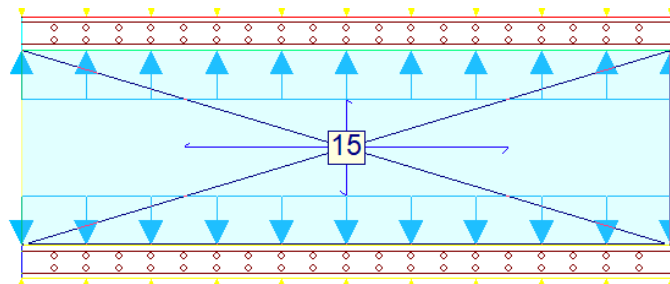
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

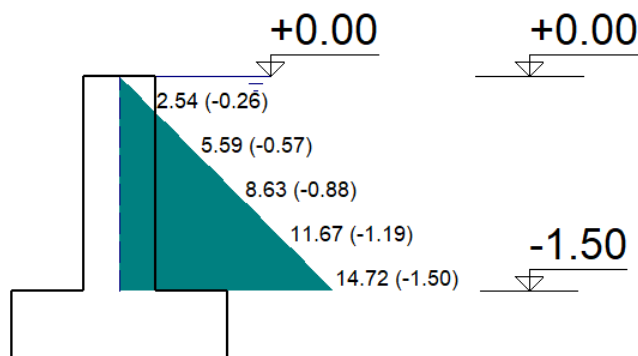
0



### Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo



### Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>





### 5.2.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,92 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 21,16 kN/m



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>20/185</b> REV. <b>0</b>



- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 23,36 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 7,00 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 38,98 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 1,76 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 13,93 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,95 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 4,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,22 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 1,70 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,04 Mpa

### 5.2.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,68 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 23,79 kN.m/m
- Momento Horizontal: 7,52 kN.m/m
- Cortante Vertical: 40,29 kN/m
- Cortante Horizontal: 3,70 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 3,82 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	3,82
Força cortante (kN)	40,29
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	56,406
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	359,41
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC		PÁGINA
		-	<b>21/185</b>
	Nº WALM		REV.
	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>		<b>0</b>

### 5.2.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,29 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 6,72 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,16 kN.m/m
- Cortante Vertical: 12,83 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,99 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 1,06 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
f <sub>ck</sub> do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,06
Força cortante (kN)	12,83
Força cortante majorada de 1,4 (V <sub>Rd1</sub> ) (kN)	17,962
<b>RESULTADOS</b>	
V <sub>Rd1</sub> (kN)	345,23
V <sub>Sd</sub> ≤ V <sub>Rd1</sub>	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

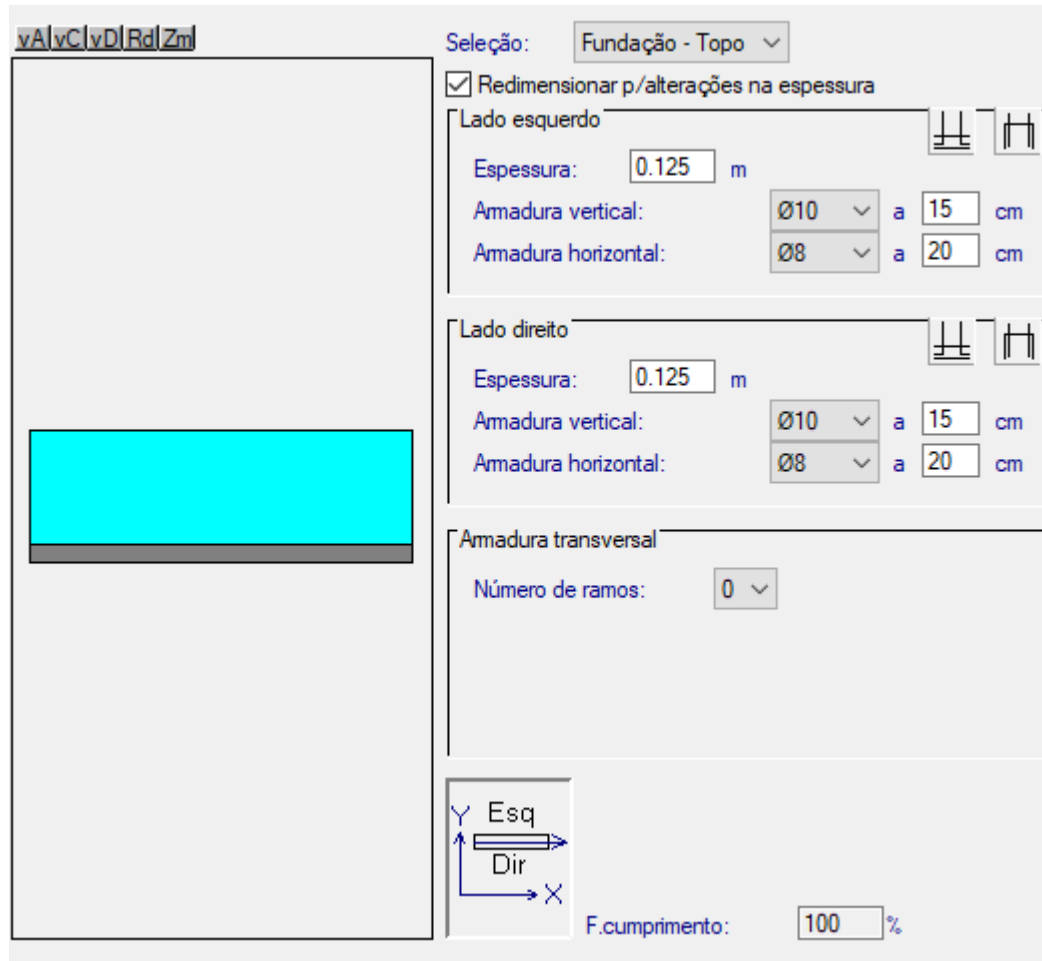
22/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 15 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 15 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Amadura transversal

Número de ramos: 0

F.cumprimento: 100 %

Y Esq  
Dir  
X

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

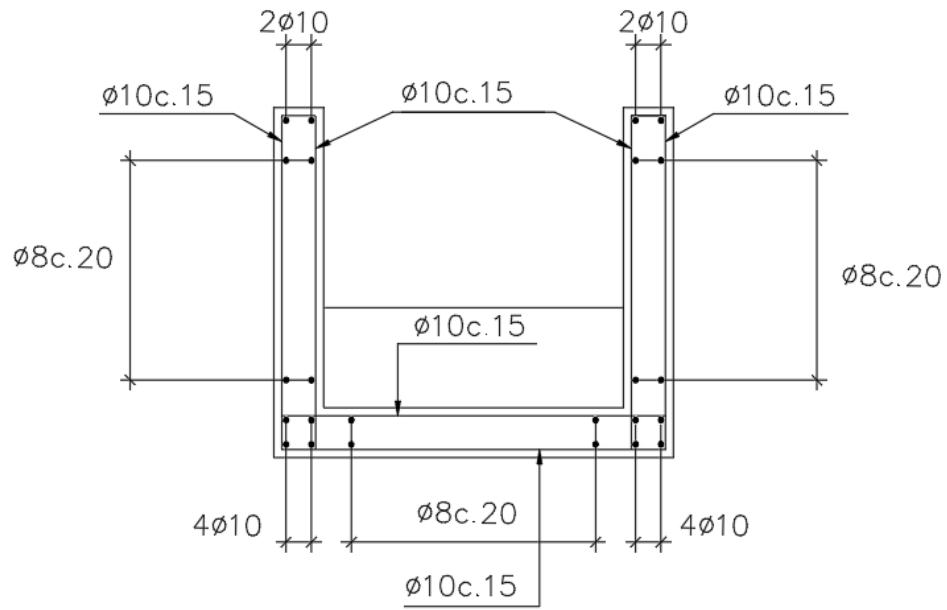
PÁGINA

23/185

REV.

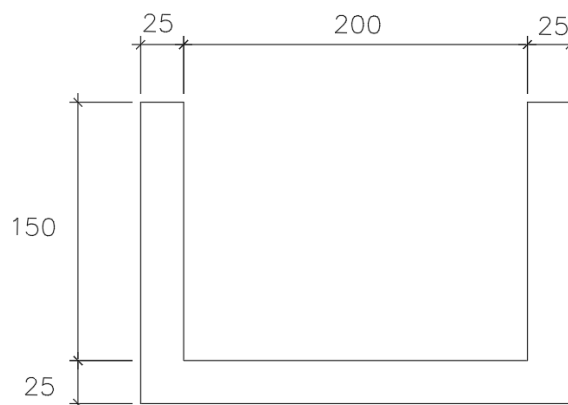
0

### 5.2.7 Croqui de armadura



### 5.3 CP-01 TRECHO LISO (200x150) = CP-02

#### 5.3.1 Seção da estrutura



#### 5.3.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**24/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**



REV.

**0**

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>25/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

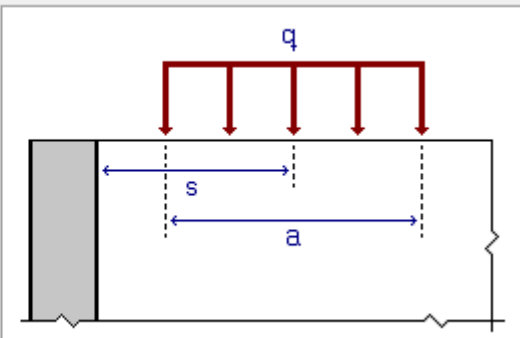
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

- Solo
- Água
- Solo sem veiculo

Hipótese

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Com água

Com rocha

Sobrecarga

Tipo de carga	Cargas
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m

Parâmetros da água

### 5.3.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

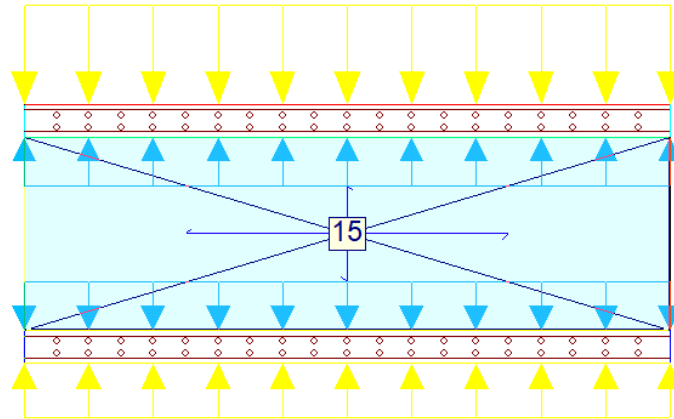
26/185

Nº WALM

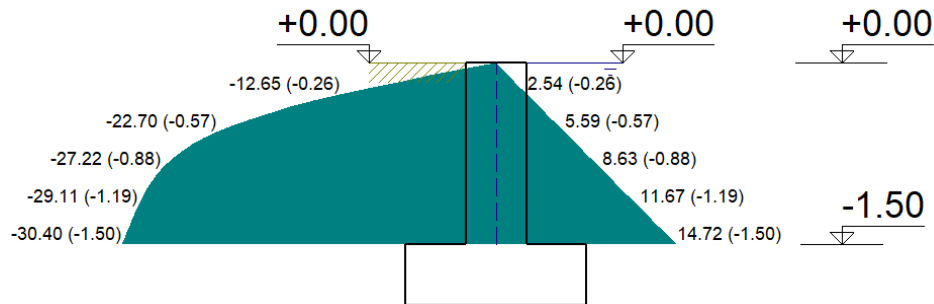
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

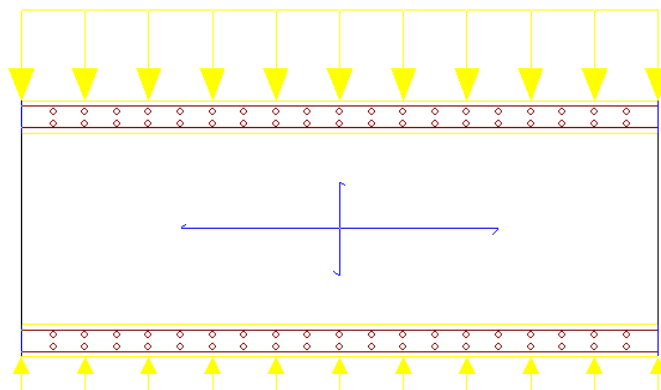
0



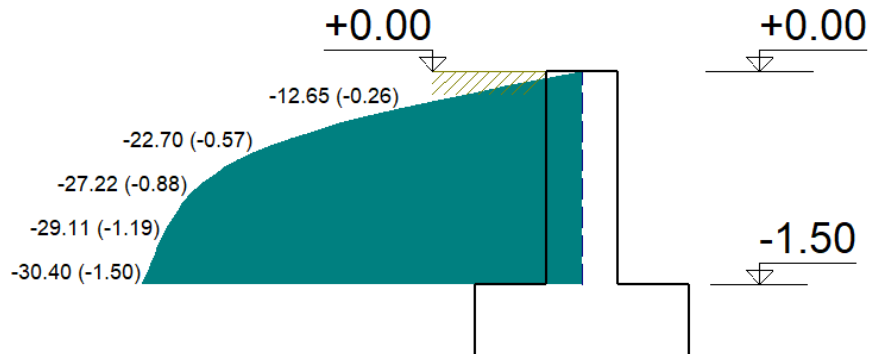
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



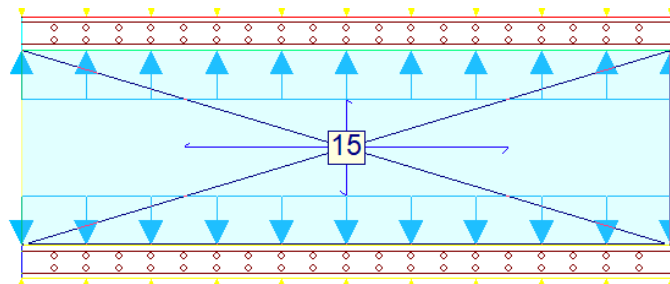
Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



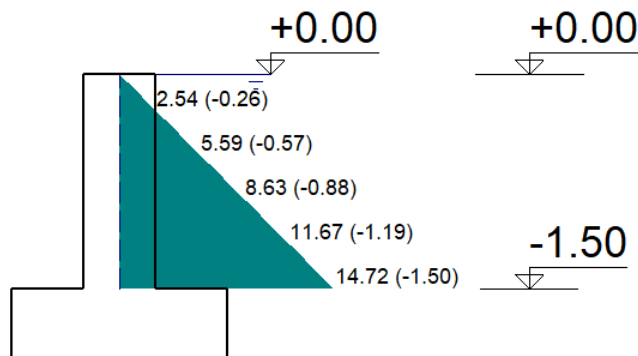
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**



**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



**5.3.4 Resultados para laje de fundo**

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,79 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 21,16 kN/m



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**28/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**

- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 23,36 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 7,00 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 38,98 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 1,76 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 13,93 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,95 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 4,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,22 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 1,70 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,04 Mpa

### 5.3.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,68 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 23,79 kN.m/m
- Momento Horizontal: 7,52 kN.m/m
- Cortante Vertical: 40,29 kN/m
- Cortante Horizontal: 3,70 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 3,82 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	3,82
Força cortante (kN)	40,29
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	56,406
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	359,41
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC		PÁGINA
		-	<b>29/185</b>
	Nº WALM		REV.
	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>		<b>0</b>

### 5.3.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,29 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 6,72 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,16 kN.m/m
- Cortante Vertical: 12,83 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,99 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 1,06 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,06
Força cortante (kN)	12,83
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	17,962
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	345,23
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

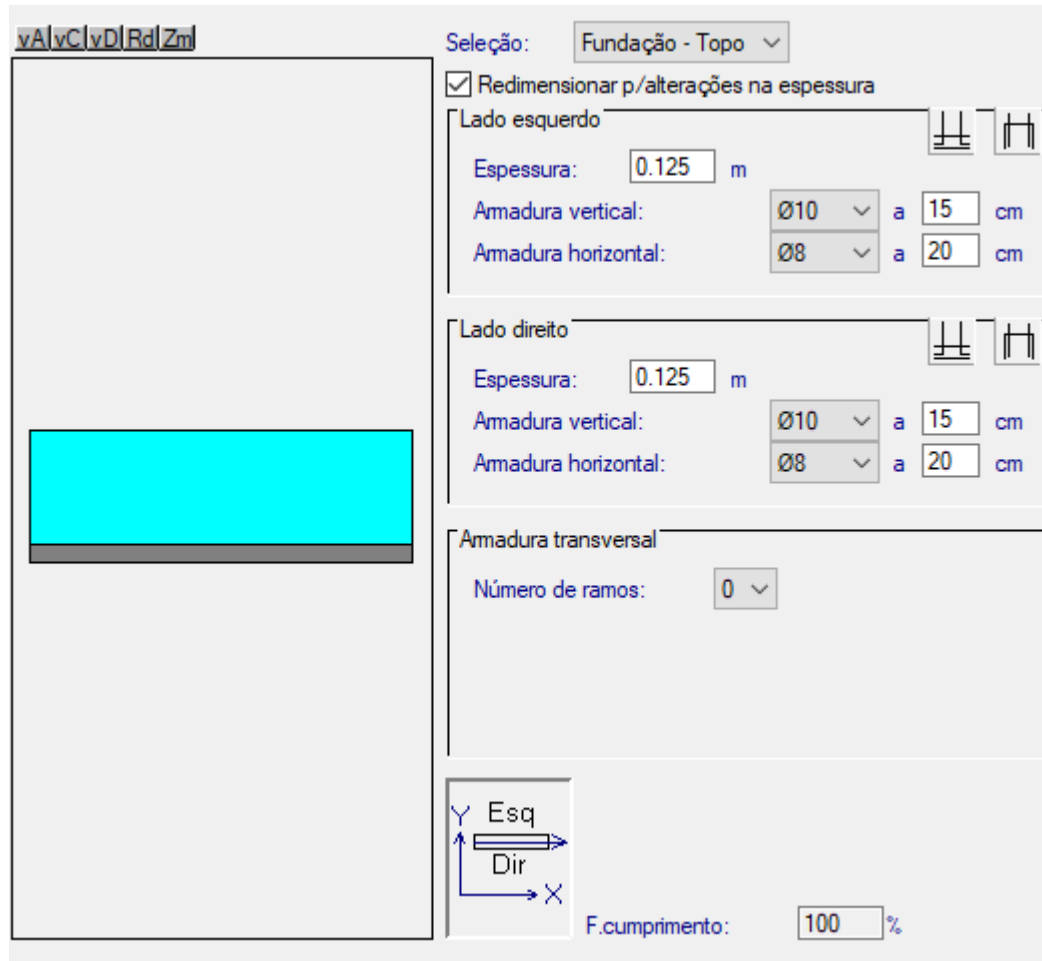
30/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Esq  
Dir

F.cumprimento: 100 %

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

31/185

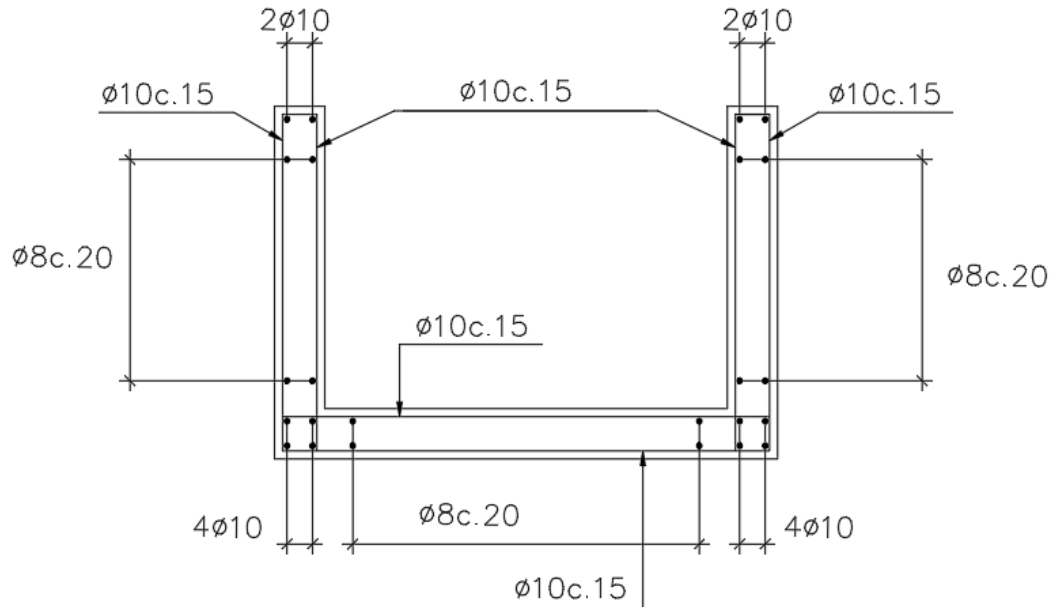
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

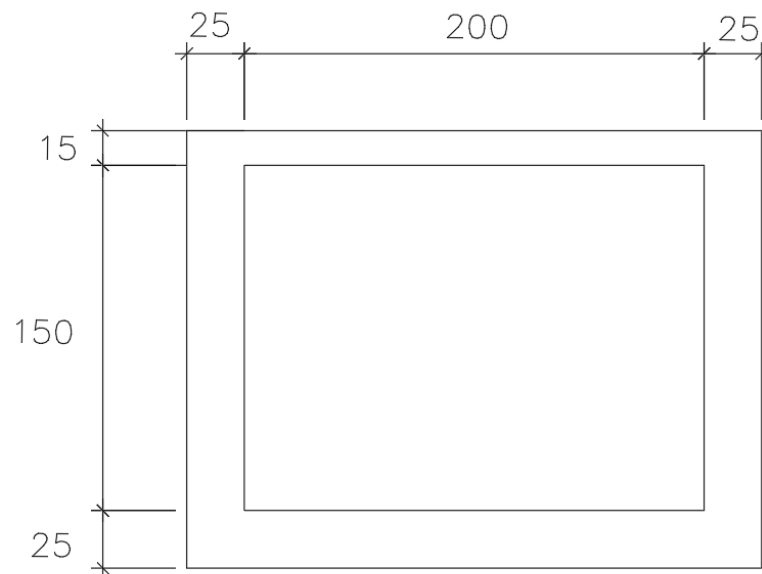
0

### 5.3.7 Croqui de armadura



### 5.4 CP-01 TRECHO TRAVESSIA (200x150) = CP-02

#### 5.4.1 Seção da estrutura



#### 5.4.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

32/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

**Situação 1**

Cargas permanentes

Hipótese

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
Em faixa	46.55 kN/m <sup>2</sup>

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros do solo com sobrecarga do veículo

Tipo de carga :

Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m

Sobrecarga

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>33/185</b> REV. <b>0</b>

**Empuxos**

- Solo
- Água
- Solo sem veículo

**Hipótese**

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m³

Densidade submersa  kN/m³

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra + ▢ ▢ ▢ ▢

Tipo de carga	Cargas

Com água

Com rocha

Sobrecarga ▾

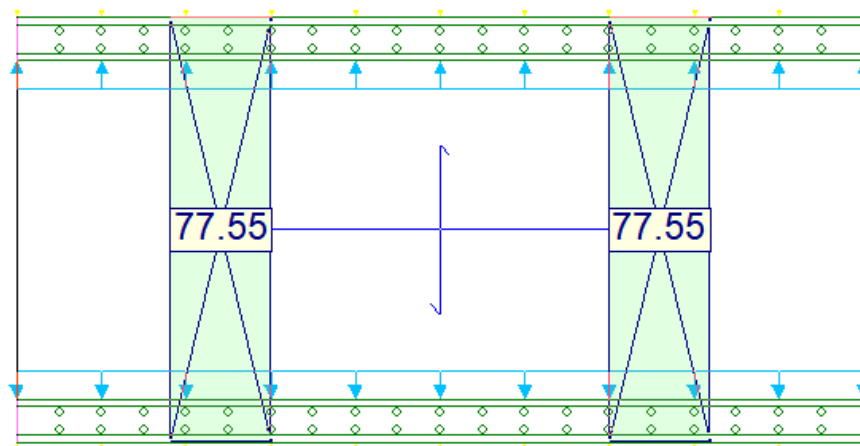
Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.4.3 Casos de Carregamento

**Caso Comum para laje de topo: Situação da carga do veículo no meio do vão da laje**



**Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo**

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

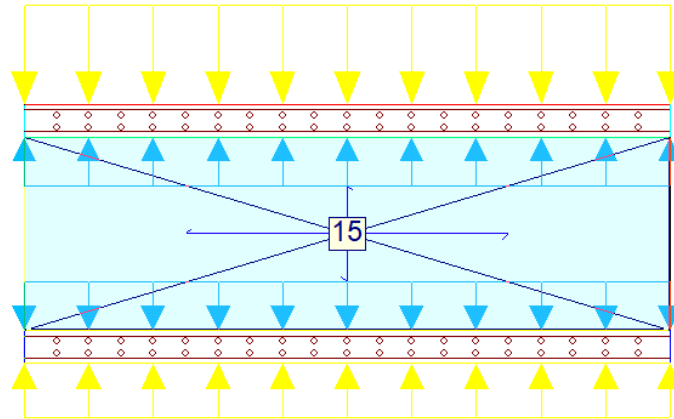
34/185

Nº WALM

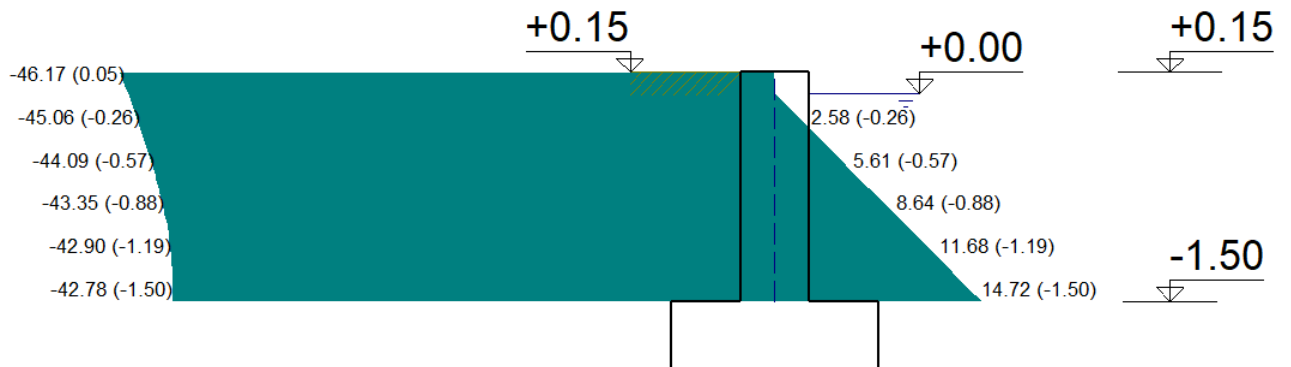
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

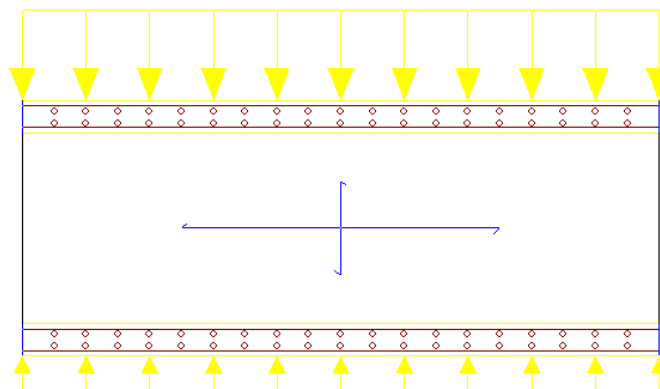
0



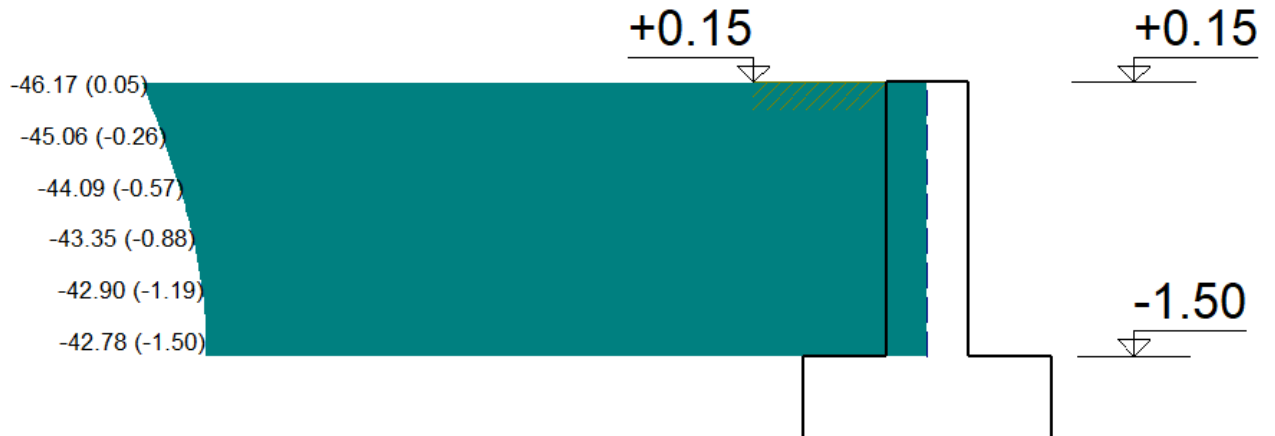
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



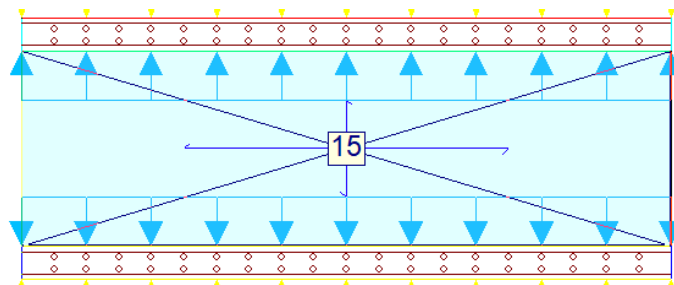
Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



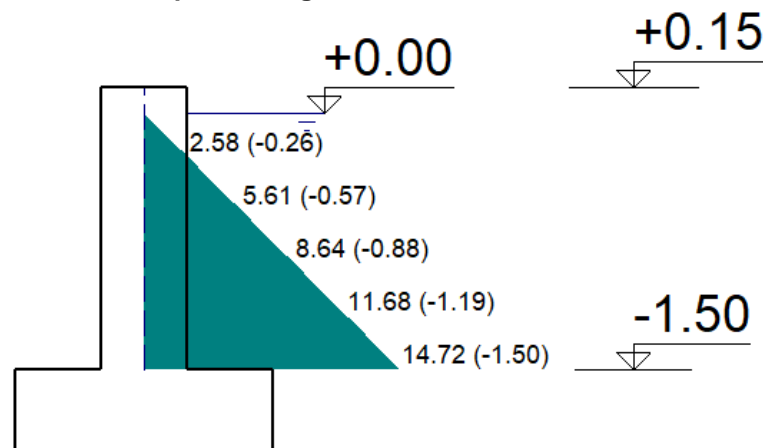
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**




**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



**5.4.4 Resultados para laje de fundo**

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>36/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 1,81 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 25,88 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 53,56 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 8,01 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 44,51 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 3,67 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 21,74 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,09 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 5,44 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,53 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 2,66 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,07 Mpa


#### 5.4.5 Resultados para laje de topo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de topo, é a situação da carga do veículo no meio do vão da laje. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,79 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 15,51 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 52,84 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 5,95 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 9,83 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 3,75 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 25,46 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,13 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,87 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,97 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 4,84 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

#### 5.4.6 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>37/185</b> REV. <b>0</b>

combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,70 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 20,97 kN.m/m
- Momento Horizontal: 8,88 kN.m/m
- Cortante Vertical: 54,88 kN/m
- Cortante Horizontal: 4,09 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 3,36 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	3,36
Força cortante (kN)	54,88
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	76,832
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	360,94
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

#### 5.4.7 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,01 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 1,85 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,87 kN.m/m
- Cortante Vertical: 8,86 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,49 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,29 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	0,29
Força cortante (kN)	8,86
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	12,404
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	342,02
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

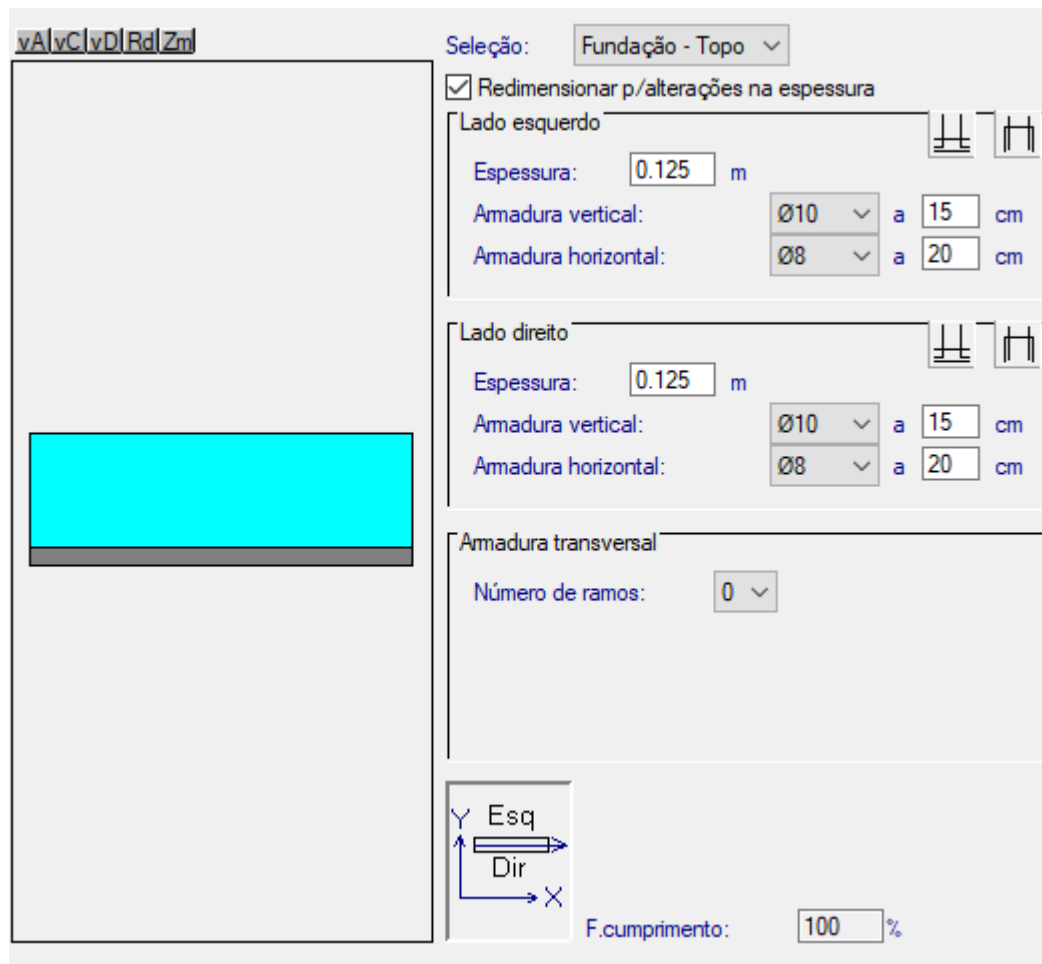
PÁGINA

**39/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**


Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

**Lado esquerdo**

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 15 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

**Lado direito**

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 15 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

**Amadura transversal**

Número de ramos: 0

F.cumprimento: 100 %

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

40/185

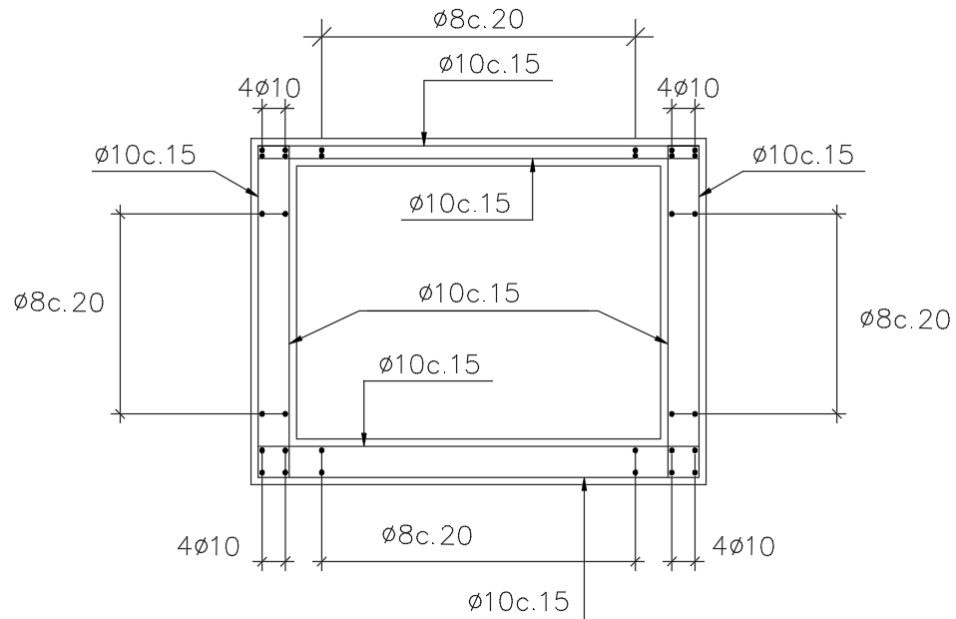
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

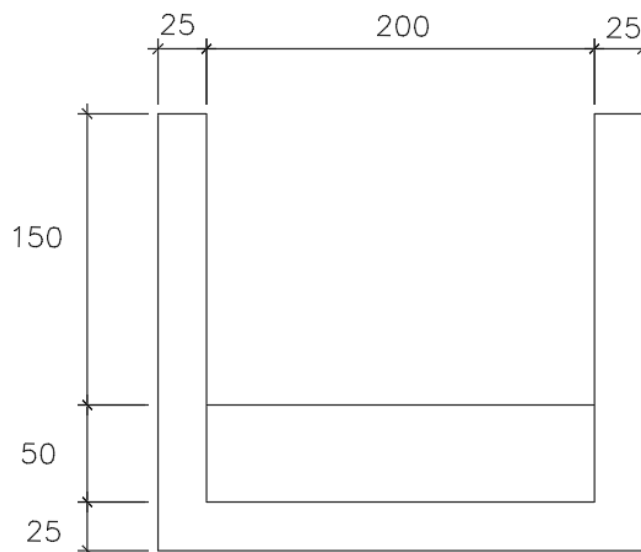
0

#### 5.4.8 Croqui de armadura



#### 5.5 CP-02 TRECHO EM DEGRAU (200x150+50)

##### 5.5.1 Seção da estrutura



##### 5.5.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

41/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos Solo Água Solo sem veículo	Hipótese	Cargas permanentes						
	<input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água							
	Até à cota	0.00 m						
	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m	Em faixa	77.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m							
Em faixa	77.55 kN/m							
<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota	1.00 m						
<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota	0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veículo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
		PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2 DRENAGEM SUPERFICIAL MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL	Nº MOSAIC -
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

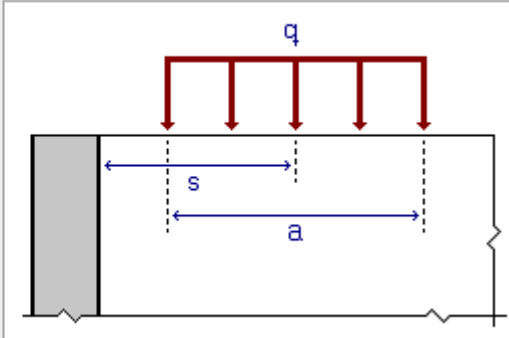
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.5.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

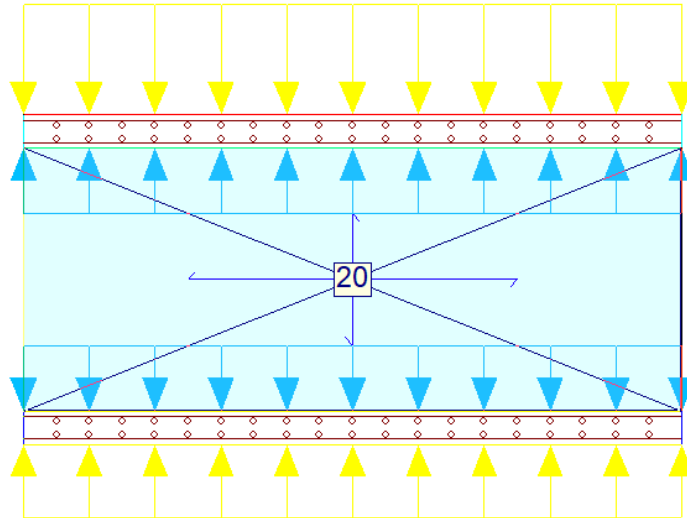
43/185

Nº WALM

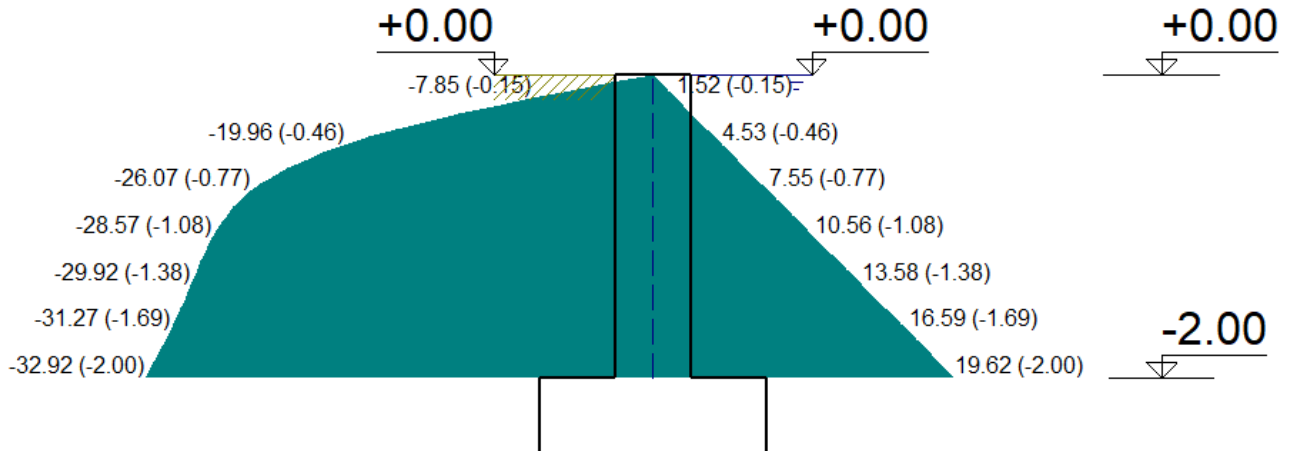
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

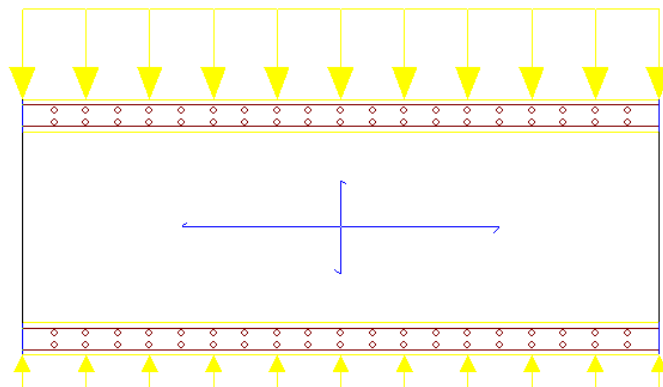
0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

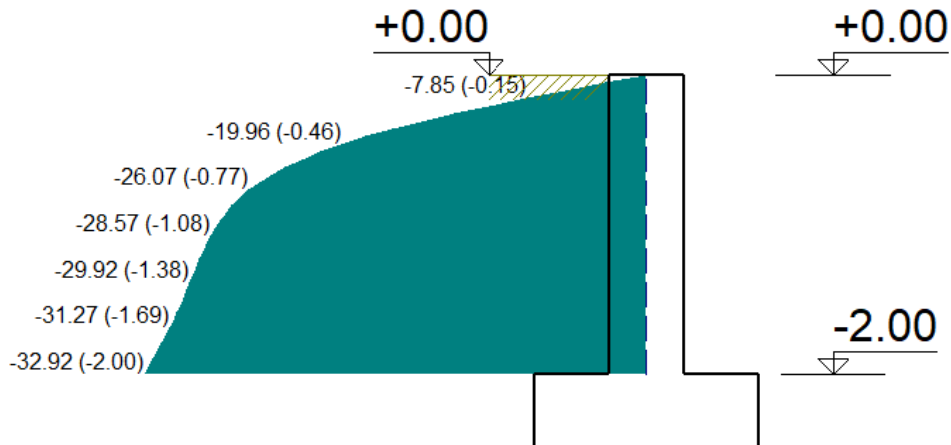
44/185

Nº WALM

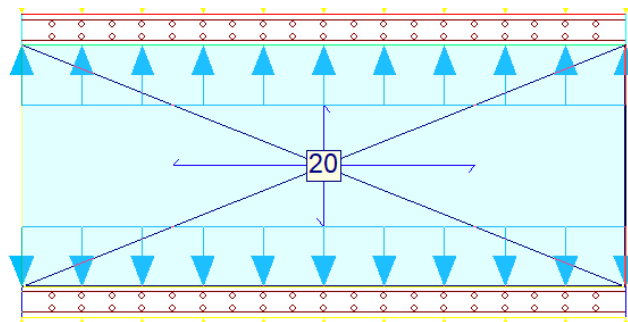
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

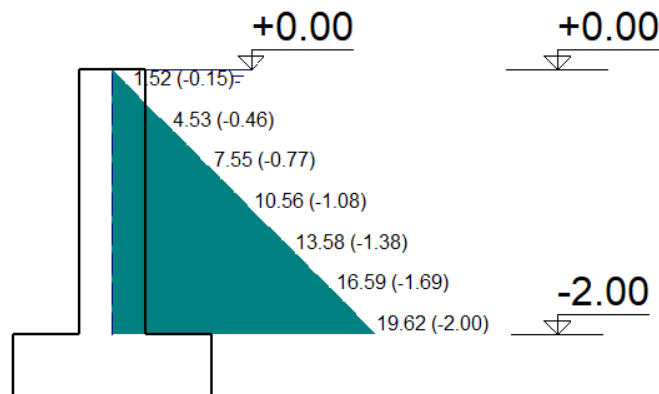
0



### Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo




### Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>



### 5.5.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>45/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	



de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 1,10 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 37,58 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 36,92 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 12,50 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 75,00 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 3,01 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 24,32 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,83 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 9,16 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,37 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 2,97 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,04 Mpa

#### 5.5.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 4,19 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x200/250 = 16$  mm
- Momento Vertical: 47,05 kN.m/m
- Momento Horizontal: 13,73 kN.m/m
- Cortante Vertical: 62,97 kN/m
- Cortante Horizontal: 5,13 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 7,74 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>46/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	200
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	295
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	7,74
Força cortante (kN)	62,97
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	88,158
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	733,98
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.5.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,11 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x200/250 = 16$  mm
- Momento Vertical: 15,41 kN.m/m
- Momento Horizontal: 4,65 kN.m/m
- Cortante Vertical: 23,92 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,55 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 2,46  $\text{cm}^2/\text{m}$
- Armadura mínima: 3,75  $\text{cm}^2/\text{m}$

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**47/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	200
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	295
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	2,46
Força cortante (kN)	23,92
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	33,488
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	705,41
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

48/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø12.5 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Esq  
Dir

F.cumprimento: 100 %

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

49/185

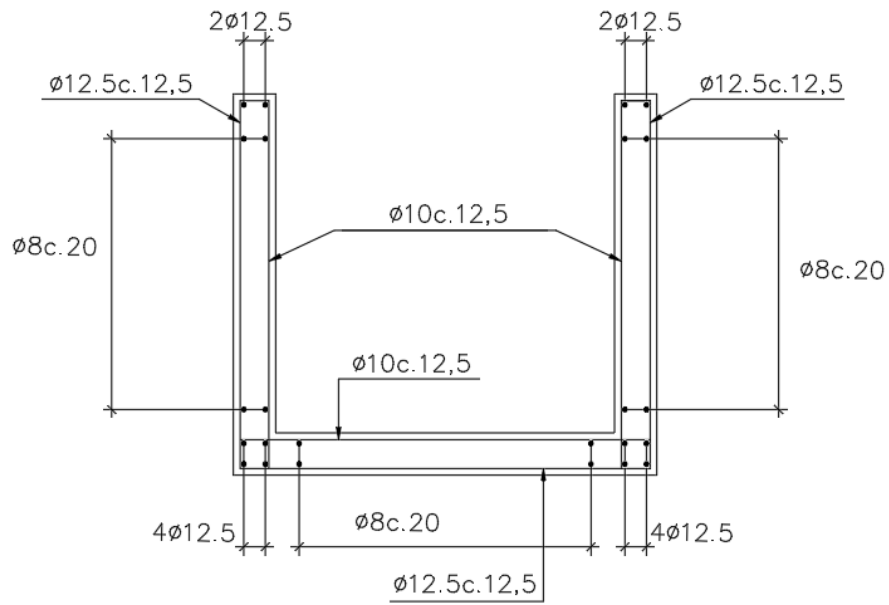
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

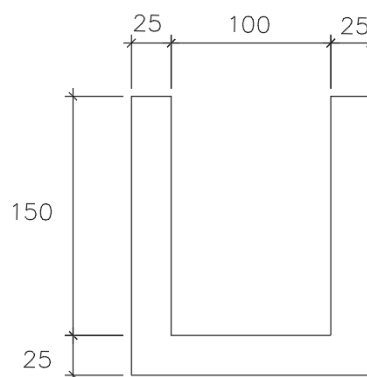
0

### 5.5.7 Croqui de armadura



### 5.6 CP-03 TRECHO LISO (100x150)

#### 5.6.1 Seção da estrutura



#### 5.6.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

50/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m	Em faixa	77.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m							
Em faixa	77.55 kN/m							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>51/185</b> REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

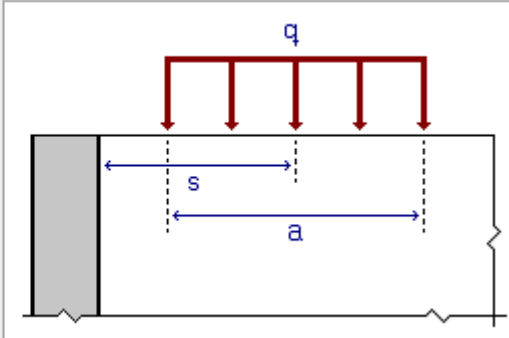
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.6.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

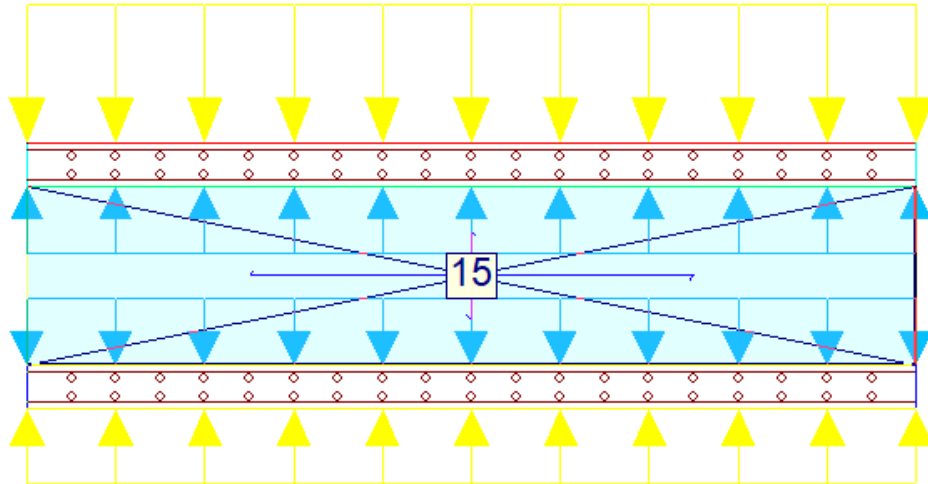
52/185

Nº WALM

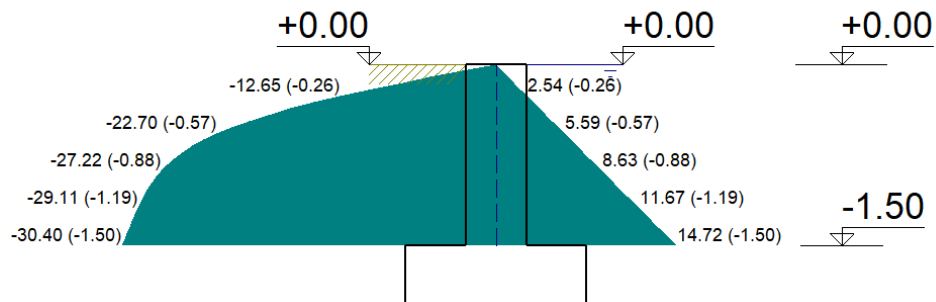
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

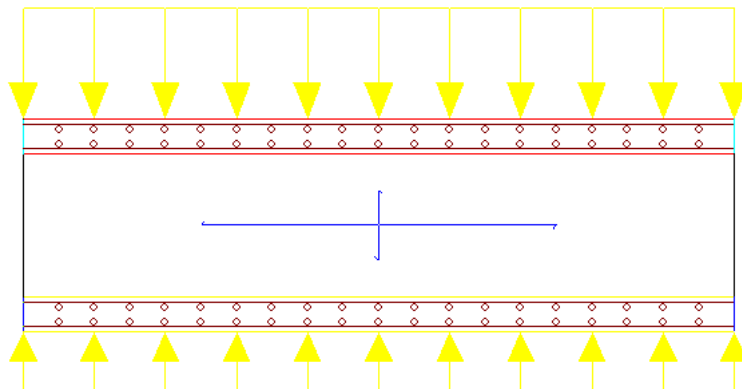
0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

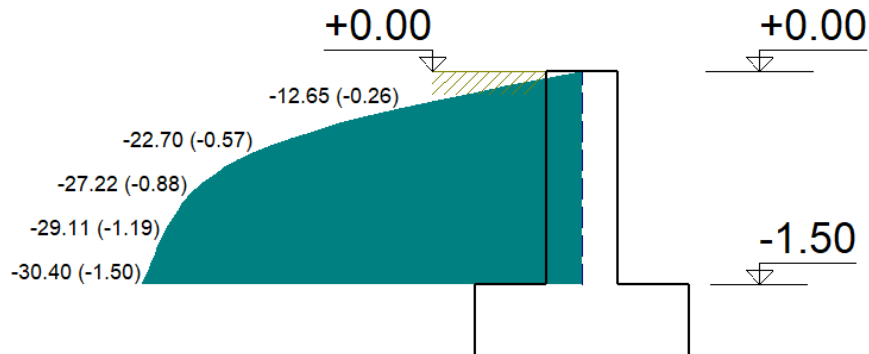
53/185

Nº WALM

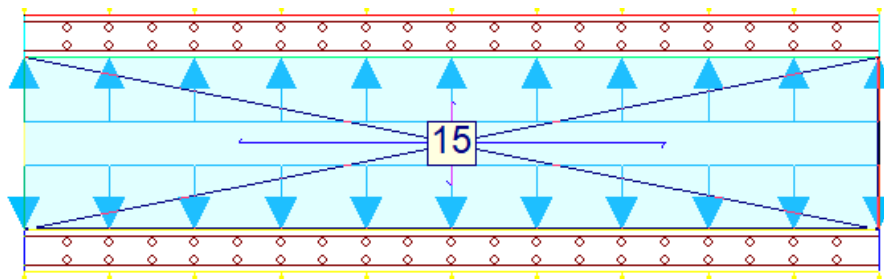
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

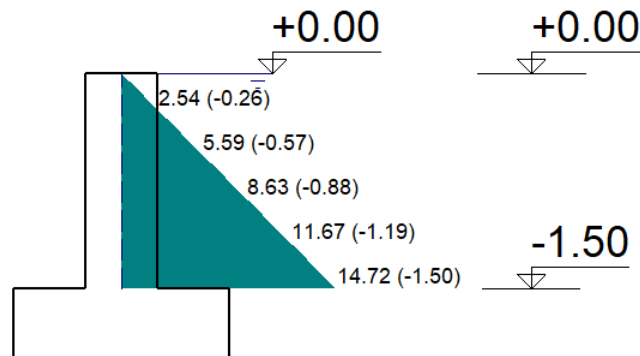
0



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**




**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



**5.6.4 Resultados para laje de fundo**

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 1,12 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 21,39 kN/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2 DRENAGEM SUPERFICIAL MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
			<b>54/185</b>
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV.
			<b>0</b>

- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 27,12 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 7,04 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 39,14 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 1,78 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 14,13 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,95 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 4,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,22 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 1,70 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,04 Mpa

#### 5.6.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 2,37 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 23,79 kN.m/m
- Momento Horizontal: 7,52 kN.m/m
- Cortante Vertical: 40,29 kN/m
- Cortante Horizontal: 3,70 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 3,82 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	3,82
Força cortante (kN)	40,29
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	56,406
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	359,41
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC		PÁGINA
		-	<b>55/185</b>
	Nº WALM		REV.
	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>		<b>0</b>

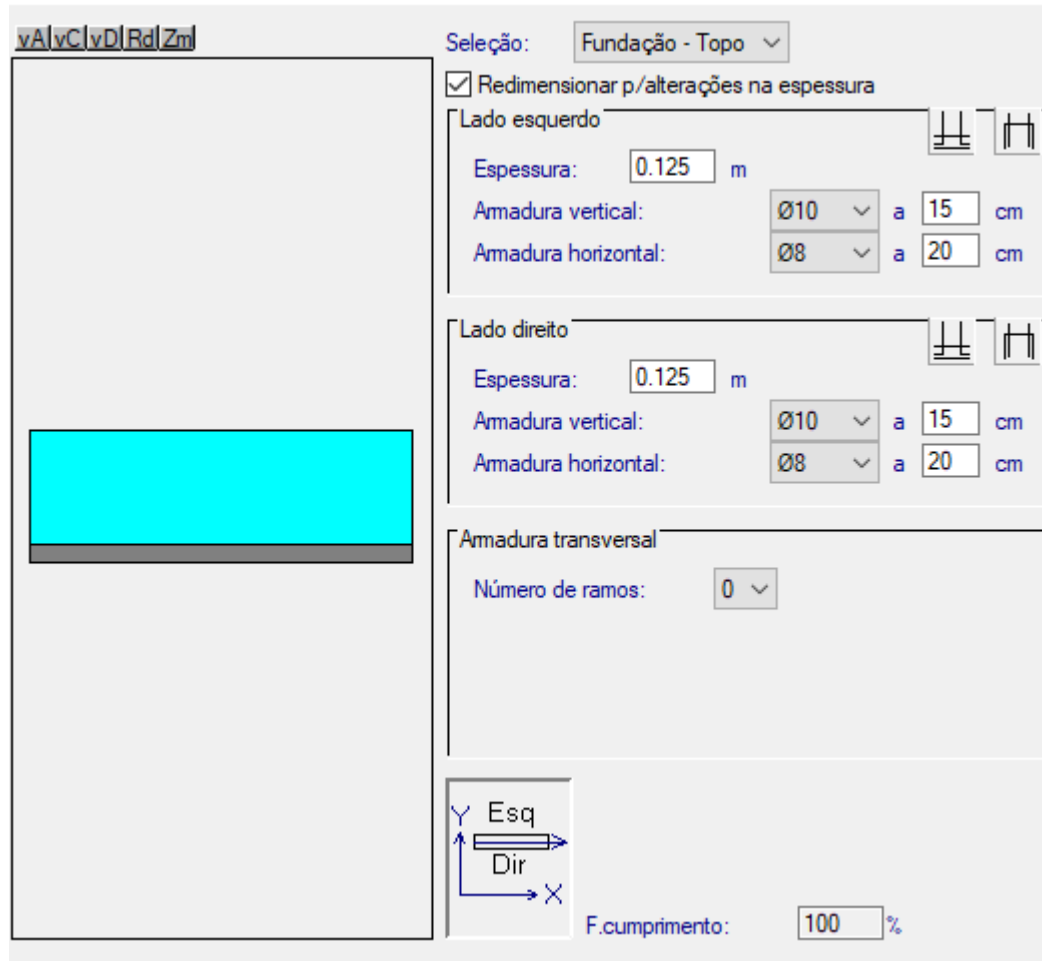
### 5.6.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,29 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 6,72 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,16 kN.m/m
- Cortante Vertical: 12,83 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,99 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 1,06 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,06
Força cortante (kN)	12,83
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	17,962
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	345,23
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.



Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Amadura transversal

Número de ramos: 0

Y Esq  
Dir X

F.cumprimento: 100 %

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

57/185

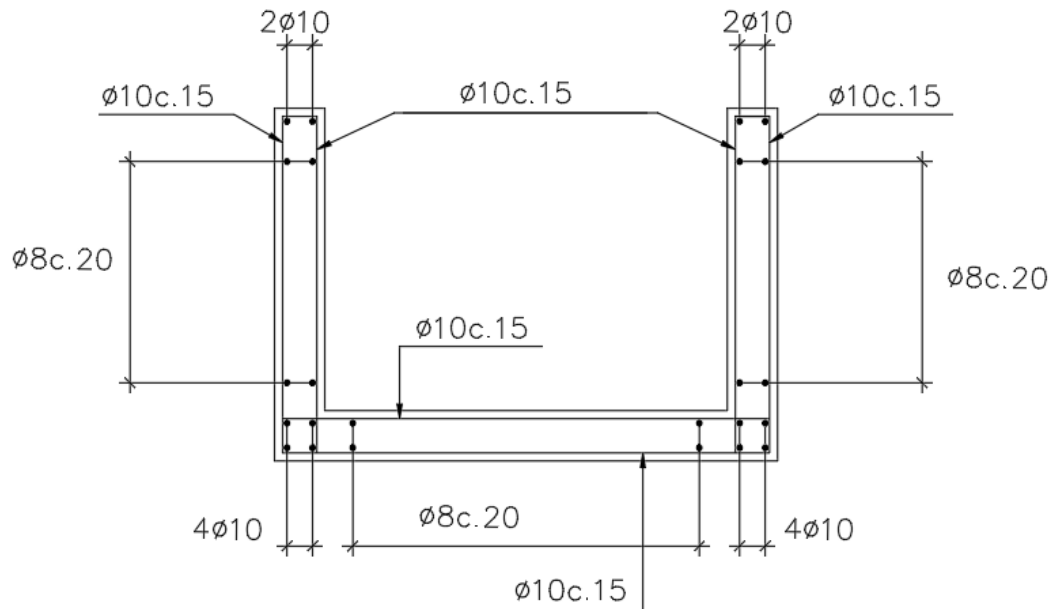
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

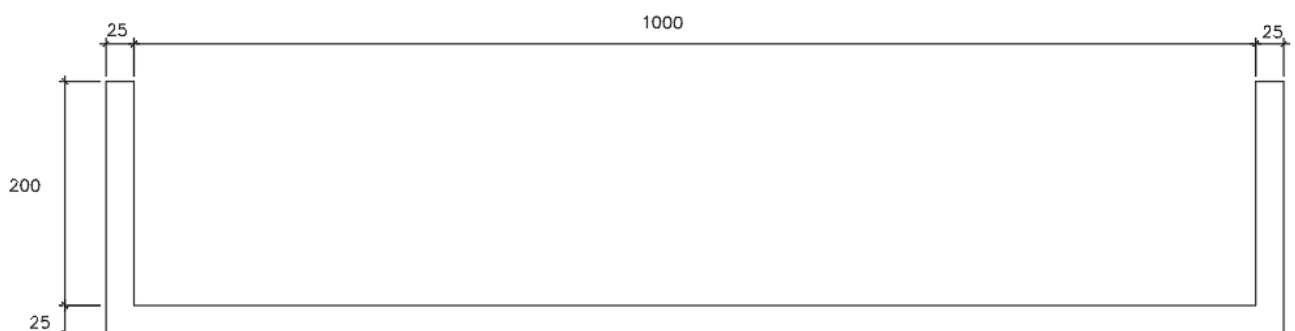
0

### 5.6.7 Croqui de armadura



## 5.7 CP-04 TRECHO LISO (1000X200)

### 5.7.1 Seção da estrutura



### 5.7.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

58/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes
Solo sem veiculo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água	
<b>Solo</b>	Até à cota	0.00 m
Água	Ângulo do talude	0.00 graus
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>
	Ângulo atrito interno	23.00 graus
	Alívio por drenagem	1.00 %
	Cargas sobre o maciço de terra	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Com água	
	<input type="checkbox"/> Com rocha	

Tipo de carga	Cargas
Em faixa	77.55 kN
Em faixa	77.55 kN

Até à cota	1.00 m
Até à cota	0.00 m

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>59/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

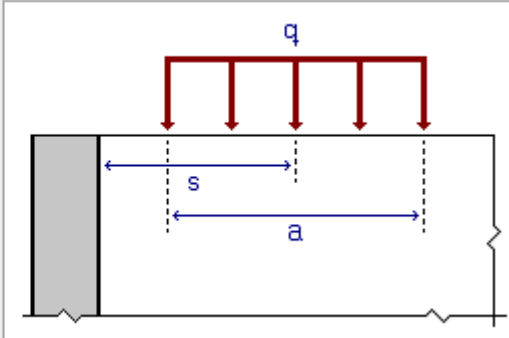
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo sem veiculo

Solo

**Água**

Hipótese

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Com água

Com rocha

Sobrecarga

Tipo de carga	Cargas
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m

Parâmetros da água

### 5.7.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

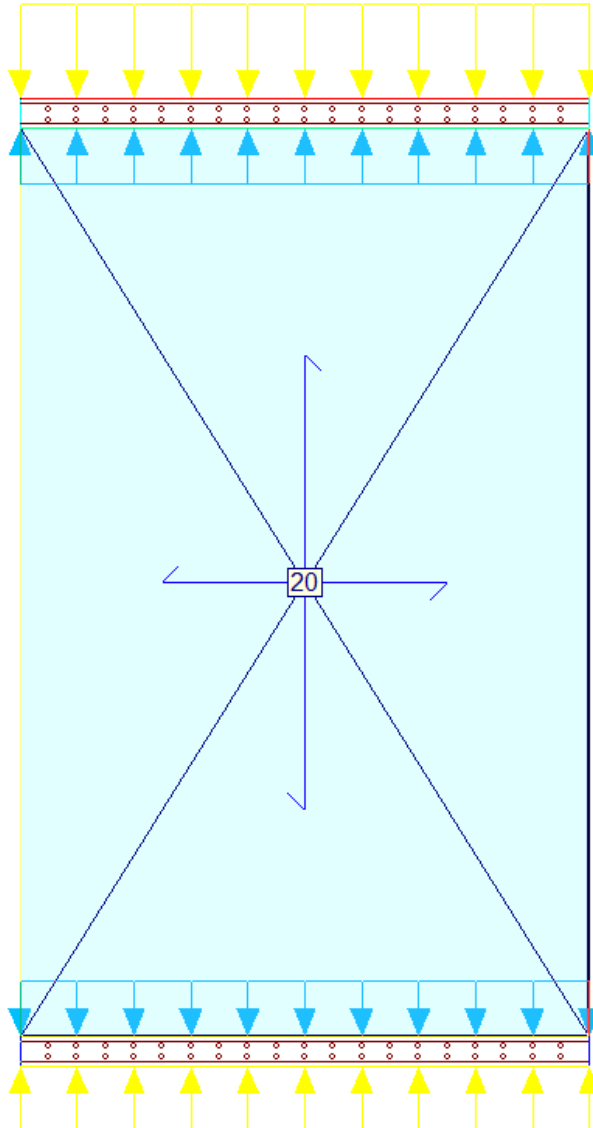
60/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

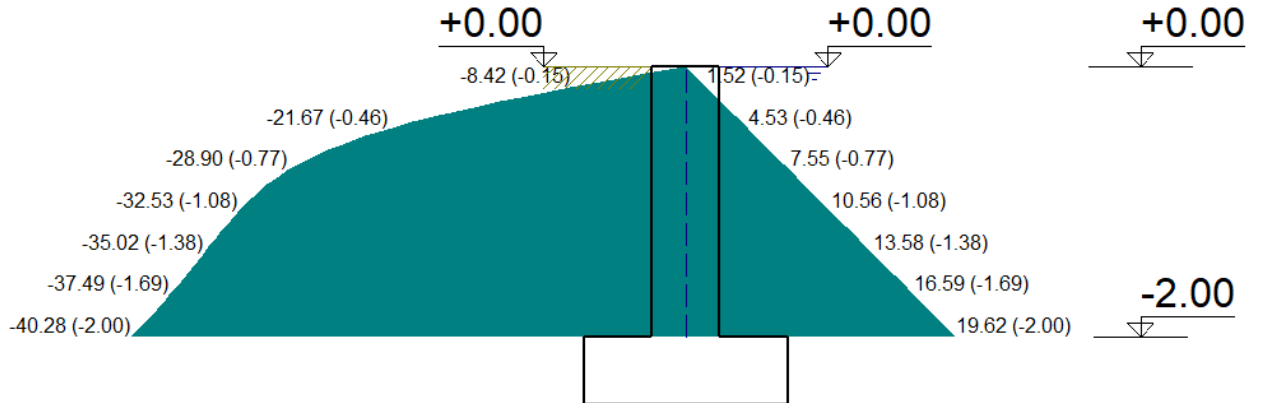
61/185

Nº WALM

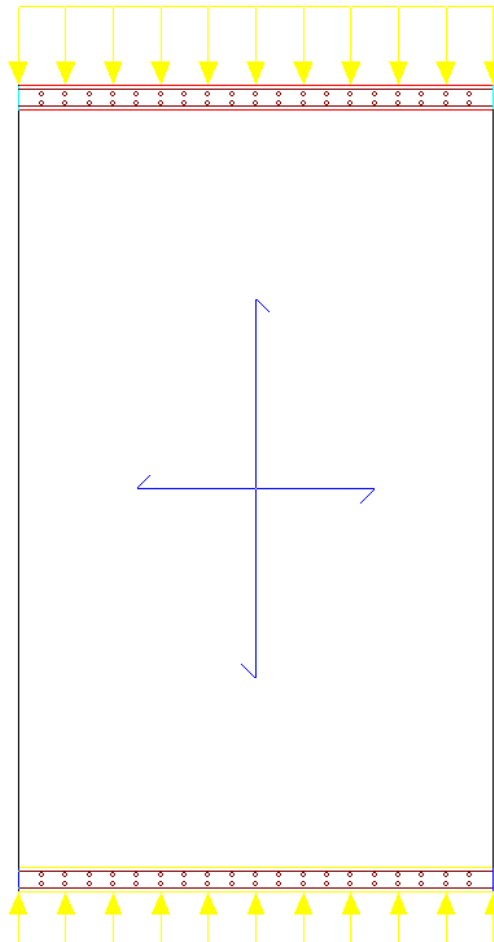
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

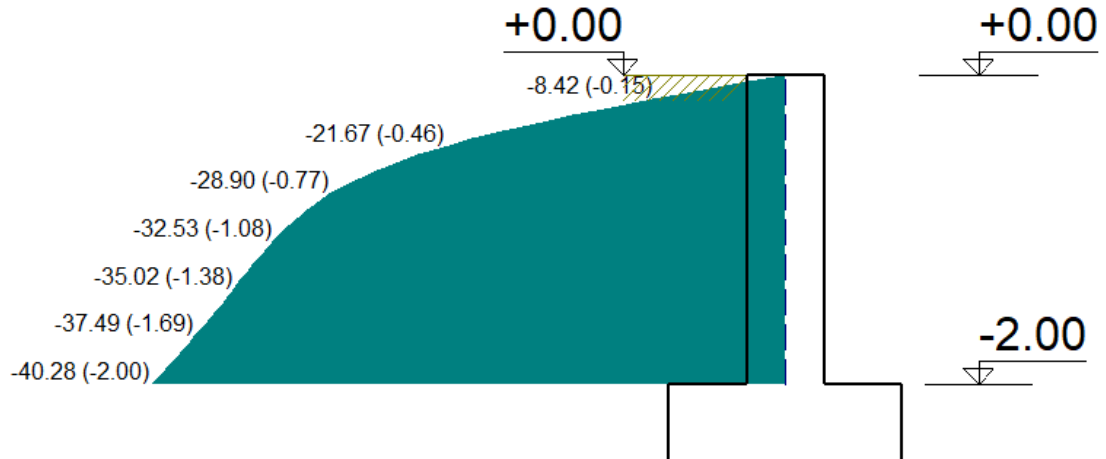
62/185

Nº WALM

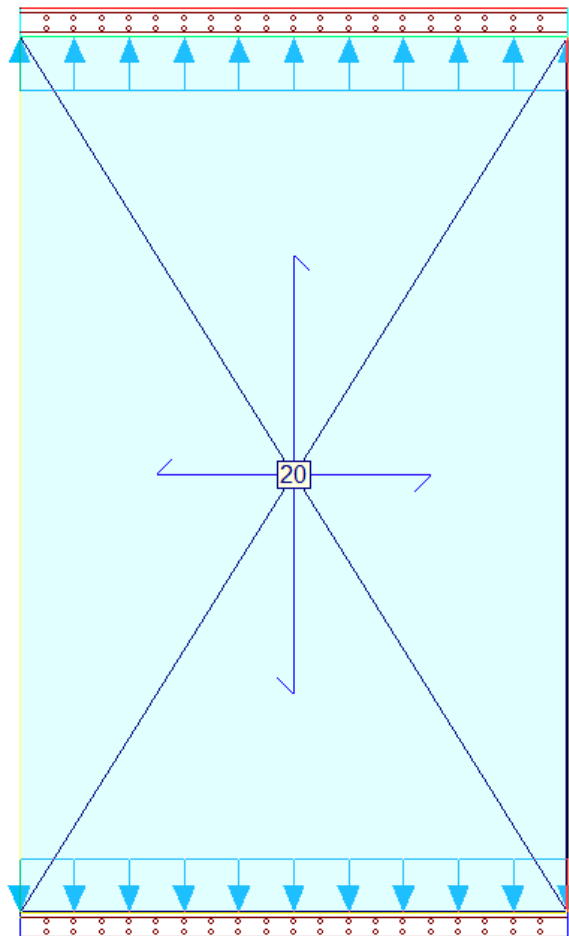
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**



**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

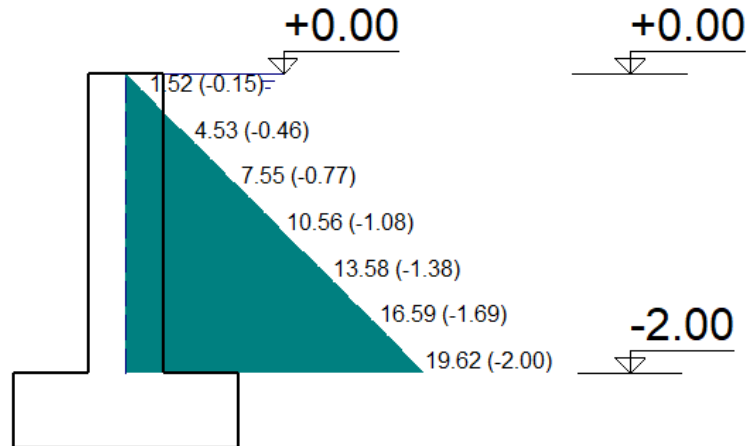
63/185

Nº WALM

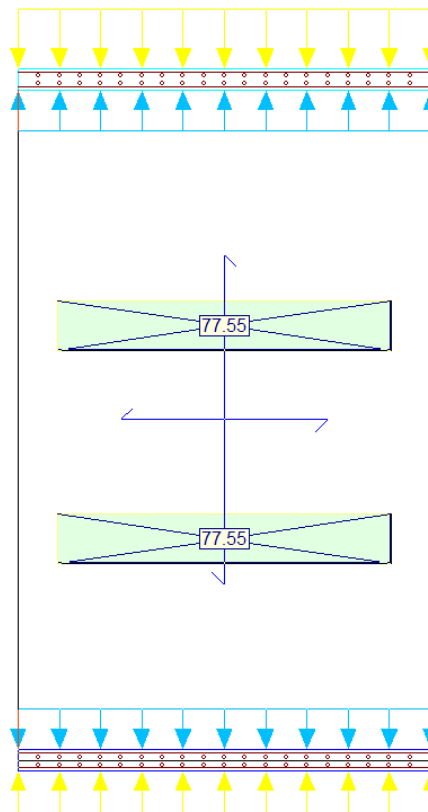
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0





#### Caso 4: Situação da laje de fundo com carregamento do veículo



#### 5.7.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>64/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	


de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,83 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 42,60 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 40,82 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 14,17 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 84,48 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 3,43 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 29,72 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 2,06 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 10,00 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,42 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 3,63 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,04 Mpa

#### 5.7.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 4,62 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x200/250 = 16$  mm
- Momento Vertical: 52,86 kN.m/m
- Momento Horizontal: 15,46 kN.m/m
- Cortante Vertical: 72,04 kN/m
- Cortante Horizontal: 5,72 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 8,75 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>65/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	200
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	195
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	8,75
Força cortante (kN)	72,04
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	100,856
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	498,37
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.7.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,08 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x200/250 = 16$  mm
- Momento Vertical: 15,43 kN.m/m
- Momento Horizontal: 4,64 kN.m/m
- Cortante Vertical: 24,00 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,55 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 2,46 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m



COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

66/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	200
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	195
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	2,46
Força cortante (kN)	24
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	33,6
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	468,91
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

67/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø12.5 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Esq  
Dir

F.cumprimento: 100 %

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**68/185**

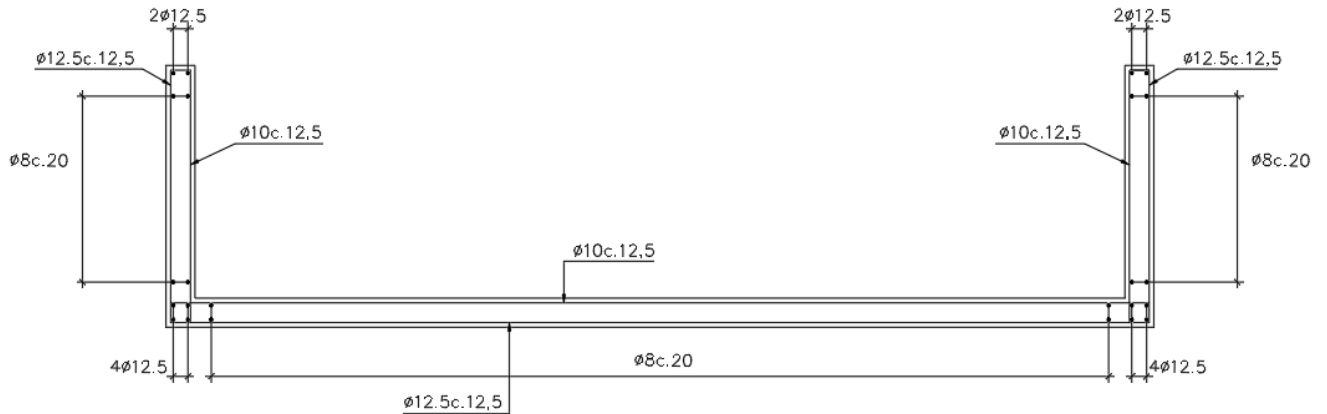
Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

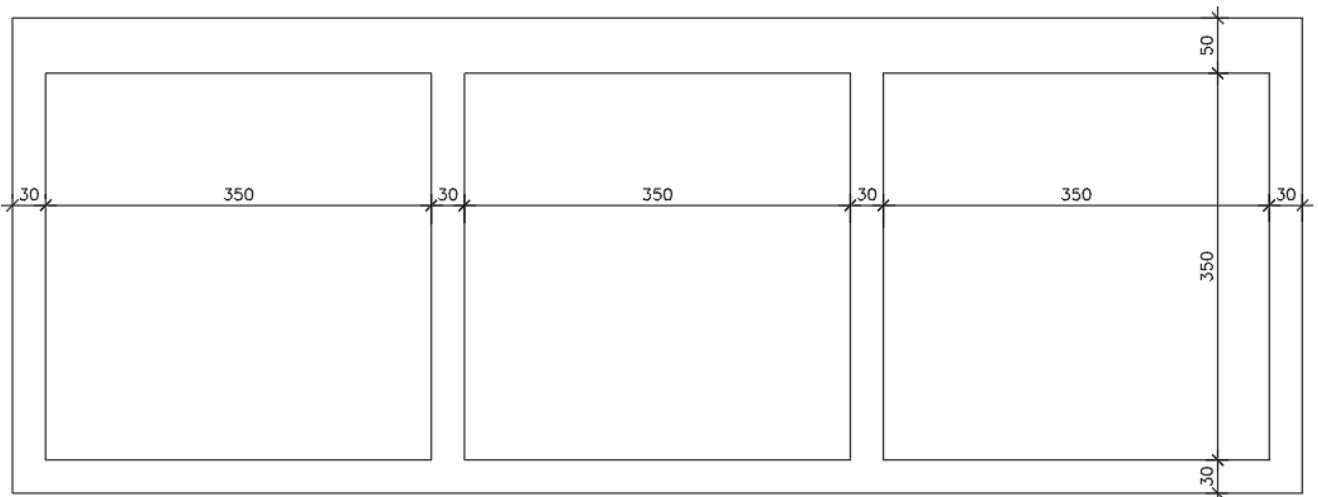
**0**

### 5.7.7 Croqui de armadura



## 5.8 CP-04 GALERIA TRIPLA

### 5.8.1 Seção da estrutura



### 5.8.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

69/185

Nº WALM



WA02821014-1-ES-MEC-0001

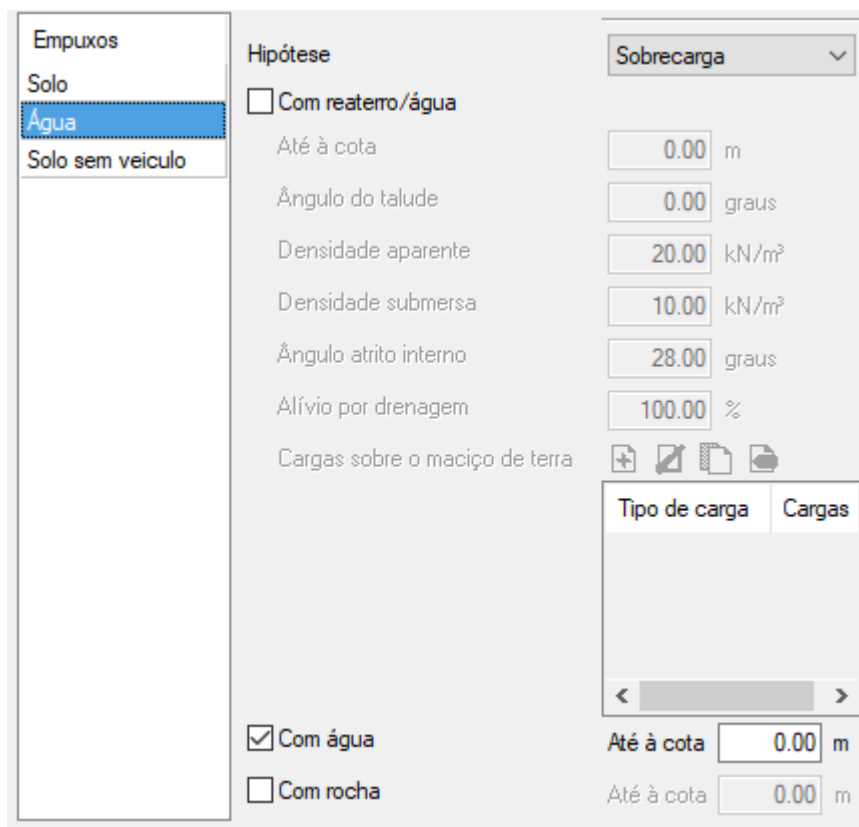
REV.

0

<p>Empuxos</p> <p>Água</p> <p><b>Solo</b></p>	Hipótese	Cargas permanentes
	<input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água	
	Até à cota	-5.80 m
	Ângulo do talude	0.00 graus
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>
	Ângulo atrito interno	23.00 graus
	Alívio por drenagem	100.00 %
	Cargas sobre o maciço de terra	+ / - / [ ] / [ ]
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota
<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota	0.00 m

Parâmetros do solo

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>70/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>



**Empuxos**

- Solo
- Água**
- Solo sem veículo

**Hipótese**

Com reaterro/água

Até à cota: 0.00 m

Ângulo do talude: 0.00 graus

Densidade aparente: 20.00 kN/m³

Densidade submersa: 10.00 kN/m³

Ângulo atrito interno: 28.00 graus

Alívio por drenagem: 100.00 %

Cargas sobre o maciço de terra: [Ícones]

Com água

Com rocha

**Sobrecarga**

Tipo de carga	Cargas
Até à cota	0.00 m
Até à cota	0.00 m

Parâmetros da água

### 5.8.3 Casos de Carregamento

**Caso Comum Laje de Topo: Carga do recobrimento de 5,3m sobre a laje de topo somada a carga do veículo que trafegará no acesso sobre a galeria**

Recobrimento = 5,3m

Carga = 5,3m x 18 kN/m³ = 95,4 kN/m²

Carga do veículo sobre painel de laje de 5m = 37.600 kg / (3,5 x 5) = ~ 21,50 kN/m²

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

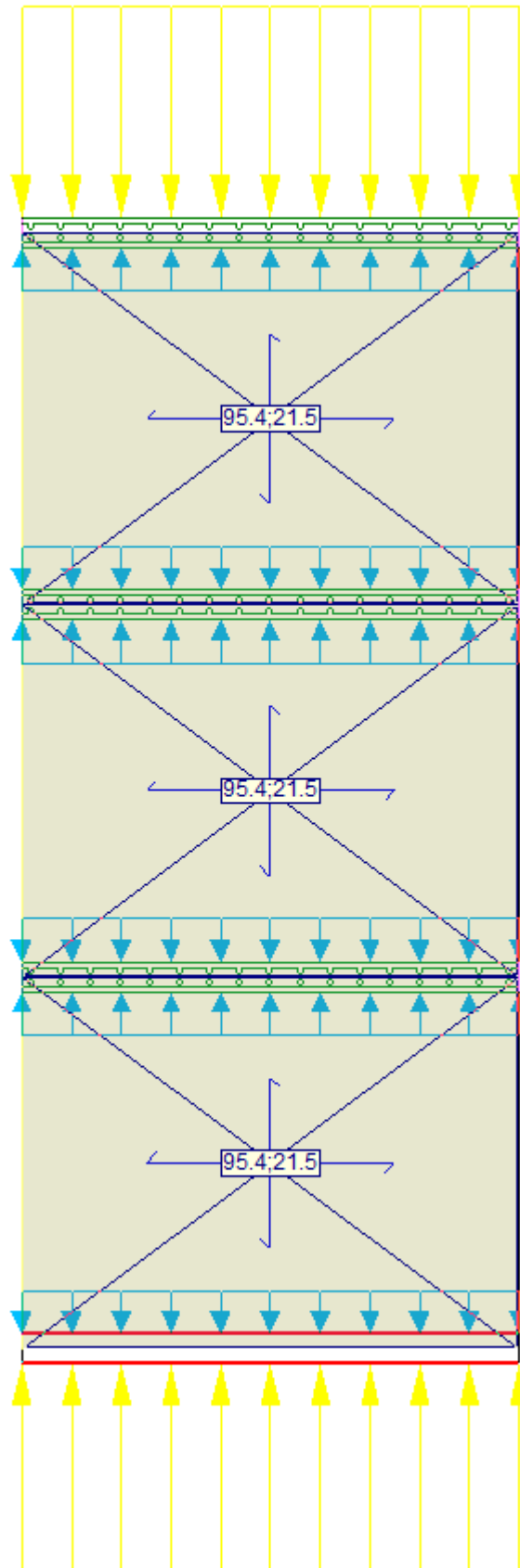
71/185



Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>72/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

**Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo**

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

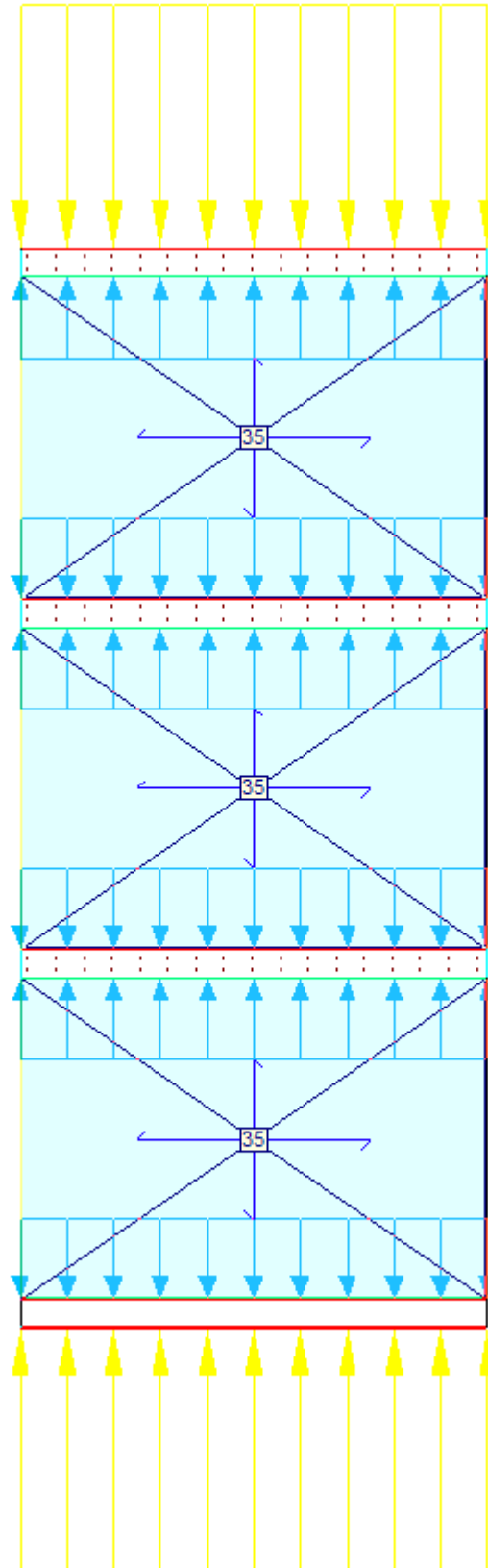
73/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

74/185

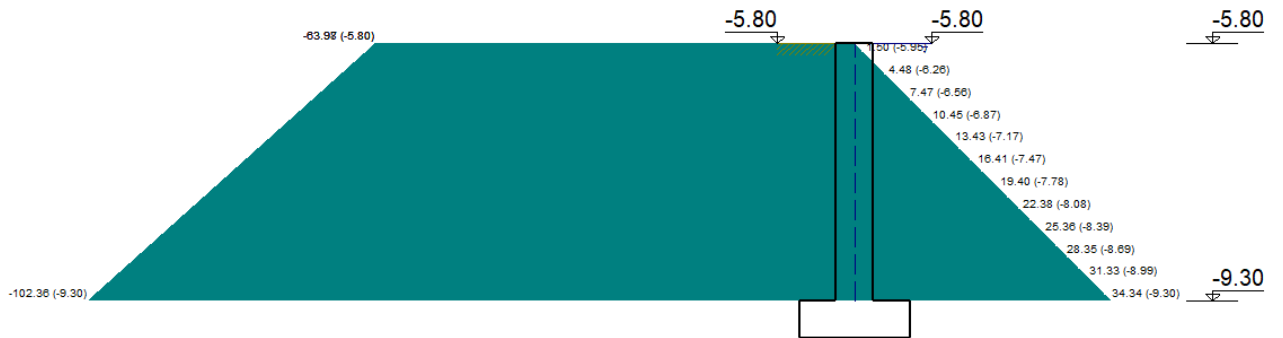
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

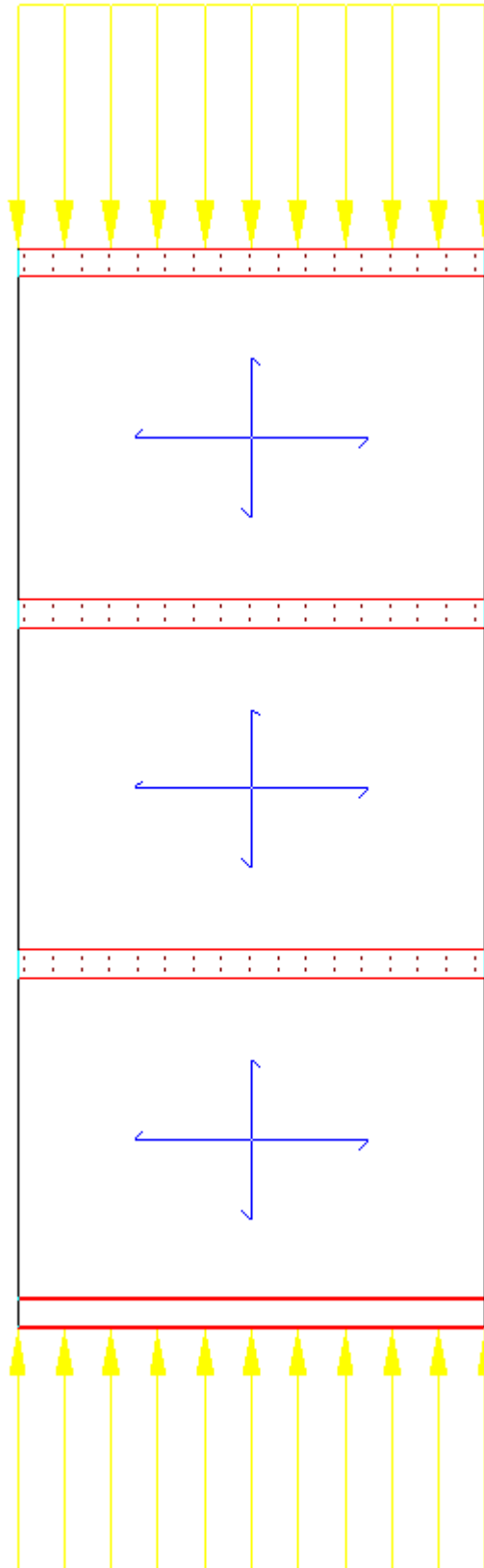
75/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0





PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

76/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>



Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

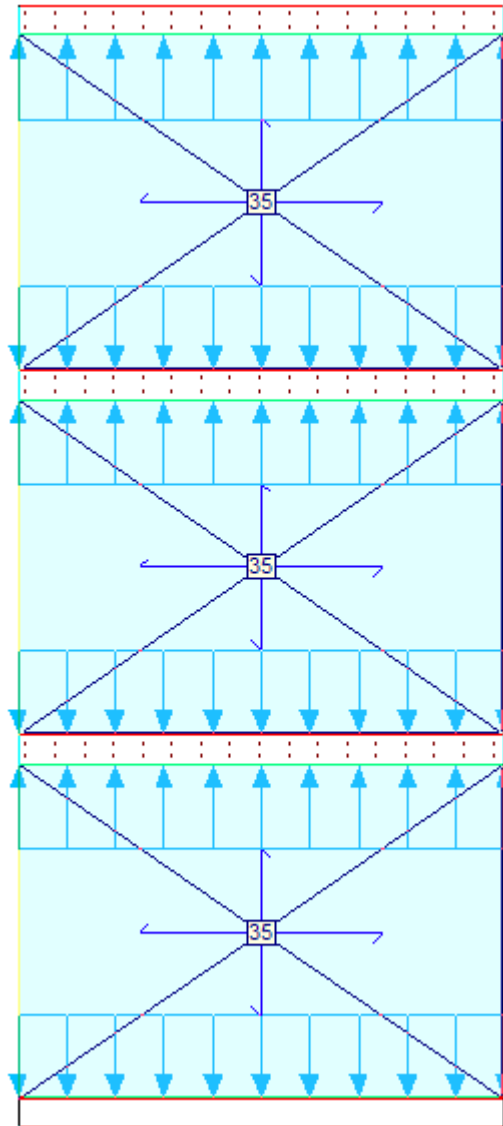
77/185

Nº WALM

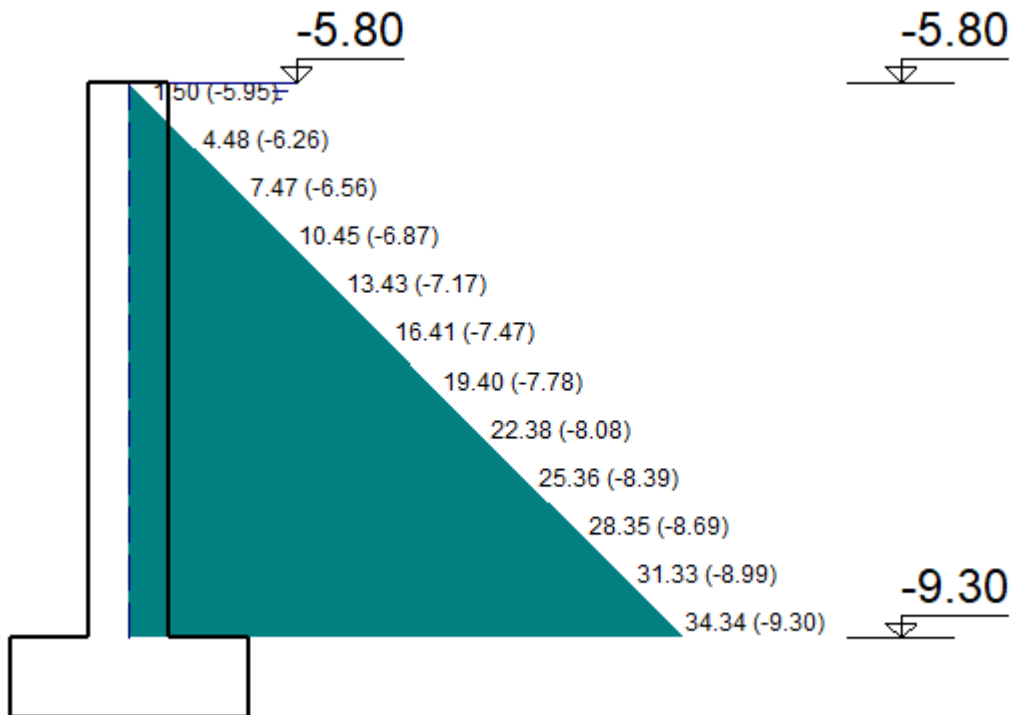
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0





Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>



#### 5.8.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 5,13 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 13,78 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 372,71 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 7,99 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 243,00 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 1,60 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 135,25 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 4,84 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 24,18 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 2,27 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 13,35 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 4,5 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,20 Mpa

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>79/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

#### 5.8.5 Resultados para laje de topo



A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de topo, é a situação do recobrimento de 5,3m somada a carga do veículo que irá trafegar no acesso sobre a galeria. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 5,61 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 11,94 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 391,03 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 1,94 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 154,12 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 10,76 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 257,48 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,23 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 8,15 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 2,72 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 13,62 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 7,5 cm<sup>2</sup>/m

#### 5.8.6 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,32 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x350/250 = 28$  mm
- Momento Vertical: 96,06 kN.m/m
- Momento Horizontal: 33,06 kN.m/m
- Cortante Vertical: 183,21 kN/m
- Cortante Horizontal: 93,11 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 12,91 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 4,5 cm<sup>2</sup>/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>80/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	30
Altura da seção transversal (cm)	350
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	345
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	12,91
Força cortante (kN)	183,21
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	256,494
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	1047,00
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.8.7 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,20 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x350/250 = 28$  mm
- Momento Vertical: 17,53 kN.m/m
- Momento Horizontal: 7,38 kN.m/m
- Cortante Vertical: 44,81 kN/m
- Cortante Horizontal: 16,21 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 2,24 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 4,5 cm<sup>2</sup>/m

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**81/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	30
Altura da seção transversal (cm)	350
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	345
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	2,24
Força cortante (kN)	44,81
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	62,734
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	985,06
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

82/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø12.5 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Esq Dir

F.cumprimento: 100 %

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**83/185**

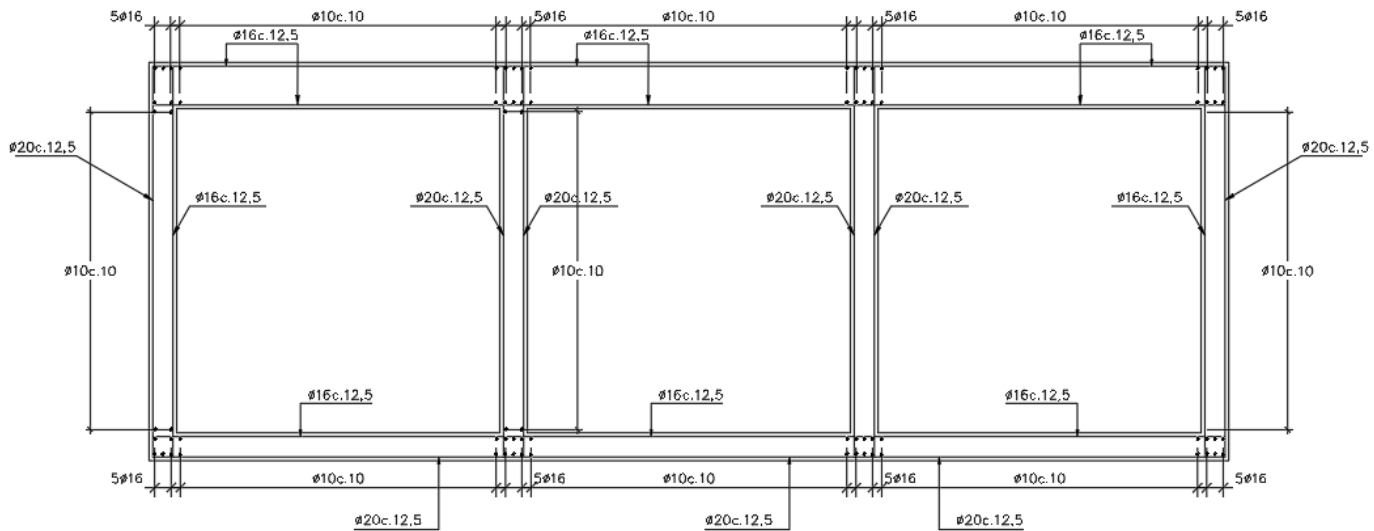
Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

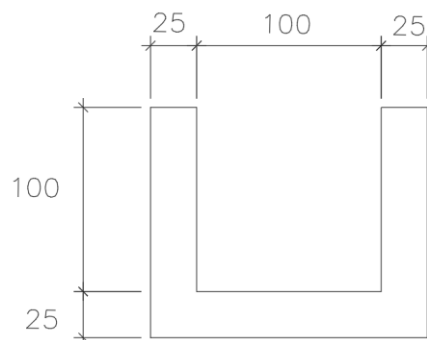
**0**

### 5.8.8 Croqui de armadura



### 5.9 CP-05 TRECHO LISO (100x100)

#### 5.9.1 Seção da estrutura



#### 5.9.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

84/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
		PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2 DRENAGEM SUPERFICIAL MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL	Nº MOSAIC -
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

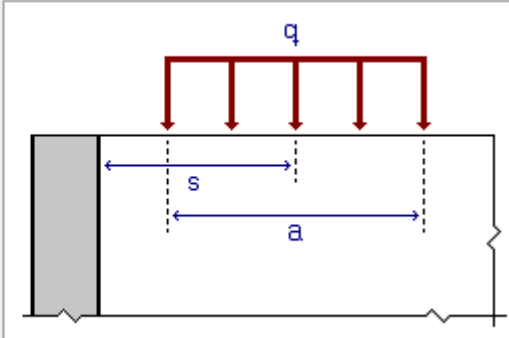
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.9.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

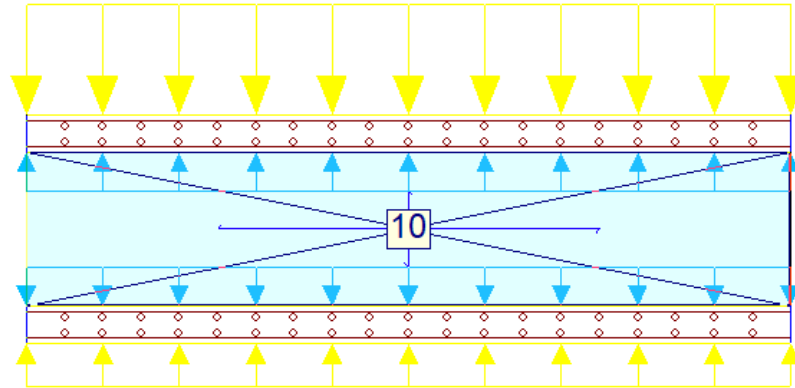
86/185

Nº WALM

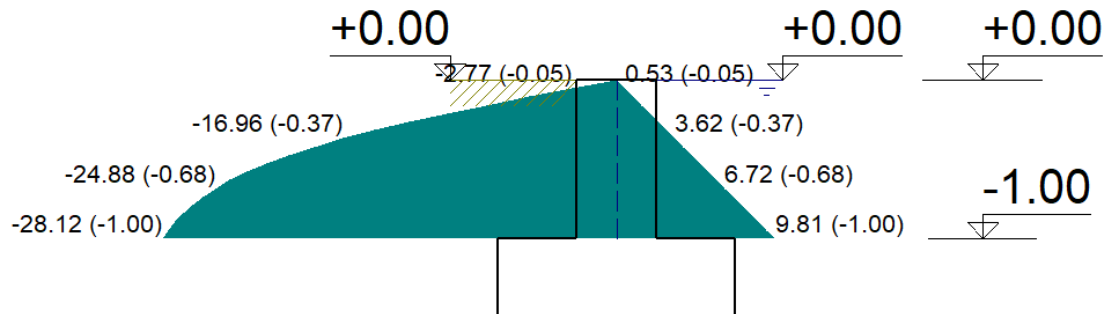
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

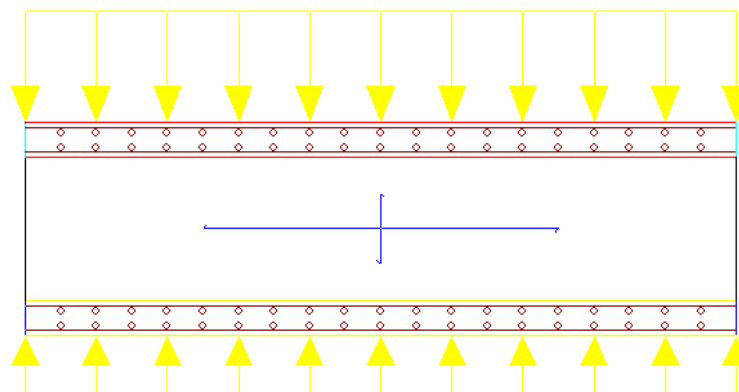
0



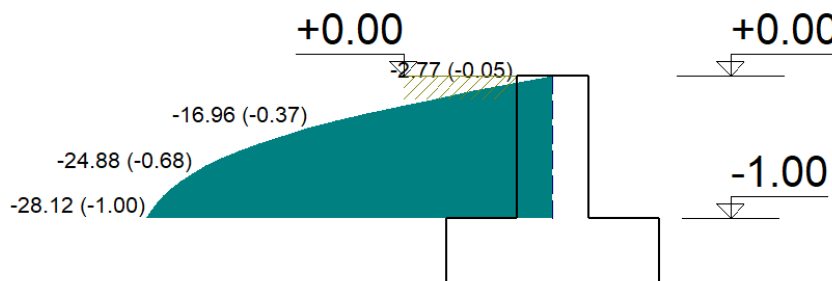
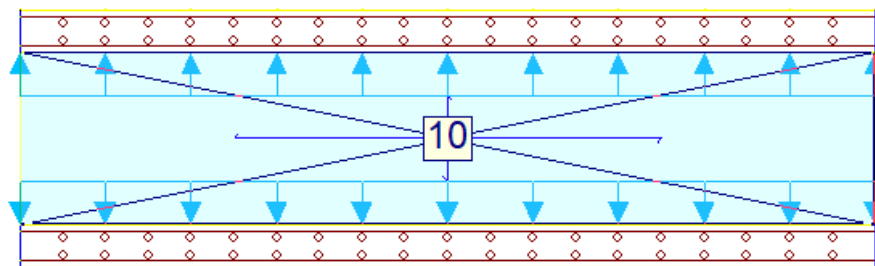
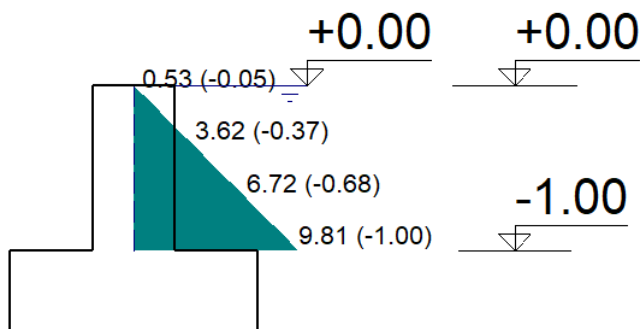
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo




Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>


**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**

**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**

**5.9.4 Resultados para laje de fundo**

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,66 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 9,22 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 12,19 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 2,87 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 14,41 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 0,95 kN.m/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>88/185</b> REV. <b>0</b>

- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 5,84 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,35 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,12 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 0,71 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,03 Mpa


### 5.9.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,58 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 7,54 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,30 kN.m/m
- Cortante Vertical: 20,74 kN/m
- Cortante Horizontal: 2,98 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 1,19 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,19
Força cortante (kN)	20,74
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	29,036
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	230,16
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.9.6 Resultados para as paredes – Caso 3

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>89/185</b> REV. <b>0</b>

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,05 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 1,84 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,57 kN.m/m
- Cortante Vertical: 5,30 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,81 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,29 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,29
Força cortante (kN)	5,3
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	7,42
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	224,27
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

90/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

yA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 20 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito


Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 20 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

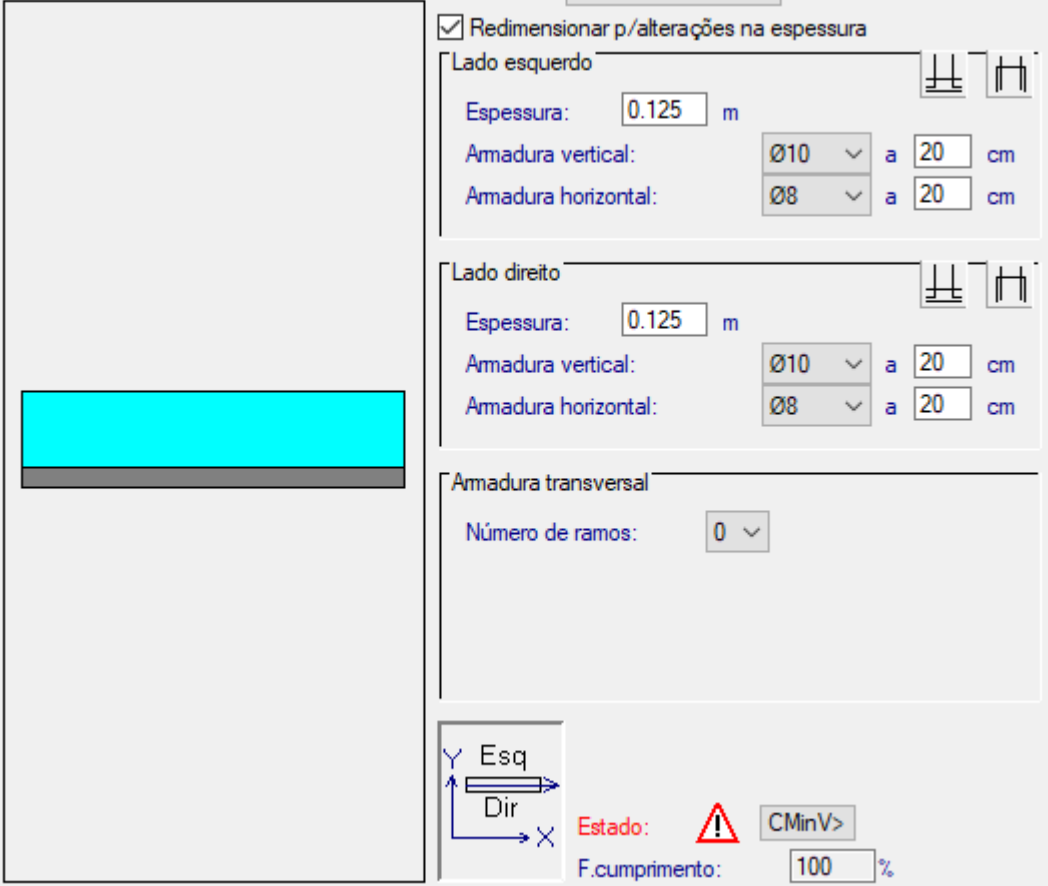
Amadura transversal

Número de ramos: 0

Estado:  CMinV>

F.cumprimento: 100 %

Esq Dir



### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

91/185

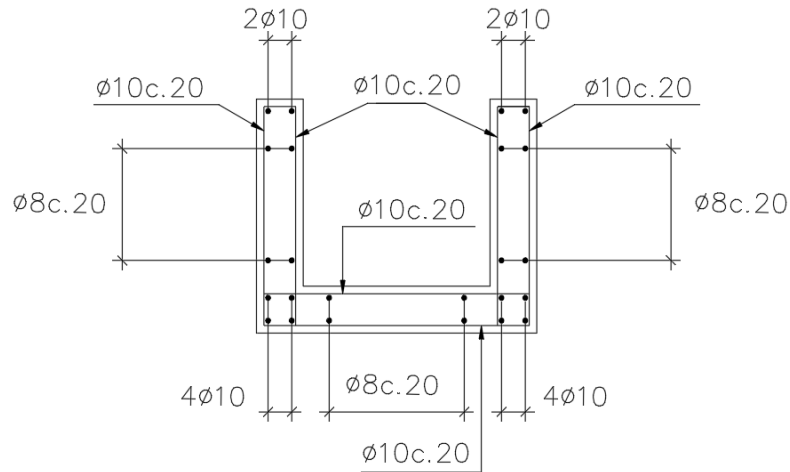
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

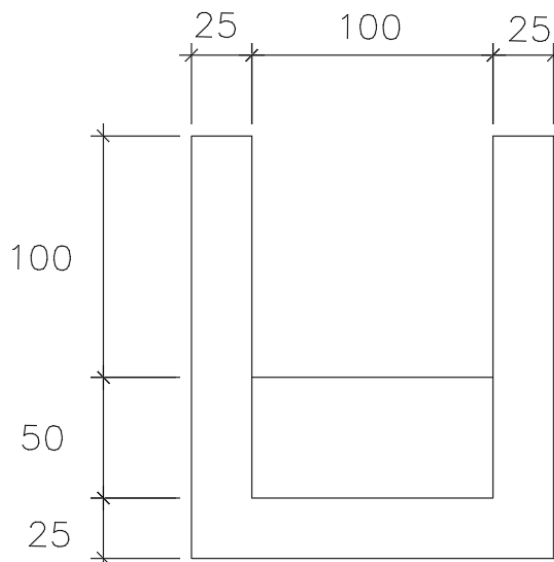
0

### 5.9.7 Croqui de armadura



### 5.10 CP-05 TRECHO EM DEGRAU (100x100+50)

#### 5.10.1 Seção da estrutura



#### 5.10.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

92/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m	Em faixa	77.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m							
Em faixa	77.55 kN/m							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>93/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

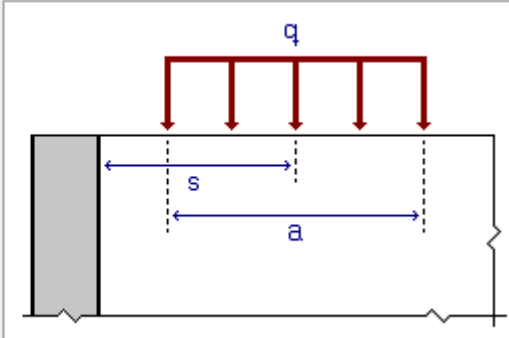
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.10.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

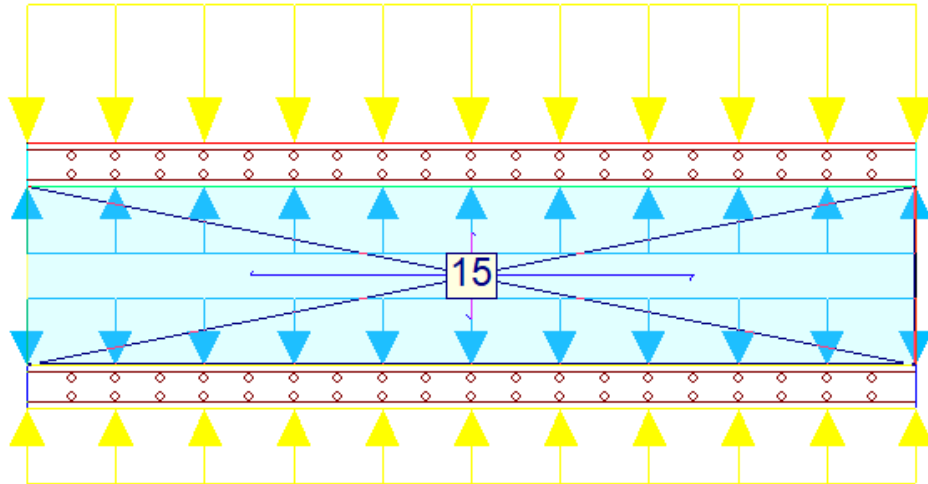
94/185

Nº WALM

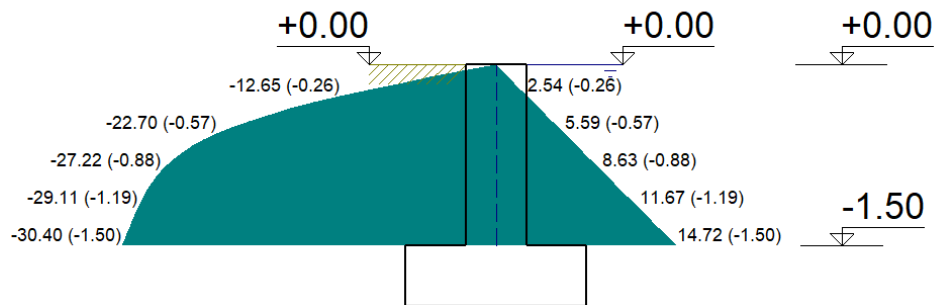
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

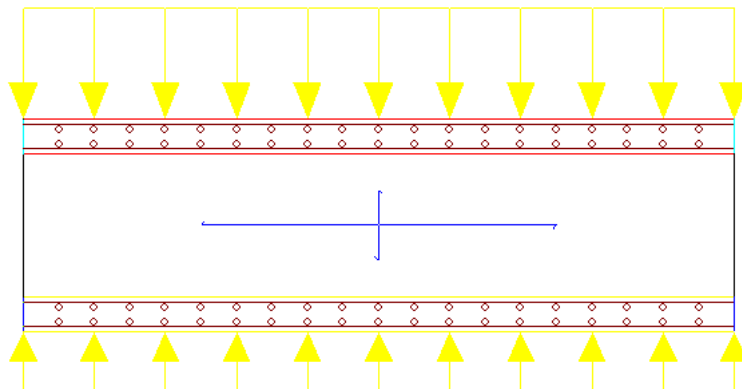
0



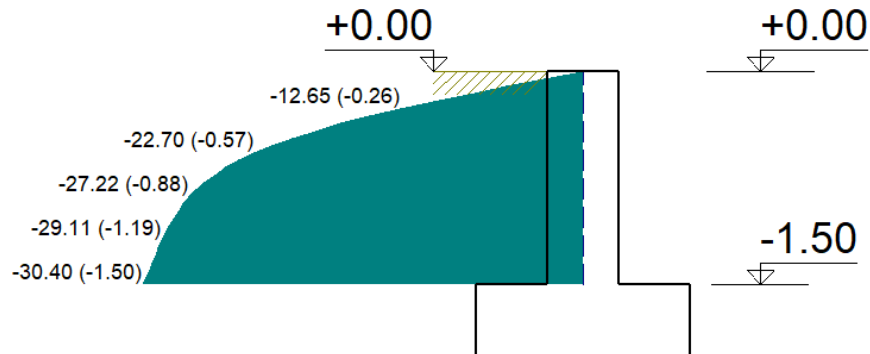
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



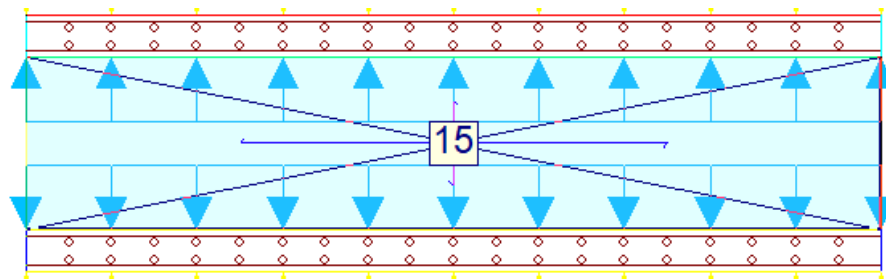
Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



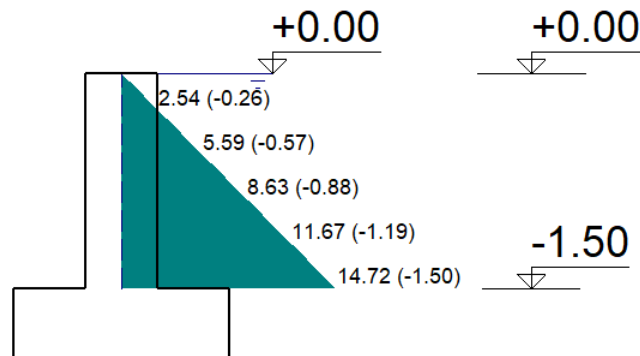
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**



**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



**5.10.4 Resultados para laje de fundo**

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 1,12 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 21,39 kN/m

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**96/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**



- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 27,12 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 7,04 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 39,14 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 1,78 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 14,13 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,95 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 4,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,22 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 1,70 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,04 Mpa

#### 5.10.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 2,37 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 23,79 kN.m/m
- Momento Horizontal: 7,52 kN.m/m
- Cortante Vertical: 40,29 kN/m
- Cortante Horizontal: 3,70 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 3,82 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	3,82
Força cortante (kN)	40,29
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	56,406
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	359,41
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>97/185</b> REV. <b>0</b>

### 5.10.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,29 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 6,72 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,16 kN.m/m
- Cortante Vertical: 12,83 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,99 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 1,06 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
f <sub>ck</sub> do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	150
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	145
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,06
Força cortante (kN)	12,83
Força cortante majorada de 1,4 (V <sub>Rd1</sub> ) (kN)	17,962
<b>RESULTADOS</b>	
V <sub>Rd1</sub> (kN)	345,23
V <sub>Sd</sub> ≤ V <sub>Rd1</sub>	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**  
**PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2**  
**DRENAGEM SUPERFICIAL**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

PÁGINA

**98/185**

REV.

**0**

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Esq  
Dir

F.cumprimento: 100 %

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

99/185

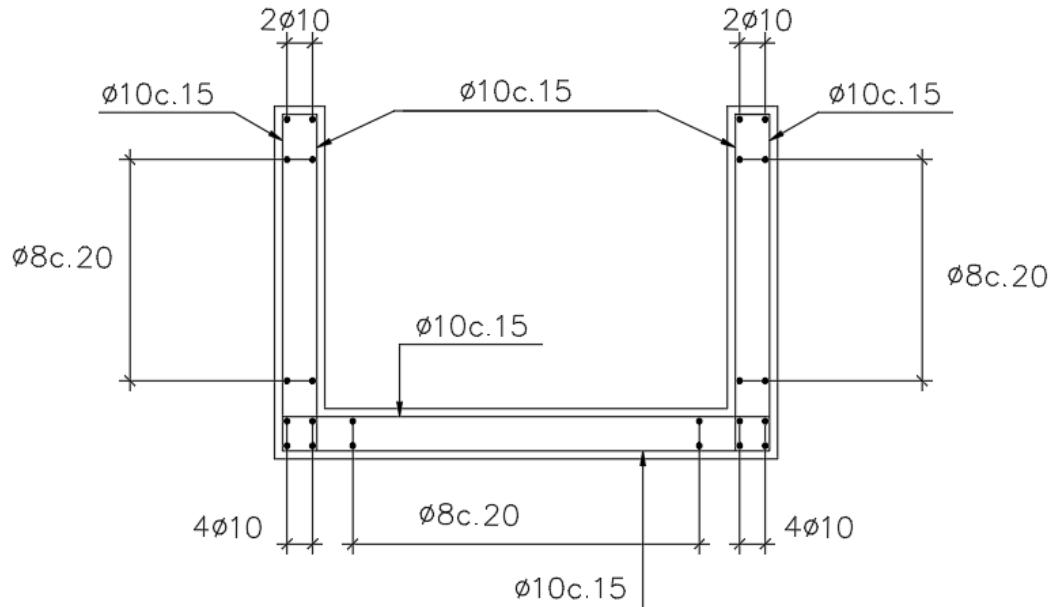
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

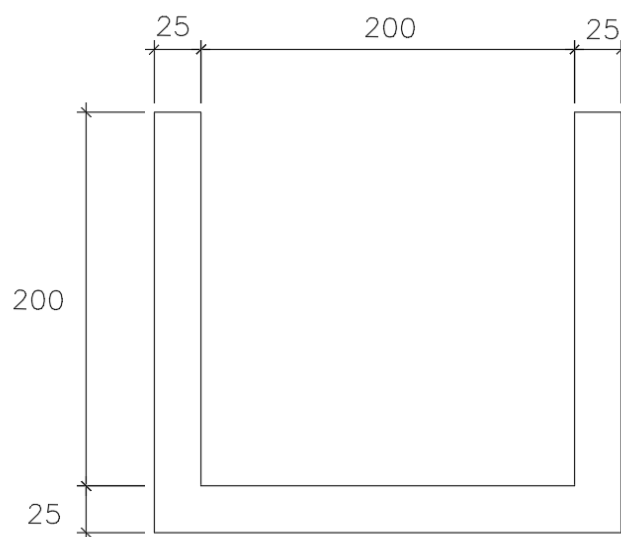
0

### 5.10.7 Croqui de armadura



### 5.11 CPP-01 TRECHO LISO (200X200)

#### 5.11.1 Seção da estrutura



#### 5.11.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

100/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m	Em faixa	77.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m							
Em faixa	77.55 kN/m							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>101/185</b>
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

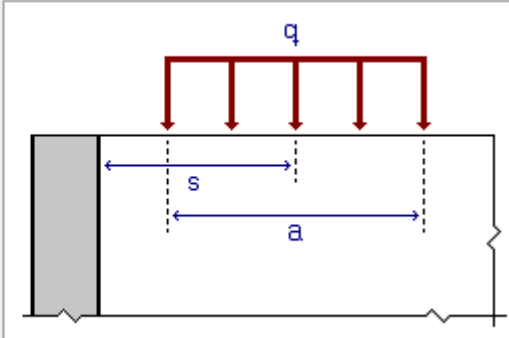
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.11.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

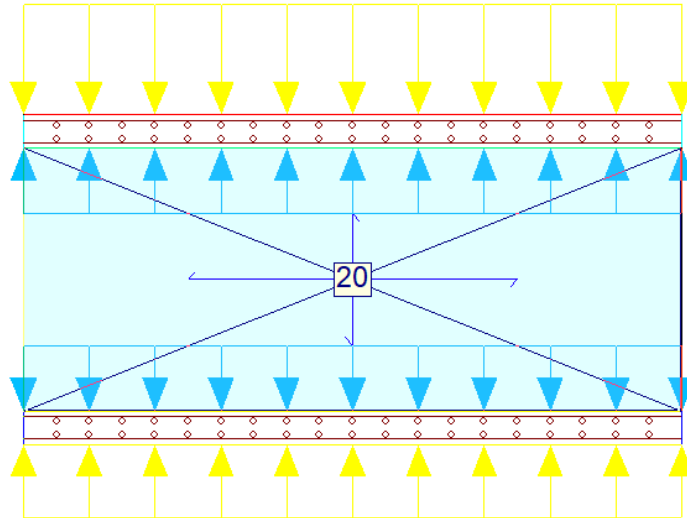
102/185

Nº WALM

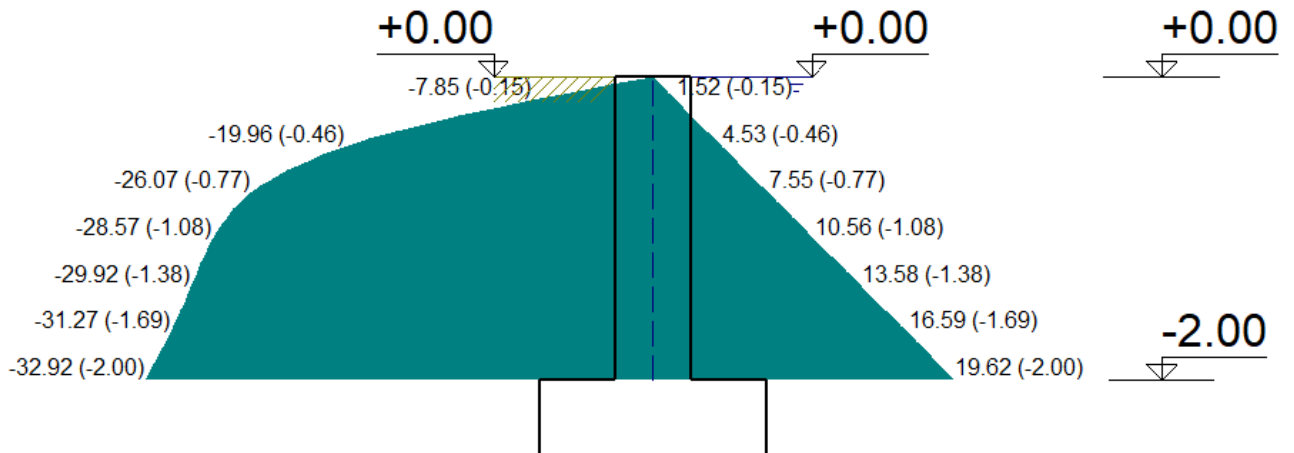
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

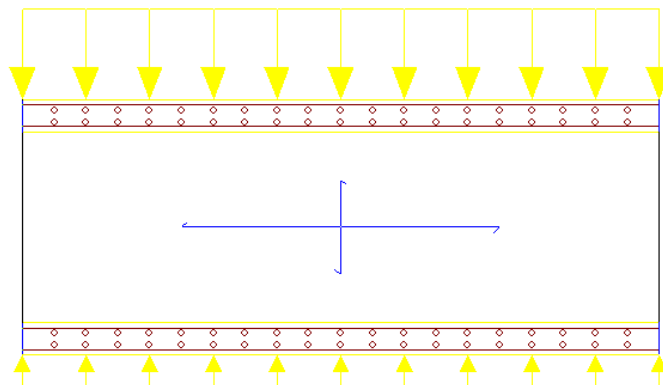
0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

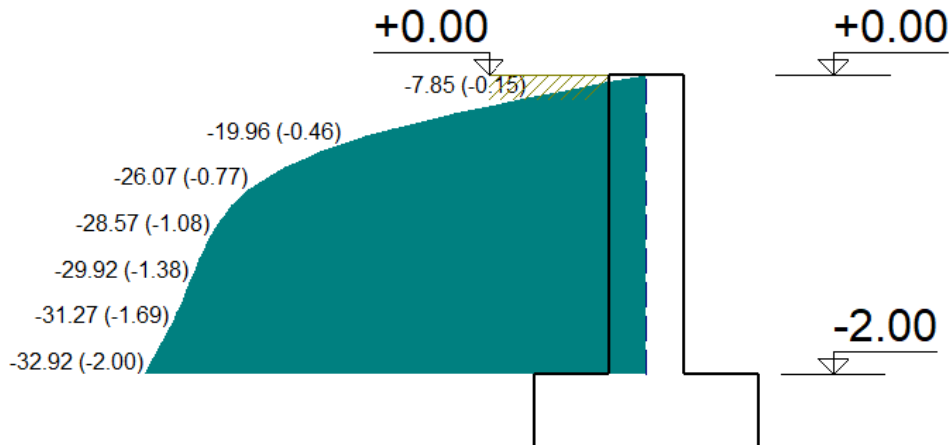
103/185

Nº WALM

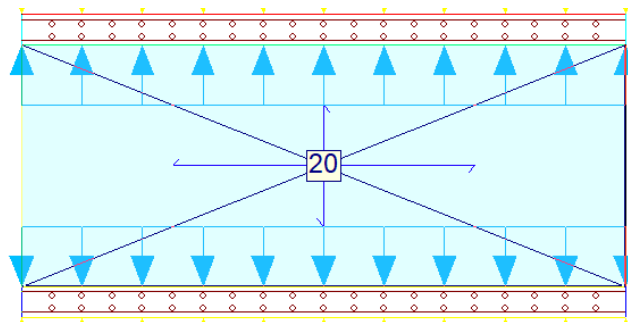
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

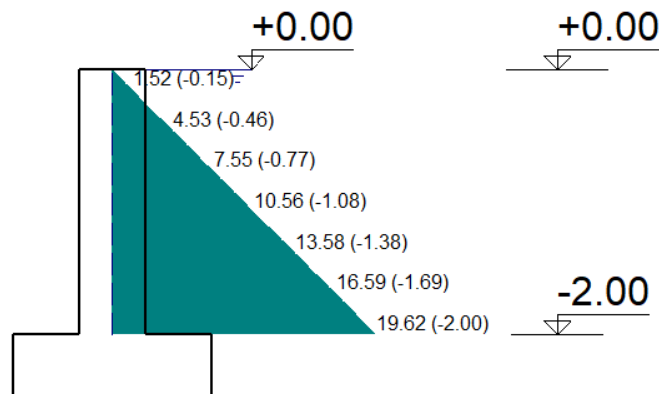
0



### Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo





### Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>



### 5.11.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>104/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 1,10 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 37,58 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 36,92 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 12,50 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 75,00 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 3,01 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 24,32 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,83 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 9,16 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,37 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 2,97 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,04 Mpa

#### 5.11.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 4,19 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x200/250 = 16$  mm
- Momento Vertical: 47,05 kN.m/m
- Momento Horizontal: 13,73 kN.m/m
- Cortante Vertical: 62,97 kN/m
- Cortante Horizontal: 5,13 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 7,74 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	200
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	295
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	7,74
Força cortante (kN)	62,97
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	88,158
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	733,98
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.11.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,11 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x200/250 = 16$  mm
- Momento Vertical: 15,41 kN.m/m
- Momento Horizontal: 4,65 kN.m/m
- Cortante Vertical: 23,92 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,55 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 2,46  $\text{cm}^2/\text{m}$
- Armadura mínima: 3,75  $\text{cm}^2/\text{m}$

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**106/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN}/\text{cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	200
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	295
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	2,46
Força cortante (kN)	23,92
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	33,488
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	705,41
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

PÁGINA

107/185

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø12.5 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 13 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Esq  
Dir

F.cumprimento: 100 %

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

108/185

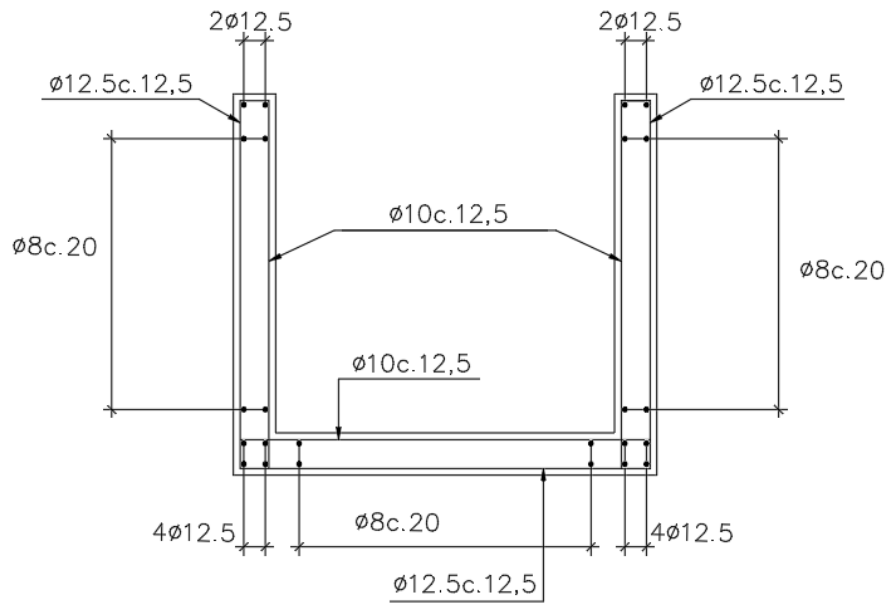
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

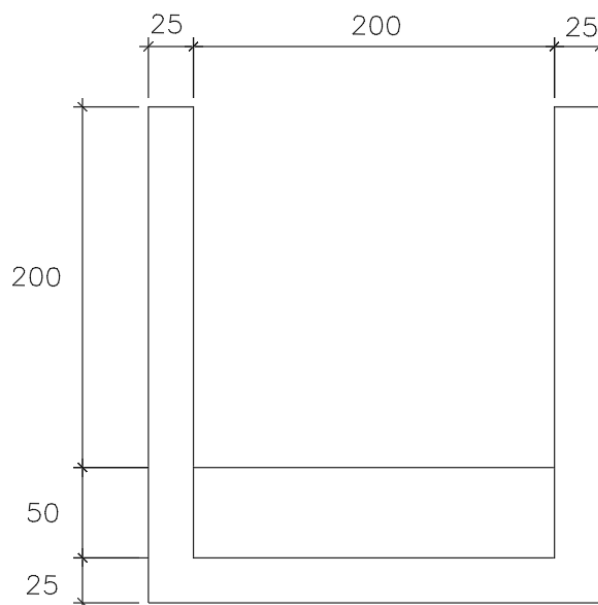
0

### 5.11.7 Croqui de armadura



### 5.12 CPP-01 TRECHO EM DEGRAU (200X200+50)

#### 5.12.1 Seção da estrutura



#### 5.12.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

109/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m	Em faixa	77.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m							
Em faixa	77.55 kN/m							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>110/185</b> REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

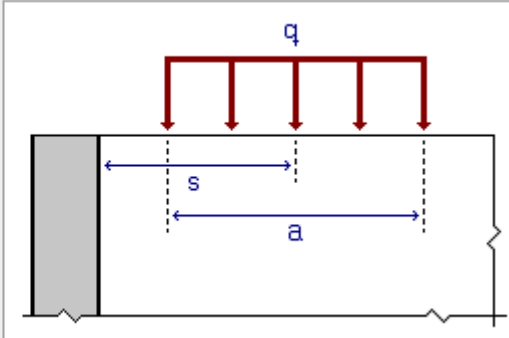
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.12.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

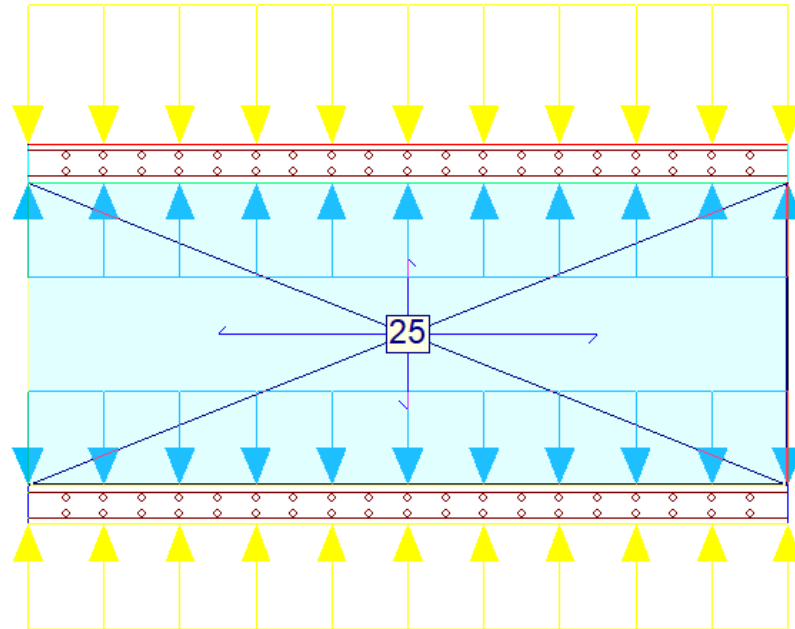
111/185

Nº WALM

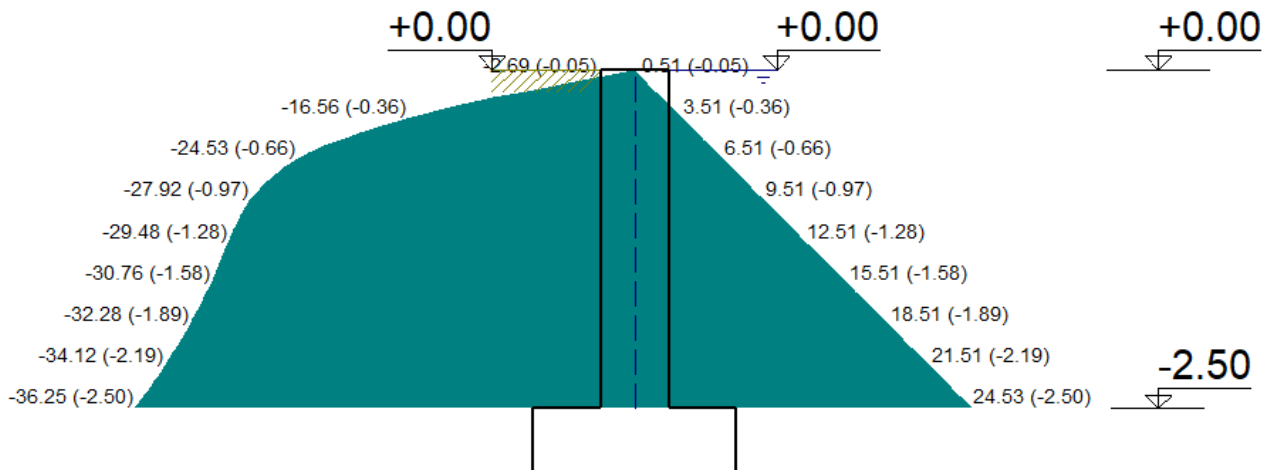
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

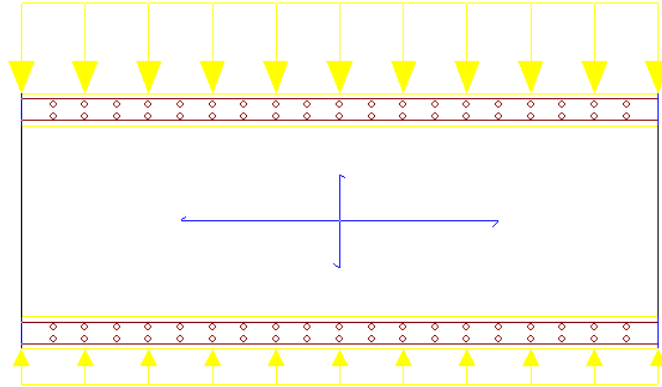
112/185

Nº WALM

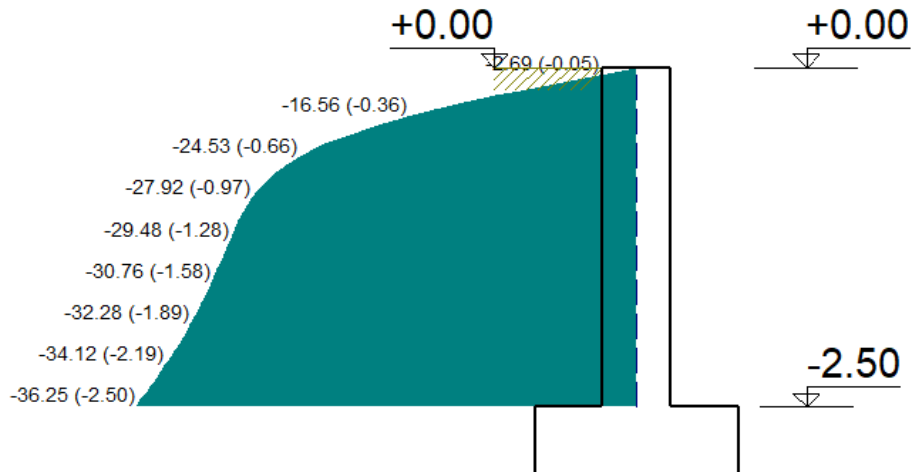
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

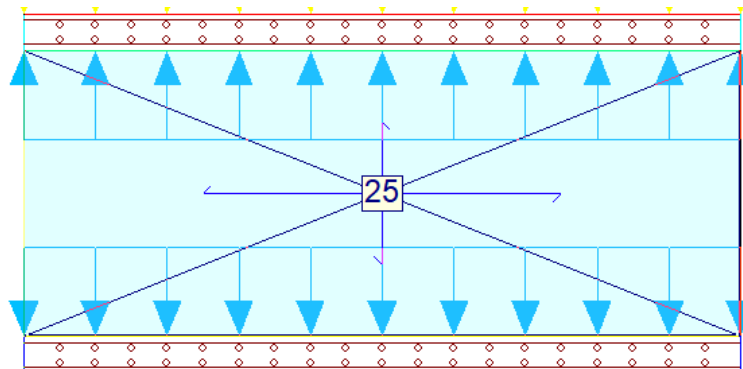
0





Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

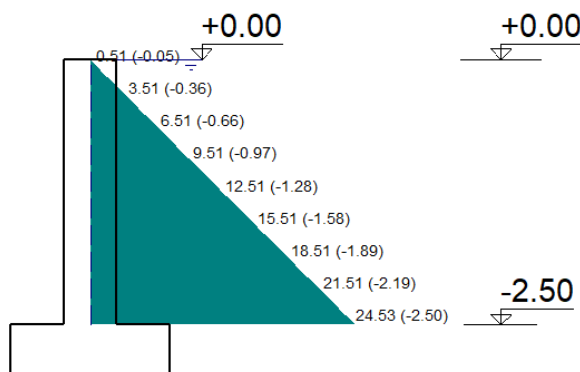


Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo



Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	PÁGINA <b>113/185</b> REV. <b>0</b>



#### 5.12.4 Resultados para laje de fundo



A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 1,44 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 60,66 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 60,53 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 20,84 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 128,62 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 3,86 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 36,80 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 3,14 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 15,72 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,47 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 4,50 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,06 Mpa

#### 5.12.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 9,46 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x250/250 = 20$  mm
- Momento Vertical: 80,60 kN.m/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>114/185</b> REV. <b>0</b>

- Momento Horizontal: 22,10 kN.m/m
- Cortante Vertical: 86,56 kN/m
- Cortante Horizontal: 10,68 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 13,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	250
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	245
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	13,76
Força cortante (kN)	86,56
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	121,184
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	634,07
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.12.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 2,97 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x250/250 = 20$  mm
- Momento Vertical: 30,18 kN.m/m
- Momento Horizontal: 8,53 kN.m/m
- Cortante Vertical: 37,33 kN/m
- Cortante Horizontal: 3,58 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 4,88 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m



COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

115/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	250
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	245
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	4,88
Força cortante (kN)	37,33
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	52,262
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	596,23
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

116/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø16 a 13 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 10 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m


Amadura vertical: Ø10 a 13 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 10 cm

Amadura transversal

Número de ramos: 0

Y Esq  
Dir  
X

Estado:  Ai

F.cumprimento: 100 %

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

117/185

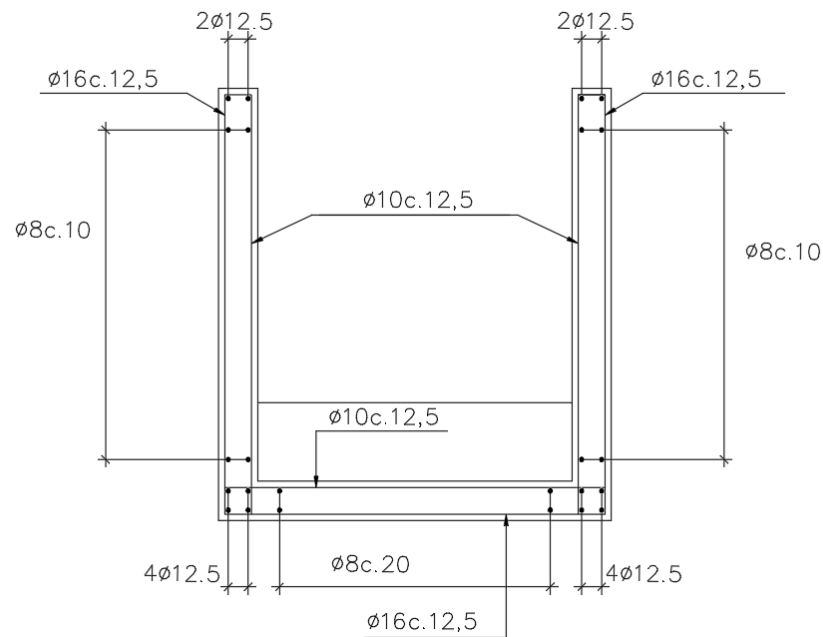
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

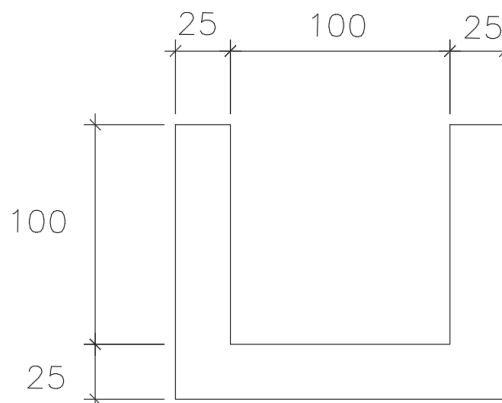
0

### 5.12.7 Croqui de armadura



5.13 DD-01 TRECHO LISO (100x100) = DD-02 = DD-03 = DD-04 = DD-05 = DD-06 = DAP-01

### 5.13.1 Seção da estrutura



### 5.13.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

118/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

Empuxos Solo Água Solo sem veículo	Hipótese	Cargas permanentes
	<input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água	
	Até à cota	0.00 m
	Ângulo do talude	0.00 graus
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>
	Ângulo atrito interno	23.00 graus
	Alívio por drenagem	100.00 %
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - [ícone] [ícone]
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m

Parâmetros do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

119/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

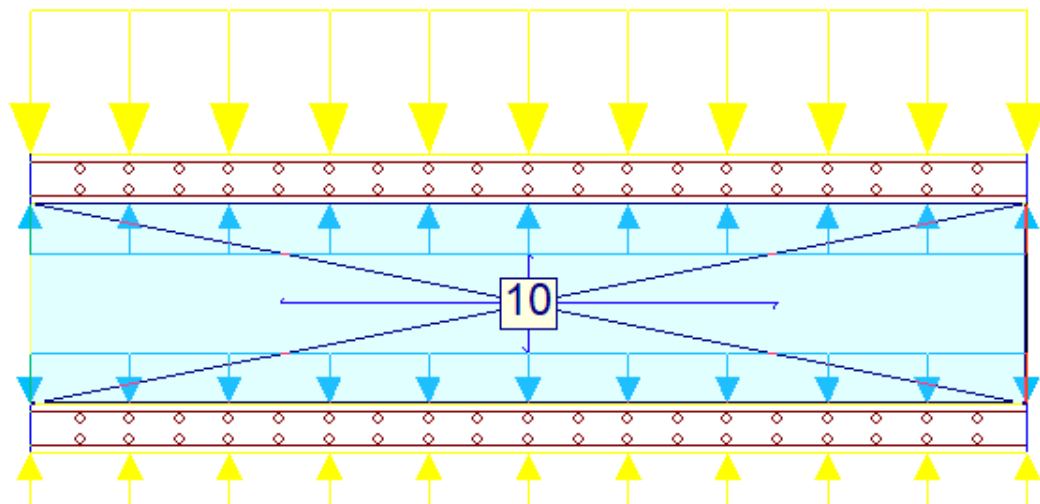
0

Empuxos	Hipótese	Sobrecarga
Solo	<input type="checkbox"/> Com reaterro/água	
Água	Até à cota	0.00 m
Solo sem veículo	Ângulo do talude	0.00 graus
	Densidade aparente	20.00 kN/m³
	Densidade submersa	10.00 kN/m³
	Ângulo atrito interno	28.00 graus
	Alívio por drenagem	100.00 %
	Cargas sobre o maciço de terra	+ [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]
	<input checked="" type="checkbox"/> Com água	
	<input type="checkbox"/> Com rocha	
		Até à cota 0.00 m
		Até à cota 0.00 m

Parâmetros da água

### 5.13.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m²

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

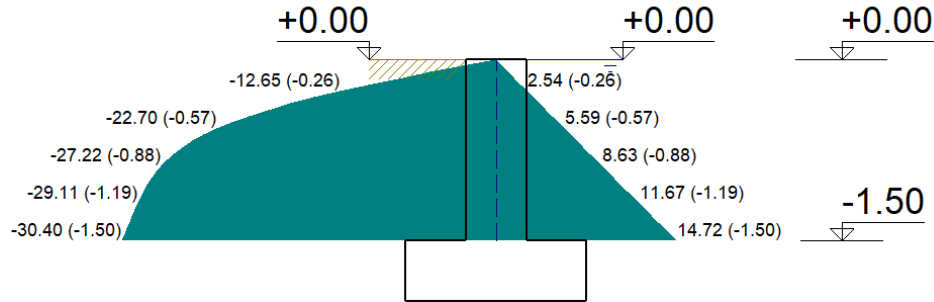
120/185

Nº WALM

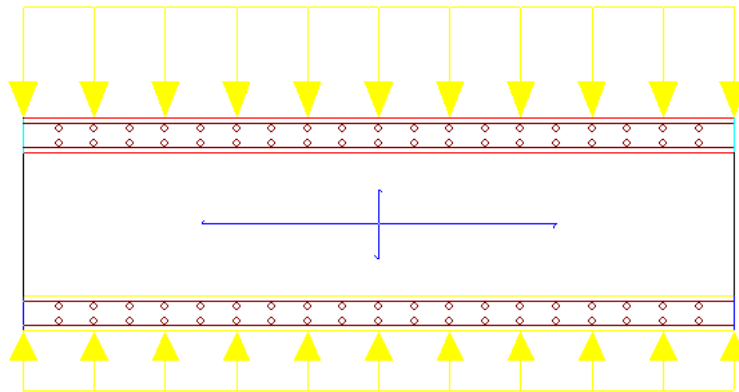
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

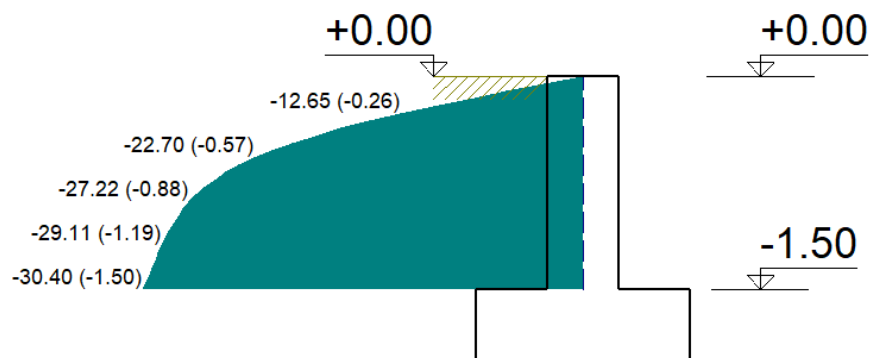
0



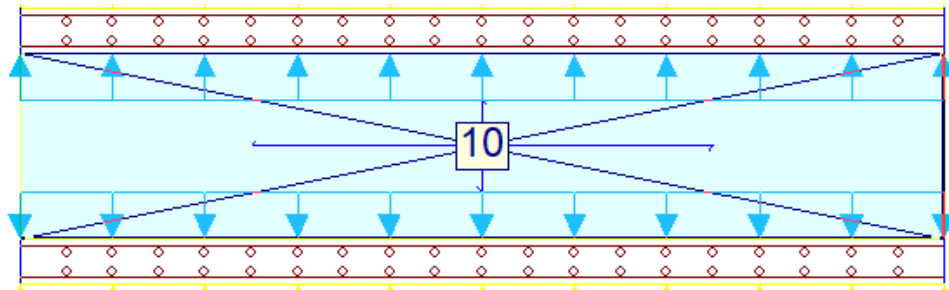
**Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo**



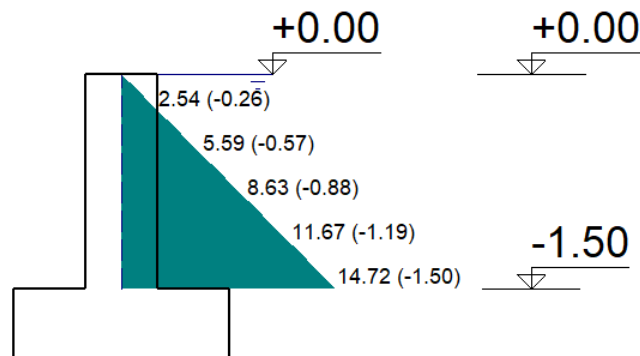
**Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>**



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**





**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



#### 5.13.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,66 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 9,22 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 12,19 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 2,87 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 14,41 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 0,95 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 5,84 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,35 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,12 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 0,71 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,03 Mpa

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>122/185</b> REV. <b>0</b>

### 5.13.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).



- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,58 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 7,54 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,30 kN.m/m
- Cortante Vertical: 20,74 kN/m
- Cortante Horizontal: 2,98 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 1,19 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,19
Força cortante (kN)	20,74
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	29,036
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	230,16
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.13.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,05 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 1,84 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,57 kN.m/m



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>123/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

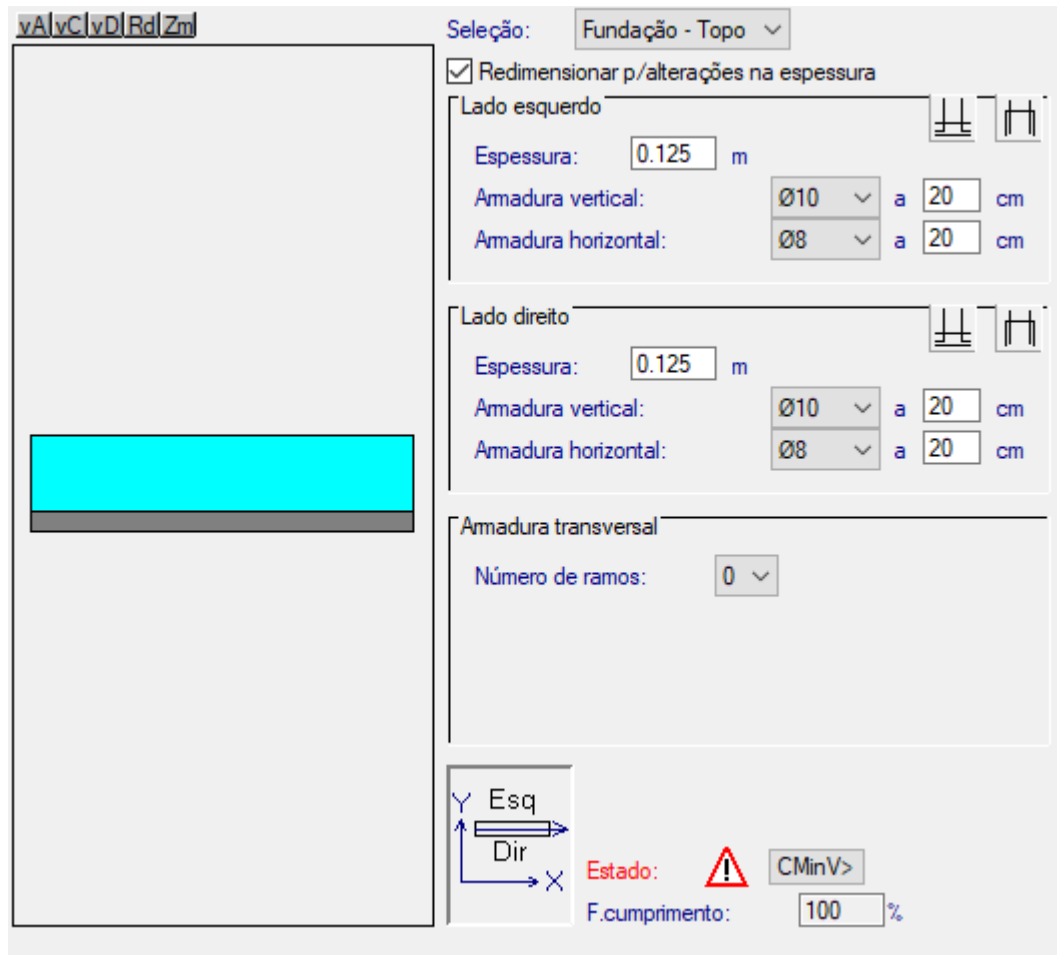
- Cortante Vertical: 5,30 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,81 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,29 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
f <sub>ck</sub> do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,29
Força cortante (kN)	5,3
Força cortante majorada de 1,4 (V <sub>Rd1</sub> ) (kN)	7,42
RESULTADOS	
V <sub>Rd1</sub> (kN)	224,27
V <sub>Sd</sub> ≤ V <sub>Rd1</sub>	OK
NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>124/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	




Seleção: Fundação - Topo  
 Redimensionar p/alterações na espessura

**Lado esquerdo**  
 Espessura: 0.125 m  
 Amadura vertical: Ø10 a 20 cm  
 Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

**Lado direito**  
 Espessura: 0.125 m  
 Amadura vertical: Ø10 a 20 cm  
 Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

**Amadurecimento transversal**  
 Número de ramos: 0

Estado:  CMinV  
 F.cumprimento: 100%

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**125/185**

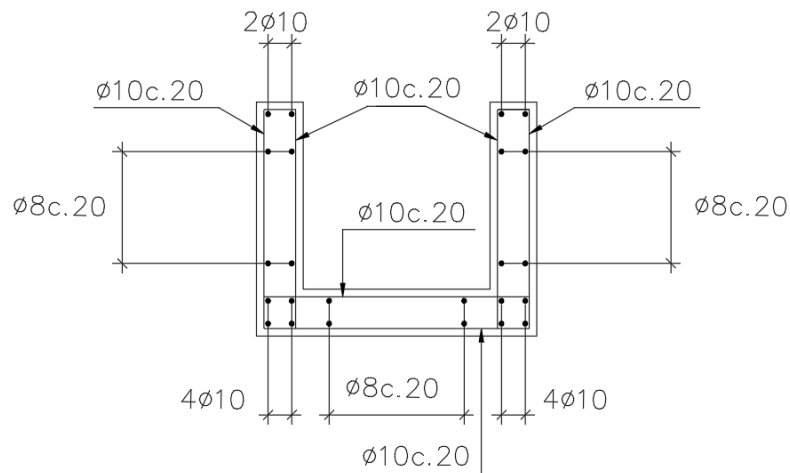
Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

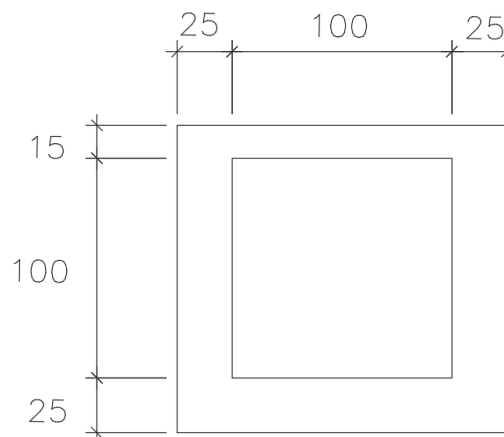
**0**

### 5.13.7 Croqui de armadura



5.14 DD-01 TRECHO TRAVESSIA (100x100) = DD-02 = DD-03 = DD-04 = DD-05 = DD-06 = DAP-01

### 5.14.1 Seção da estrutura



### 5.14.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

126/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes				
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água					
Água	Até à cota	0.15 m				
Solo sem veículo	Ângulo do talude	0.00 graus				
Solo 1	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>				
<b>Solo 2</b>	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>				
	Ângulo atrito interno	23.00 graus				
	Alívio por drenagem	100.00 %				
	Cargas sobre o maciço de terra	+ / - / [ ] / [ ]				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>46.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	46.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas					
Em faixa	46.55 kN/m					
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m				
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m				

Parâmetros do solo com sobrecarga

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	46.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	2.02 m
Largura (a)	4.04 m
Compr. (b)	1.00 m

Sobrecarga

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

127/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

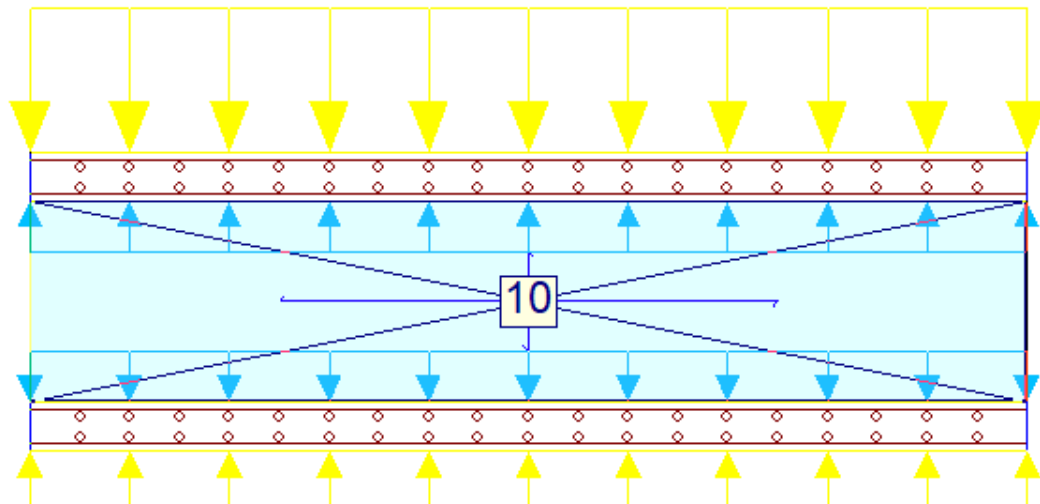
Empuxos	Hipótese	Sobrecarga
Solo	<input type="checkbox"/> Com reaterro/água	
Água	Até à cota	0.00 m
Solo sem veículo	Ângulo do talude	0.00 graus
	Densidade aparente	20.00 kN/m³
	Densidade submersa	10.00 kN/m³
	Ângulo atrito interno	28.00 graus
	Alívio por drenagem	100.00 %
	Cargas sobre o maciço de terra	+ [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]
	<input checked="" type="checkbox"/> Com água	Até à cota 0.00 m
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m

Tipo de carga	Cargas
[Área vazia]	

Parâmetros da água

### 5.14.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

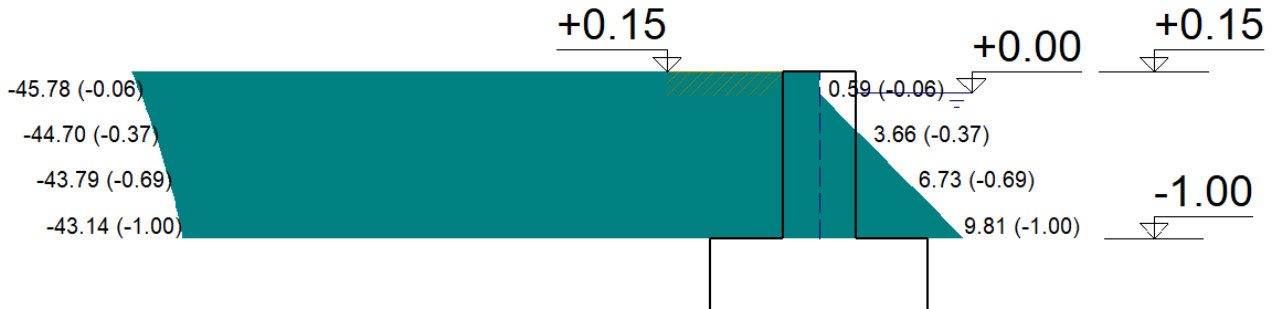
128/185

Nº WALM

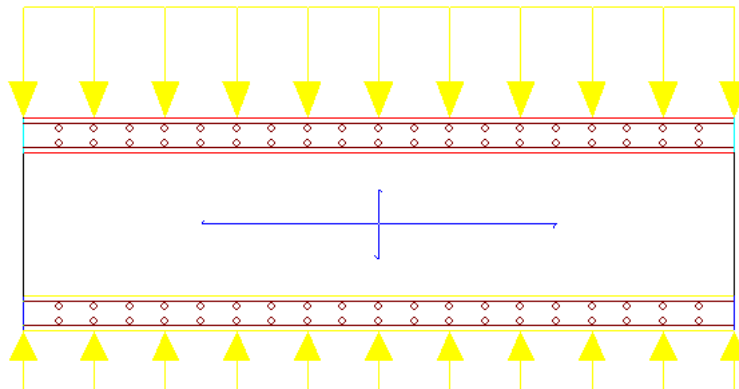
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

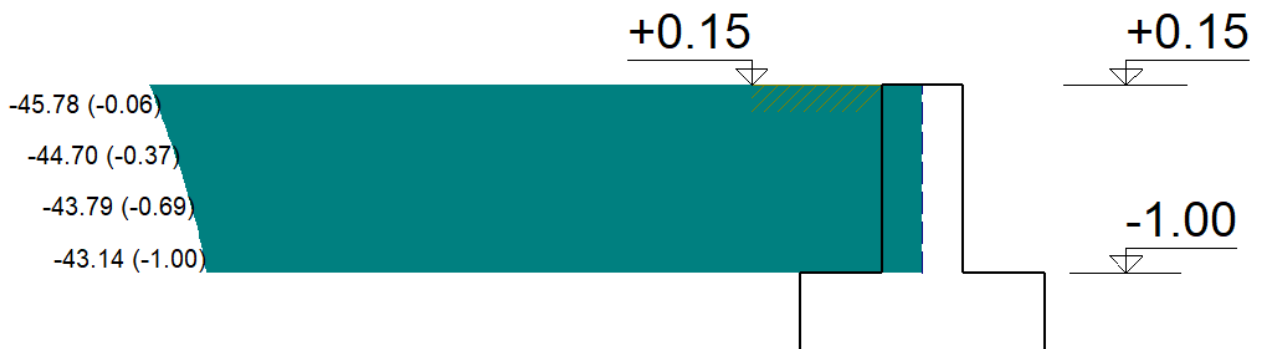
0



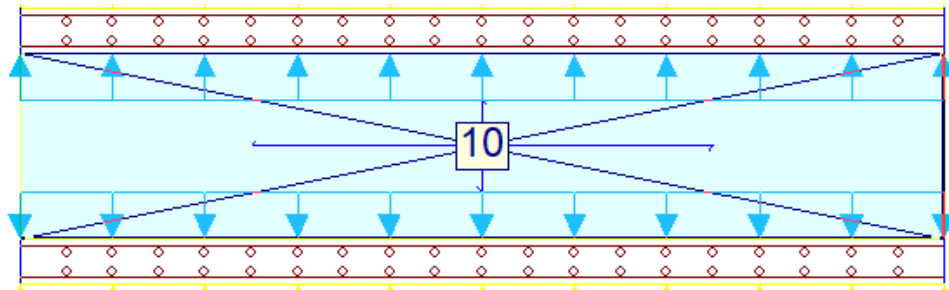
**Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo**



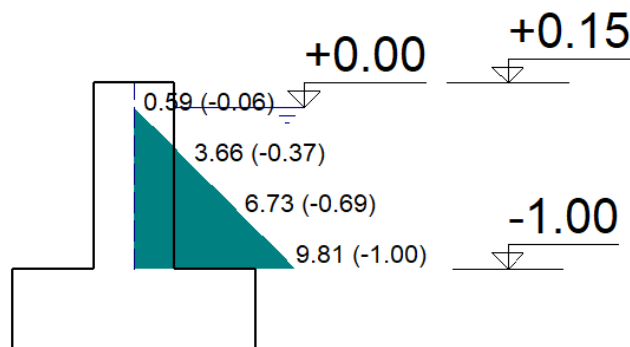
**Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>**



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**



**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**





#### 5.14.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 1,62 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 25,54 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 35,35 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 7,87 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 22,56 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 2,92 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 11,60 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,96 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 2,76 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,36 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 1,42 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,06 Mpa

#### 5.14.5 Resultados para as paredes – Caso 2

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>130/185</b> REV. <b>0</b>

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).



- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,66 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 7,60 kN.m/m
- Momento Horizontal: 1,62 kN.m/m
- Cortante Vertical: 37,03 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,87 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 1,20 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,2
Força cortante (kN)	37,03
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	51,842
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	233,44
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

#### 5.14.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,05 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x100/250 = 8$  mm
- Momento Vertical: 1,84 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,57 kN.m/m
- Cortante Vertical: 5,30 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,81 kN/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>131/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

- Armadura Vertical Interna: 0,29 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
f <sub>ck</sub> do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,29
Força cortante (kN)	5,3
Força cortante majorada de 1,4 (V <sub>Rd1</sub> ) (kN)	7,42
RESULTADOS	
V <sub>Rd1</sub> (kN)	224,27
V <sub>Sd</sub> ≤ V <sub>Rd1</sub>	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

132/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

133/185

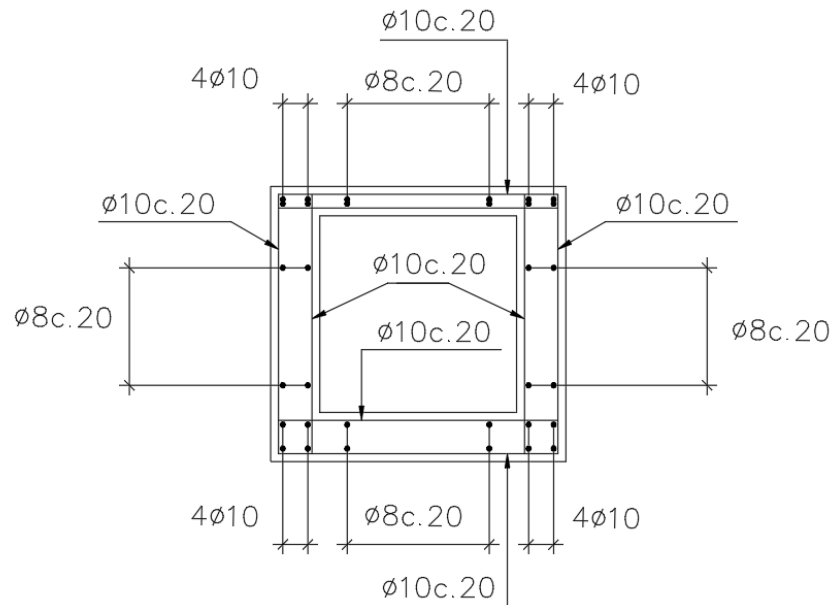
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

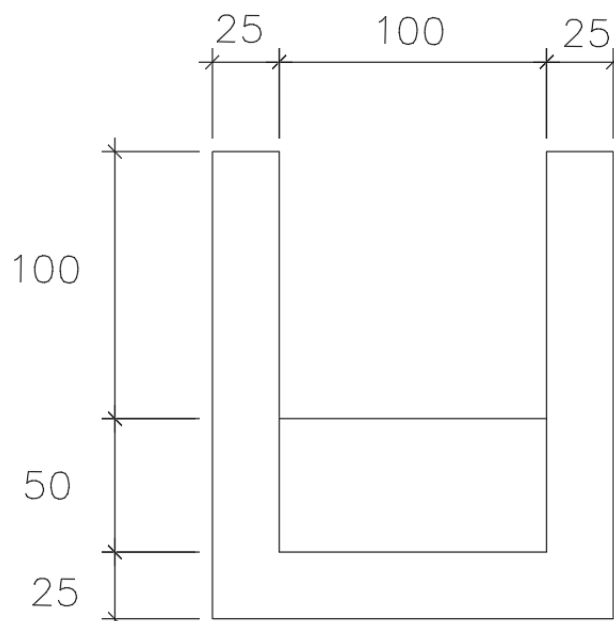
0



### 5.14.7 Croqui de armadura



5.15 DD-01 TRECHO EM DEGRAU (100x100+50) = DD-02 = DD-03 = DD-04 = DD-05  
= DD-06 = DAP-01

### 5.15.1 Seção da estrutura



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>134/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 5.15.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veículo

Hipótese

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra + / ✖ / 📄 / 🔄



Cargas permanentes ▾

Tipo de carga	Cargas
Até à cota	<input type="text" value="1.00"/> m
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m

Com água

Com rocha

Parâmetros do solo

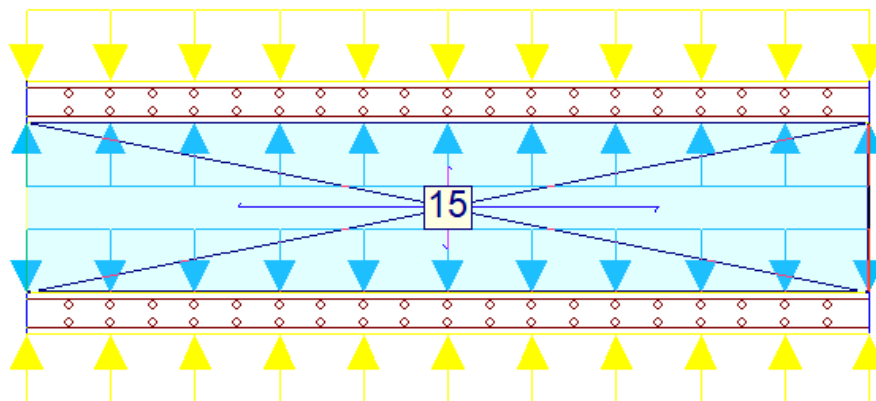
		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>135/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

<b>Empuxos</b> Solo <b>Água</b> Solo sem veículo	<b>Hipótese</b> <input type="checkbox"/> Com reaterro/água Até à cota <input type="text" value="0.00"/> m Ângulo do talude <input type="text" value="0.00"/> graus Densidade aparente <input type="text" value="20.00"/> kN/m³ Densidade submersa <input type="text" value="10.00"/> kN/m³ Ângulo atrito interno <input type="text" value="28.00"/> graus Alívio por drenagem <input type="text" value="100.00"/> % Cargas sobre o maciço de terra <input checked="" type="checkbox"/> Com água <input type="checkbox"/> Com rocha	Sobrecarga <input type="text" value="0.00"/> m <input type="text" value="0.00"/> graus <input type="text" value="20.00"/> kN/m³ <input type="text" value="10.00"/> kN/m³ <input type="text" value="28.00"/> graus <input type="text" value="100.00"/> % <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">&lt; &gt;</td> </tr> <tr> <td>Até à cota</td> <td><input type="text" value="0.00"/> m</td> </tr> <tr> <td>Até à cota</td> <td><input type="text" value="0.00"/> m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	< >		Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m	Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m
Tipo de carga	Cargas									
< >										
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m									
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m									

Parâmetros da água

### 5.15.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m²

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

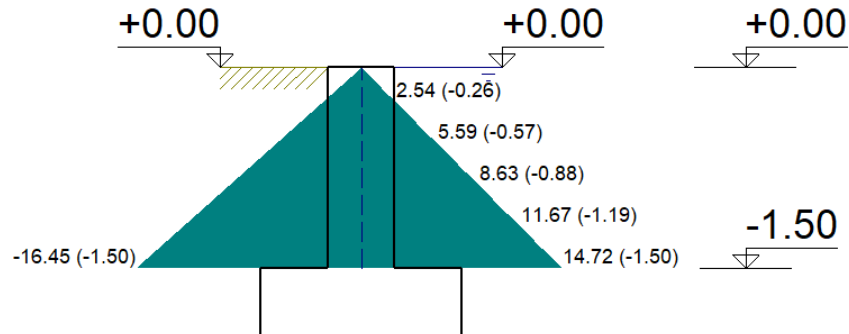
136/185

Nº WALM

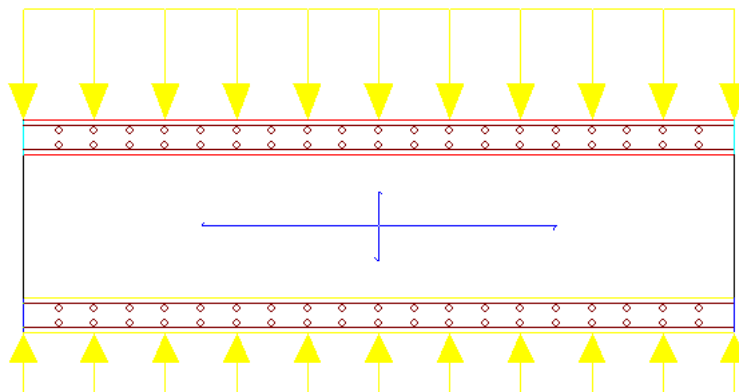
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

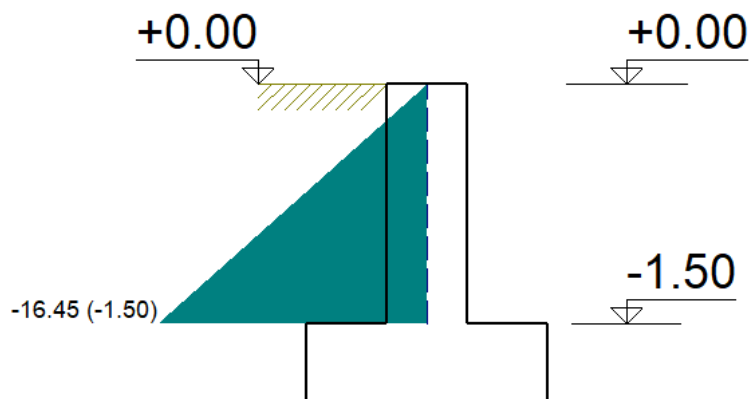
0



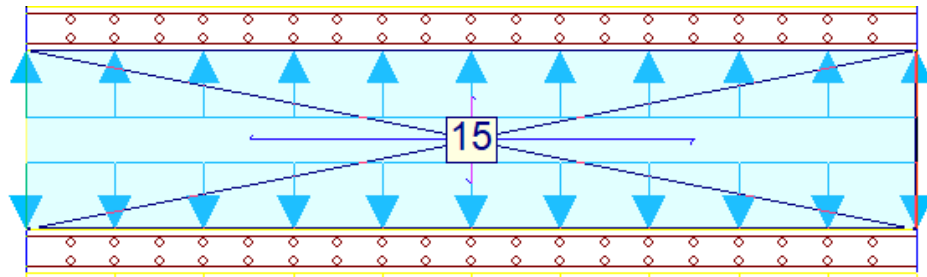
**Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo**



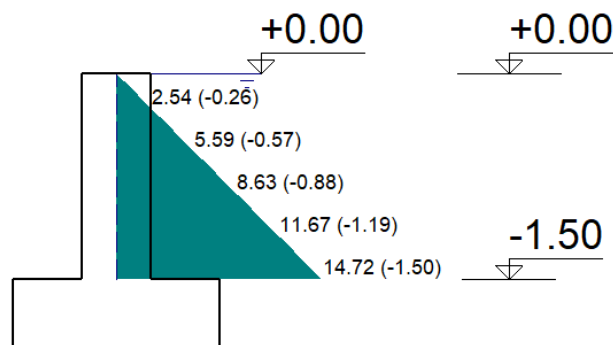
**Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>**



**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**





**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



#### 5.15.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,62 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 6,72 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 8,21 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 2,20 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 12,19 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 0,62 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 2,78 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,30 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,49 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,08 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 0,34 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,02 Mpa

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>138/185</b> REV. <b>0</b>

### 5.15.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).



- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,30 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 7,54 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,30 kN.m/m
- Cortante Vertical: 14,30 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,12 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 1,20cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,2
Força cortante (kN)	14,3
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	20,02
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	228,91
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.15.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,25 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x150/250 = 12$  mm
- Momento Vertical: 1,84 kN.m/m
- Momento Horizontal: 6,72 kN.m/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>139/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

- Cortante Vertical: 12,80 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,99 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,29 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	100
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	95
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,29
Força cortante (kN)	12,8
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	17,92
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	225,77
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.



PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

140/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

yA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 20 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 20 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Amadura transversal

Número de ramos: 0

Estado: CMinV>

F.cumprimento: 100 %

Esq Dir

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

141/185

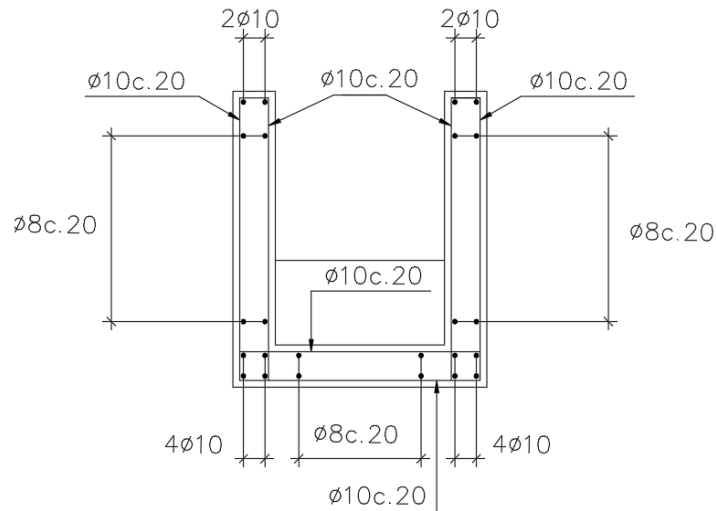
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

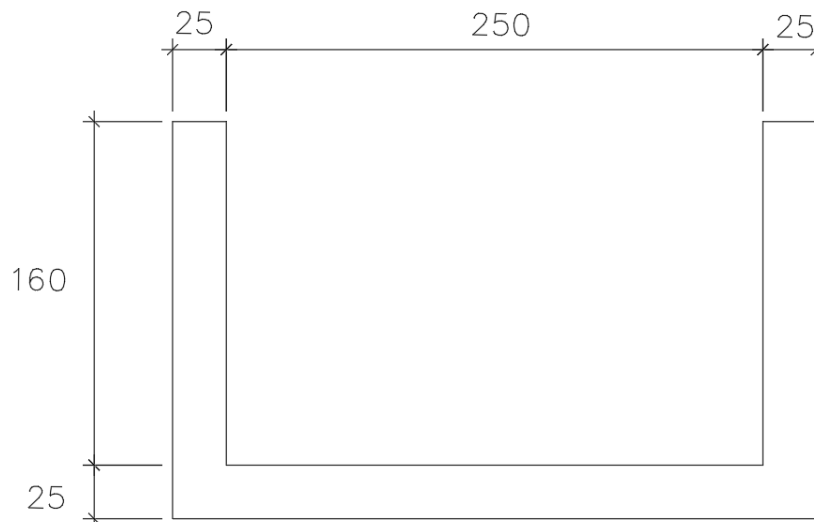
0

### 5.15.7 Croqui de armadura



### 5.16 EXTRAVASOR 1 (250X160)

#### 5.16.1 Seção da estrutura



#### 5.16.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

142/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m	Em faixa	77.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m							
Em faixa	77.55 kN/m							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA
		-	<b>143/185</b>
		Nº WALM	REV.
		<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>0</b>

Tipo de carga :

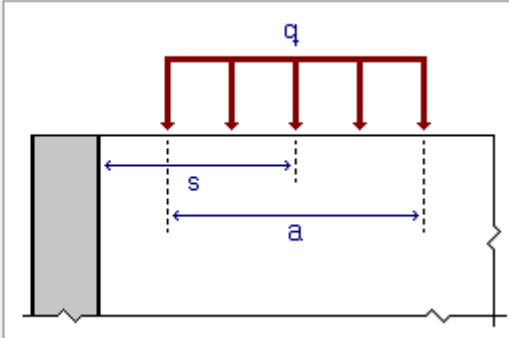
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.16.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

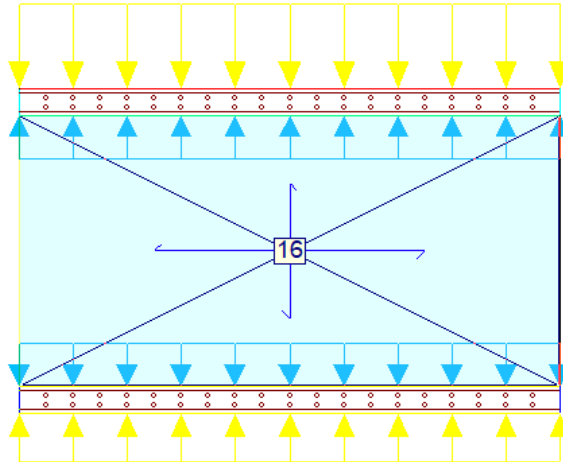
144/185

Nº WALM

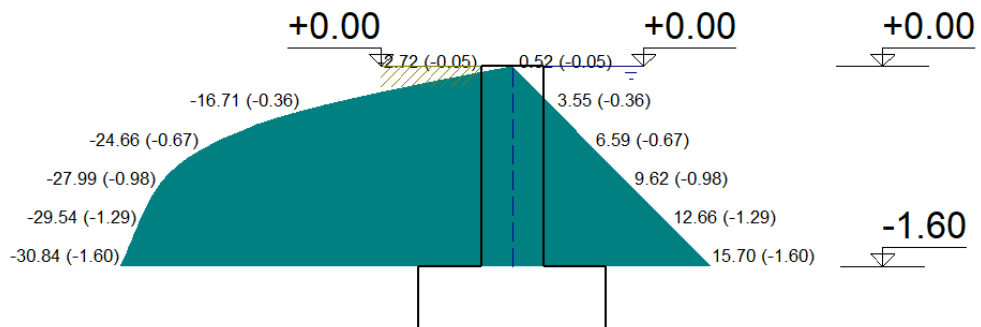
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

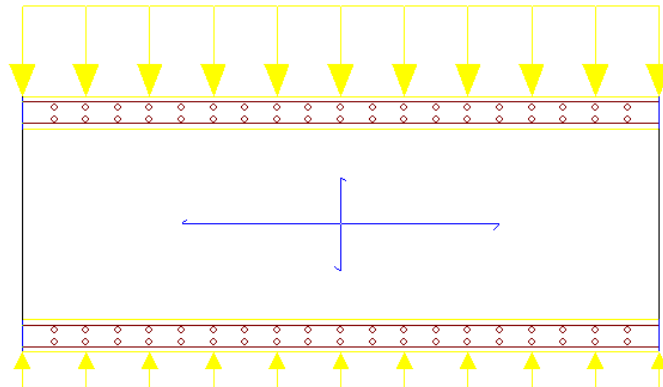
0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

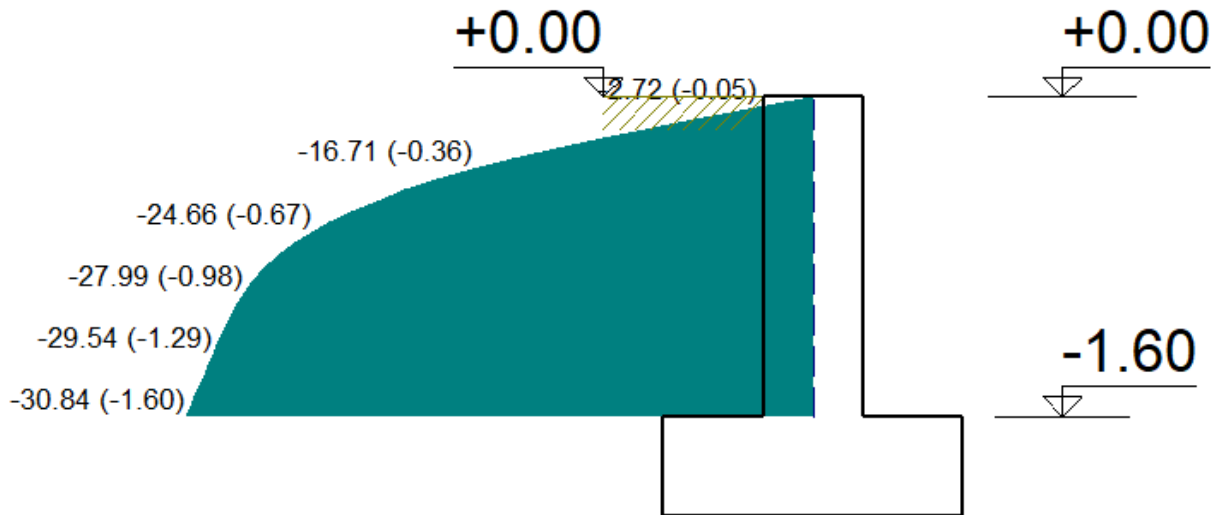
145/185

Nº WALM

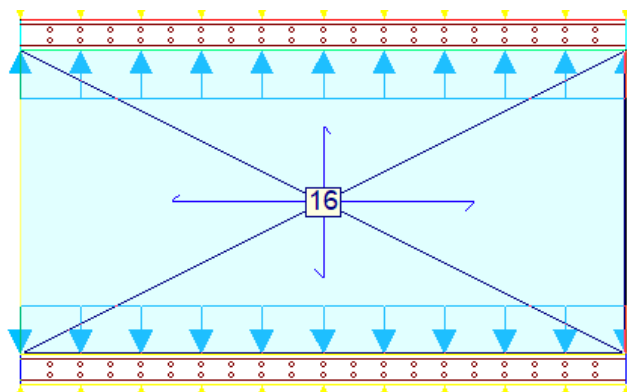
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

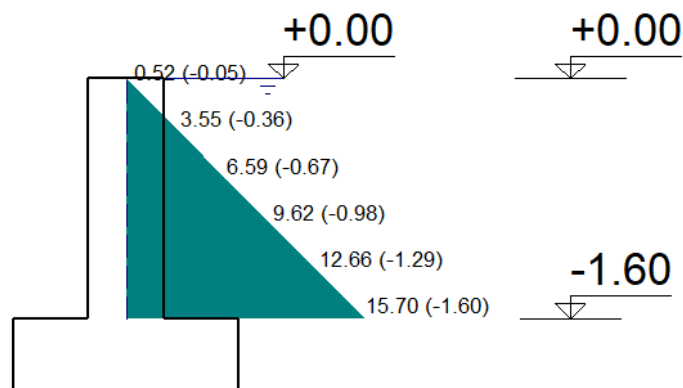
0





**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**



**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



**5.16.4 Resultados para laje de fundo**

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>146/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	



A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,76 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 22,23 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 24,16 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 7,29 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 44,39 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 1,88 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 15,64 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,08 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 5,42 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,23 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 1,91 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,03 Mpa

#### 5.16.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 1,92 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x160/250 = 12,8$  mm
- Momento Vertical: 28,10 kN.m/m
- Momento Horizontal: 8,64 kN.m/m
- Cortante Vertical: 45,26 kN/m
- Cortante Horizontal: 3,93 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 4,53 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>147/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	160
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	155
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	4,53
Força cortante (kN)	45,26
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	63,364
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	386,06
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

#### 5.16.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,46 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x160/250 = 12,8$  mm
- Momento Vertical: 8,21 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,58 kN.m/m
- Cortante Vertical: 15,08 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,05 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 1,30 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**148/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	160
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	155
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	1,3
Força cortante (kN)	15,08
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	21,112
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	369,84
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

149/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 15 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Esq

Dir

F.cumprimento: 100 %

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

150/185

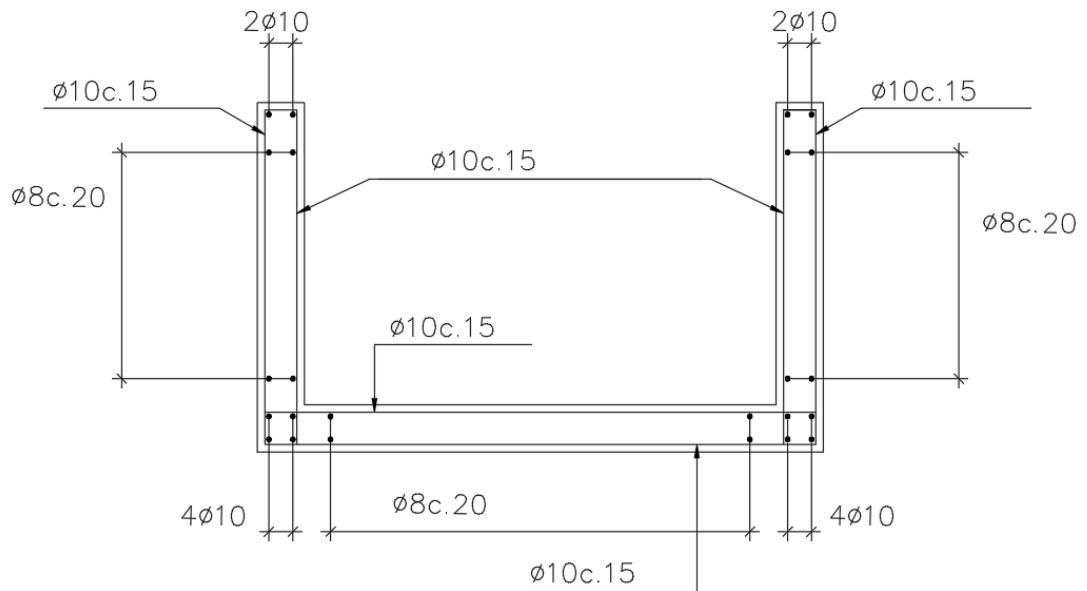
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

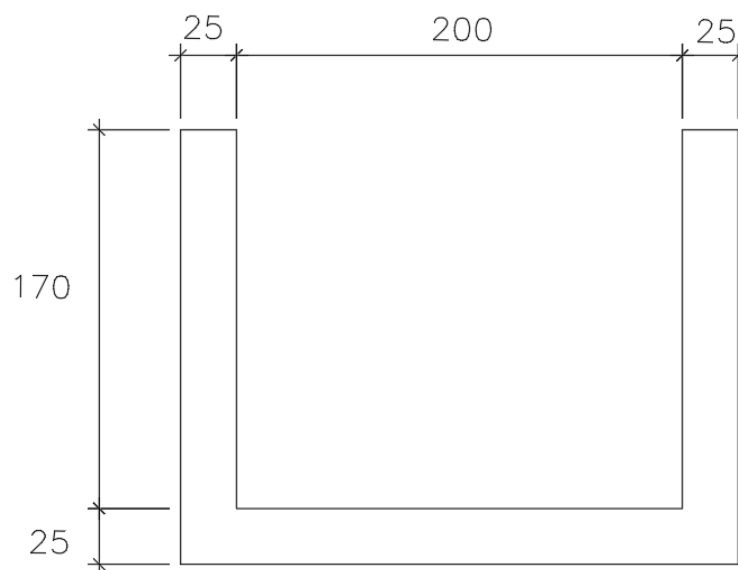
0

### 5.16.7 Croqui de armadura



### 5.17 EXTRAVASOR 2 (200X170)

#### 5.17.1 Seção da estrutura



#### 5.17.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

151/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veículo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>	Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
Em faixa	77.55 kN/m <sup>2</sup>							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veículo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
		PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2 DRENAGEM SUPERFICIAL MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL	Nº MOSAIC -
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

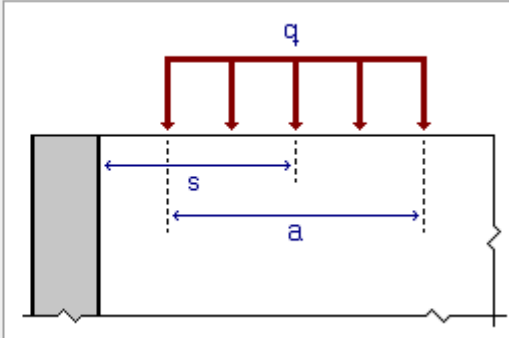
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.17.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

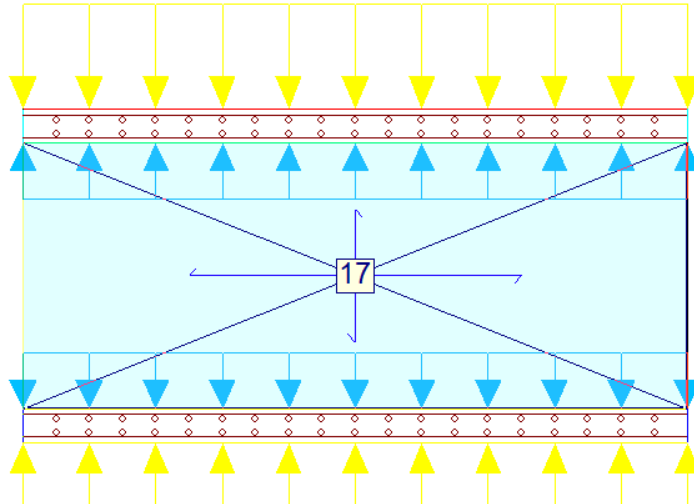
153/185

Nº WALM

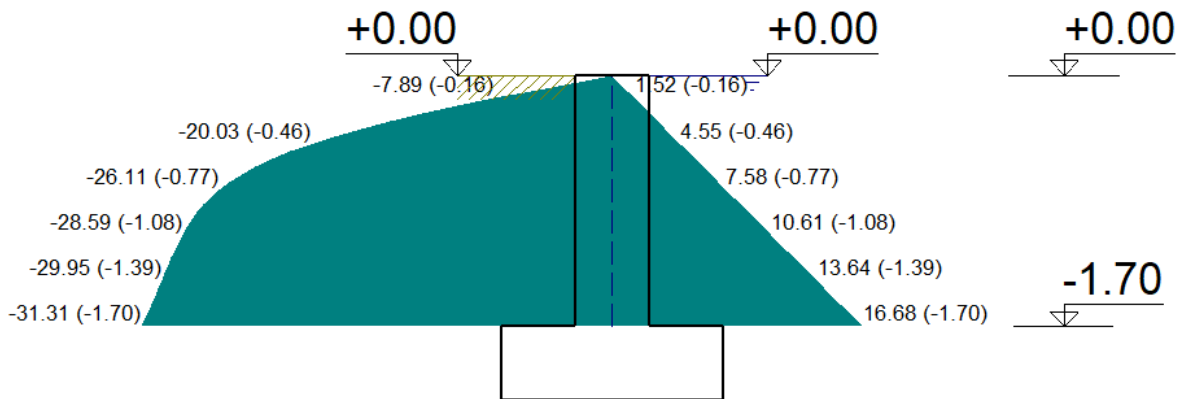
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

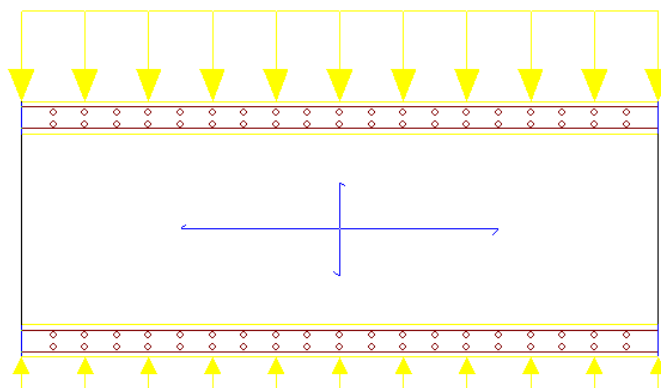
0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

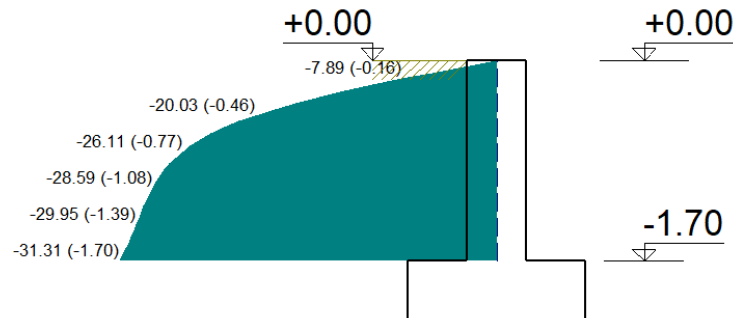
154/185

Nº WALM

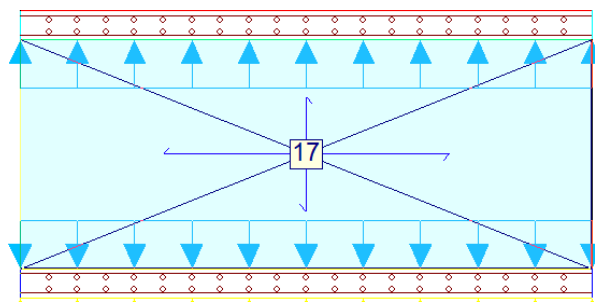
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

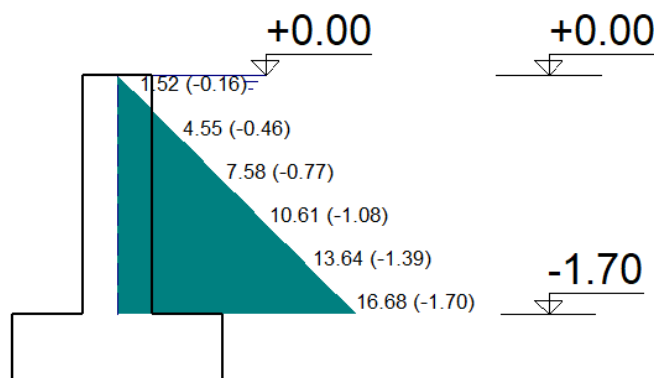
0



### Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo



### Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>



### 5.17.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,91 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 26,30 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 27,70 kN/m

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**155/185**

Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**

- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 8,71 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 52,17 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 2,18 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 17,90 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,28 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 6,38 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,27 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 2,19 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,03 Mpa



#### 5.17.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 2,41 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x170/250 = 13,6$  mm
- Momento Vertical: 32,52 kN.m/m
- Momento Horizontal: 9,77 kN.m/m
- Cortante Vertical: 50,25 kN/m
- Cortante Horizontal: 3,63 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 5,27 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	170
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	165
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	5,27
Força cortante (kN)	50,25
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	70,35
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	412,80
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC		PÁGINA
	Nº WALM	-	<b>156/185</b>
		<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 5.17.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,57 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x170/250 = 13,6$  mm
- Momento Vertical: 9,85 kN.m/m
- Momento Horizontal: 3,03 kN.m/m
- Cortante Vertical: 17,33 kN/m
- Cortante Horizontal: 1,26 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 1,56 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	170
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	165
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	1,56
Força cortante (kN)	17,33
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	24,262
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	394,52
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

157/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 10 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.125 m

Amadura vertical: Ø10 a 10 cm

Amadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Amadura transversal

Número de ramos: 0

Y Esq  
X Dir

F.cumprimento: 100 %

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**158/185**

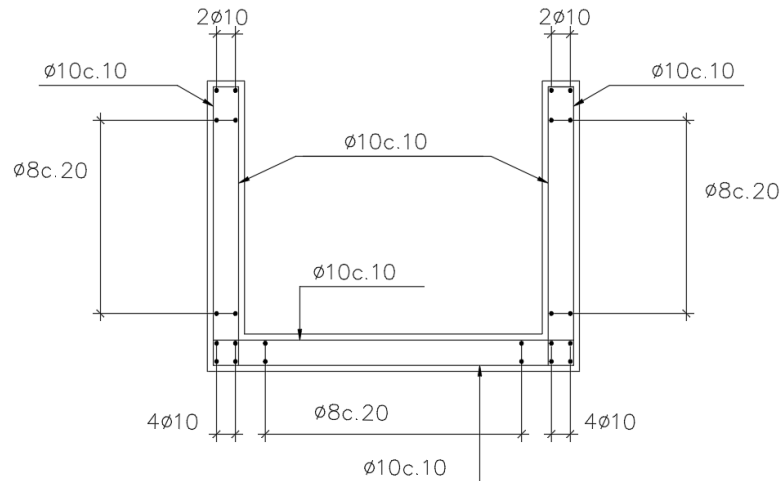
Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

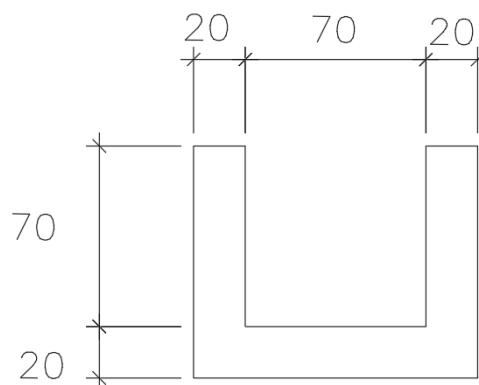
**0**

### 5.17.7 Croqui de armadura



5.18 CB (70x70) = CB(50X50) = CR(50X50)

### 5.18.1 Seção da estrutura



### 5.18.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

159/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

Empuxos	Hipótese	Cargas permanentes						
Solo	<input checked="" type="checkbox"/> Com reatero/água							
Água	Até à cota	0.00 m						
Solo sem veiculo	Ângulo do talude	0.00 graus						
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>						
	Ângulo atrito interno	23.00 graus						
	Alívio por drenagem	100.00 %						
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - /						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> <tr> <td>Em faixa</td> <td>77.55 kN/m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Em faixa	77.55 kN/m	Em faixa	77.55 kN/m
Tipo de carga	Cargas							
Em faixa	77.55 kN/m							
Em faixa	77.55 kN/m							
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m						
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m						

Parâmetros do solo com sobrecarga do veiculo

Tipo de carga :	
Em faixa	
Valor (q)	77.55 kN/m <sup>2</sup>
Distância do paramento (s)	1.30 m
Largura (a)	0.60 m
Compr. (b)	1.00 m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>160/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tipo de carga :

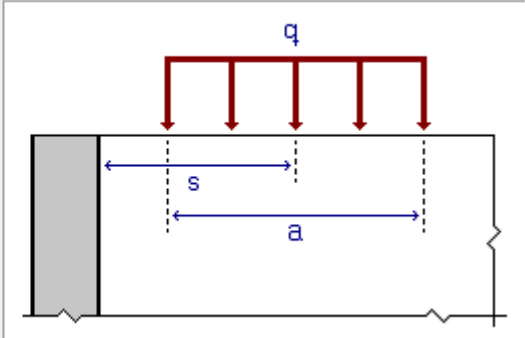
Em faixa

Valor (q)  kN/m<sup>2</sup>

Distância do paramento (s)  m

Largura (a)  m

Compr. (b)  m



Sobrecarga

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese Sobrecarga

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m<sup>3</sup>

Densidade submersa  kN/m<sup>3</sup>

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra

Tipo de carga	Cargas
< >	

Com água

Com rocha

Até à cota  m

Até à cota  m

Parâmetros da água

### 5.18.3 Casos de Carregamento

#### Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

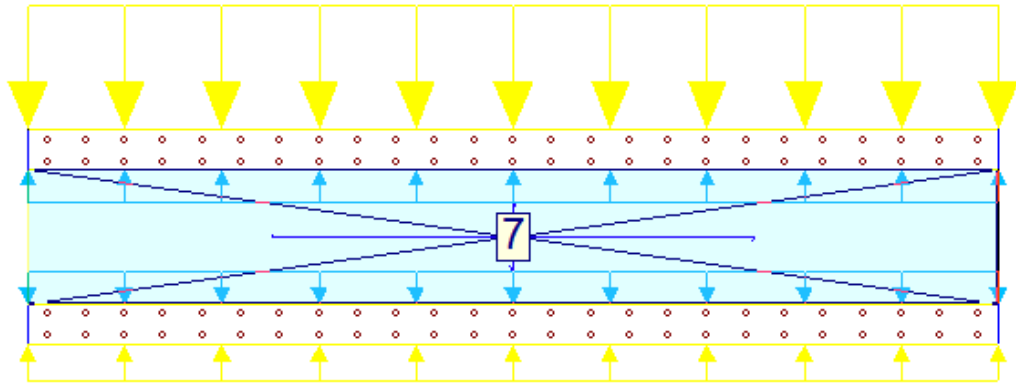
161/185

Nº WALM

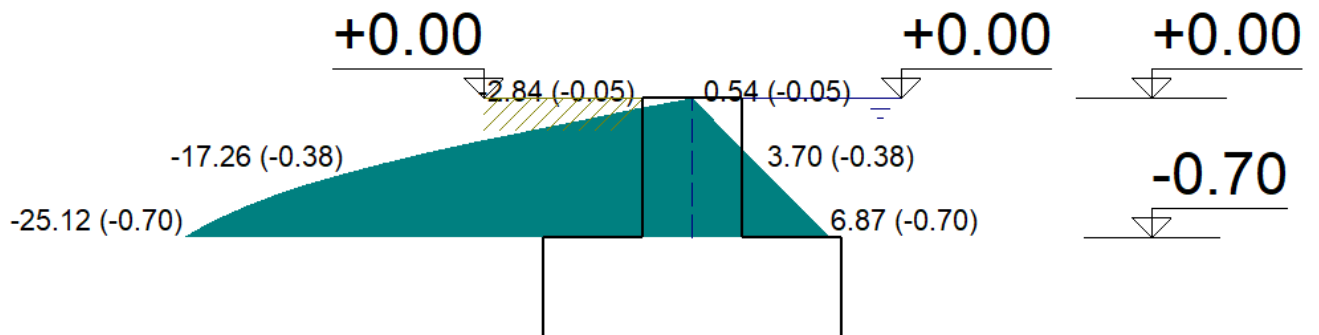
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

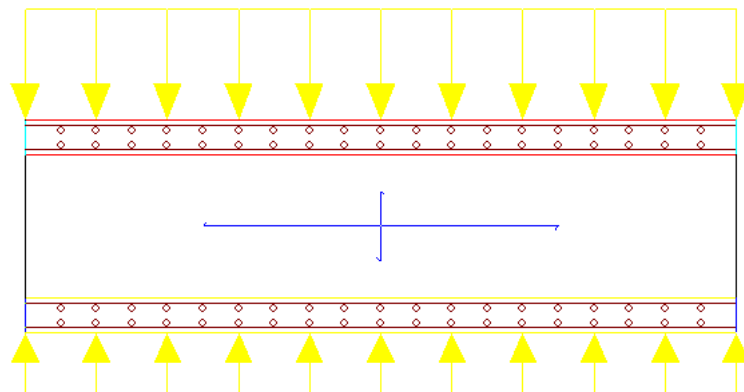
0



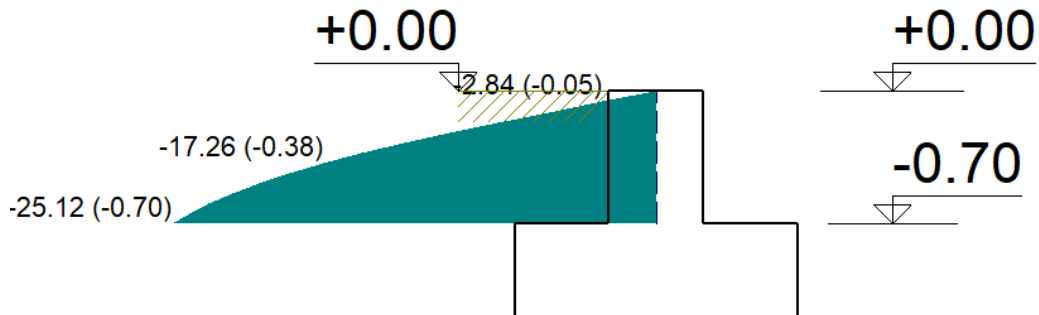
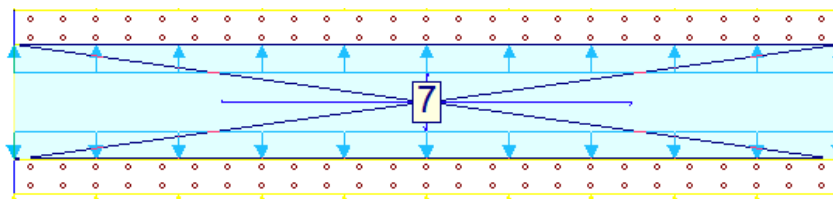
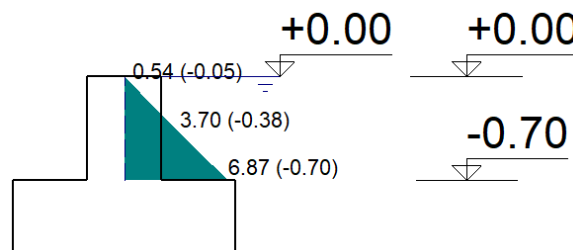
Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo





Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>


**Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo**

**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**

**5.18.4 Resultados para laje de fundo**

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,53 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 0,88 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 10,93 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 0,33 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 6,45 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 0,18 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 3,13 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,21 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,036 cm<sup>2</sup>/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>163/185</b> REV. <b>0</b>

- Armadura – X superior: 0,03 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 0,50 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,00 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,02 Mpa

#### 5.18.5 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y = Transversal do canal).



- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,42mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x70/250 = 5,6$  mm
- Momento Vertical: 3,53 kN.m/m
- Momento Horizontal: 1,54 kN.m/m
- Cortante Vertical: 12,82 kN/m
- Cortante Horizontal: 2,73 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 0,74 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,00 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	20
Altura da seção transversal (cm)	70
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	65
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,74
Força cortante (kN)	12,82
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	17,948
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	126,49
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

#### 5.18.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC		PÁGINA
		-	<b>164/185</b>
	Nº WALM		REV.
	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>		<b>0</b>

com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,02 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x70/250 = 5,6$  mm
- Momento Vertical: 0,72 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,34 kN.m/m
- Cortante Vertical: 2,87 kN/m
- Cortante Horizontal: 0,63 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,15 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,00 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
f <sub>ck</sub> do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	20
Altura da seção transversal (cm)	70
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	65
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,15
Força cortante (kN)	2,87
Força cortante majorada de 1,4 (V <sub>Rd1</sub> ) (kN)	4,018
<b>RESULTADOS</b>	
V <sub>Rd1</sub> (kN)	122,71
V <sub>Sd</sub> ≤ V <sub>Rd1</sub>	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

165/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.1 m

Armadura vertical: Ø10 a 20 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito

Espessura: 0.1 m


Armadura vertical: Ø10 a 20 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Y Esq  
Dir X

Estado:  CMinV>

F.cumprimento: 100 %

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

166/185

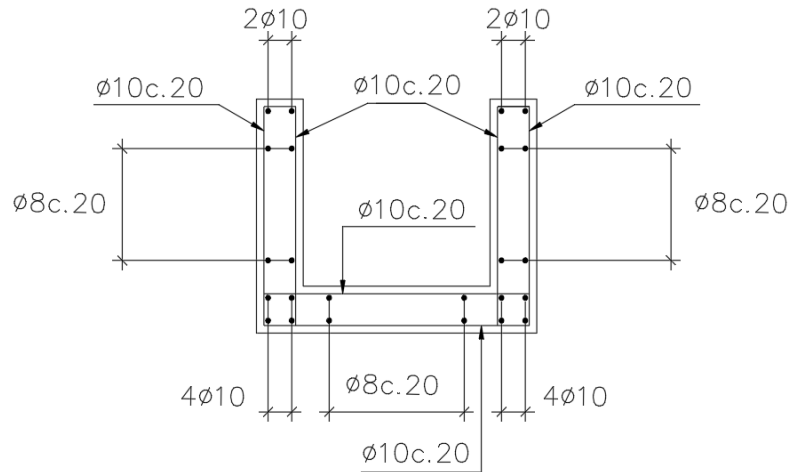
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

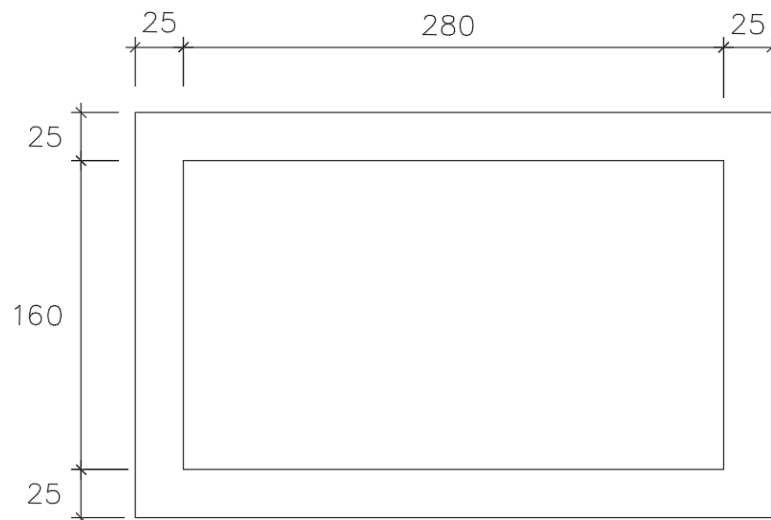
0

### 5.18.7 Croqui de armadura





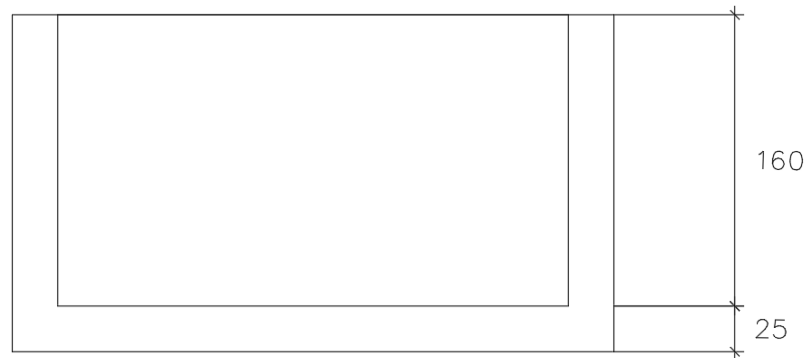
5.19 CX-02 (280X160/160) = CX-01 = CX-03 = CX-04 = CX-05

### 5.19.1 Seção da estrutura



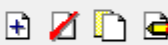
Planta

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>167/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>



Perfil

### 5.19.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

Empuxos Solo Água <b>Solo sem veículo</b>	<b>Hipótese</b> <input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água Até à cota <input type="text" value="0.00"/> m Ângulo do talude <input type="text" value="0.00"/> graus Densidade aparente <input type="text" value="18.00"/> kN/m <sup>3</sup> Densidade submersa <input type="text" value="8.00"/> kN/m <sup>3</sup> Ângulo atrito interno <input type="text" value="23.00"/> graus Alívio por drenagem <input type="text" value="100.00"/> % Cargas sobre o maciço de terra  <input type="checkbox"/> Com água <input type="checkbox"/> Com rocha	Cargas permanentes ▾  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de carga</th> <th>Cargas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Até à cota</td> <td><input type="text" value="1.00"/> m</td> </tr> <tr> <td>Até à cota</td> <td><input type="text" value="0.00"/> m</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de carga	Cargas	Até à cota	<input type="text" value="1.00"/> m	Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m
Tipo de carga	Cargas							
Até à cota	<input type="text" value="1.00"/> m							
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m							

Parâmetros do solo

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>168/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m³

Densidade submersa  kN/m³

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra + ✎ 📄 🗑

Sobrecarga ▼

Tipo de carga	Cargas
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m
Até à cota	<input type="text" value="0.00"/> m

Parâmetros da água

### 5.19.3 Casos de Carregamento

#### **Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo**

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

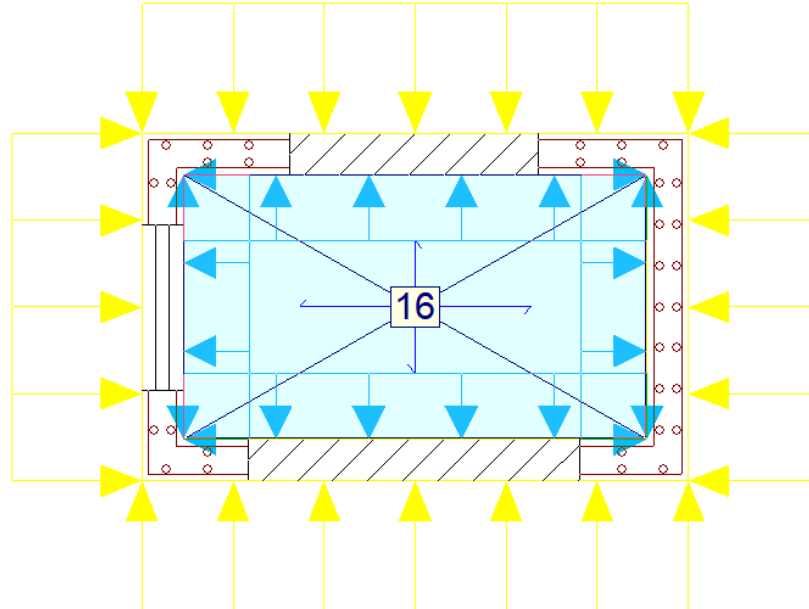
169/185

Nº WALM

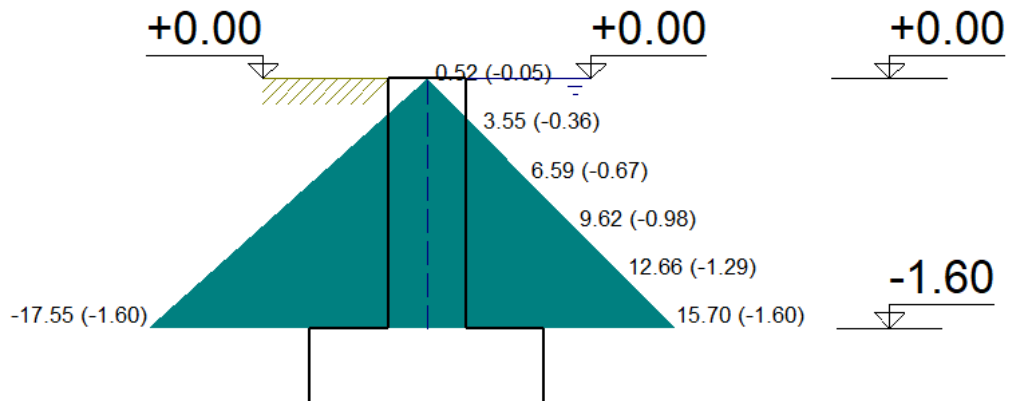
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

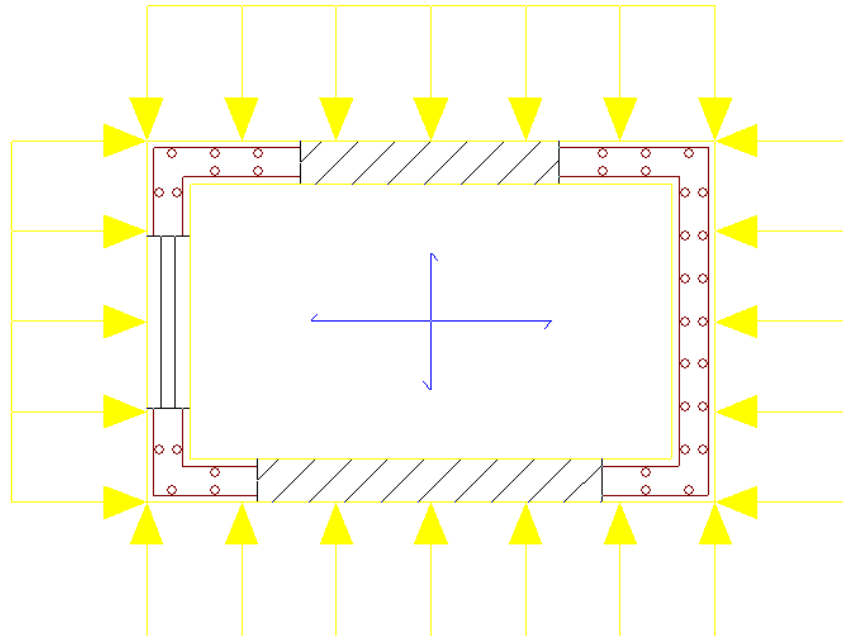
170/185

Nº WALM

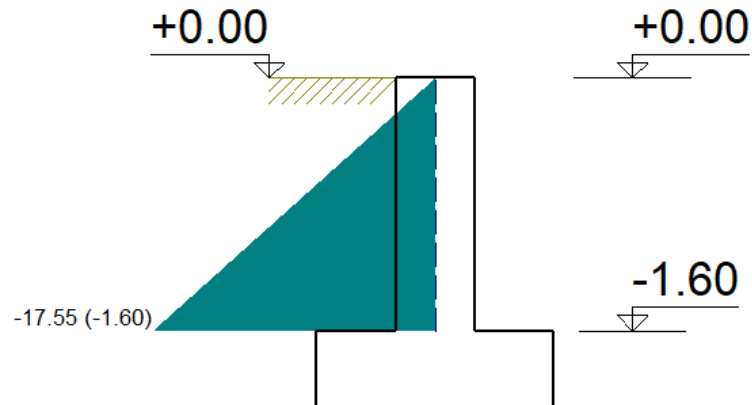
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>



Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

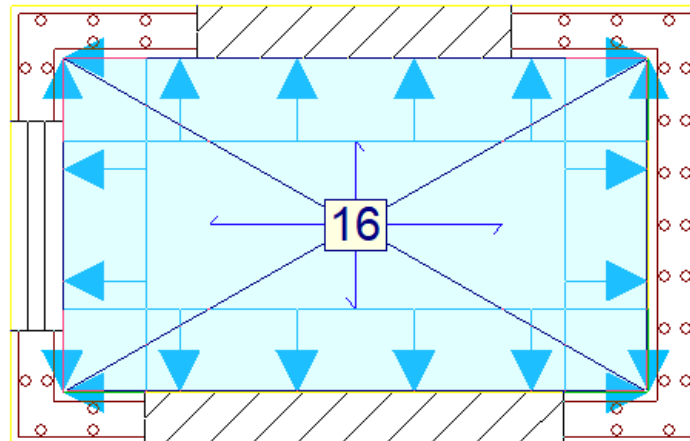
PÁGINA

**171/185**

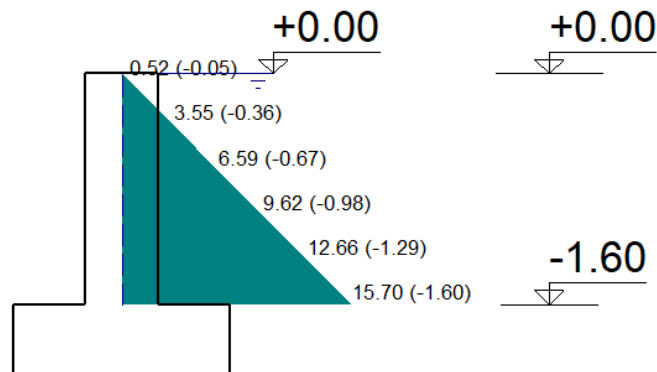
Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

**0**


**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**





#### 5.19.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,75 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 12,23 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 32,03 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 4,35 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 11,73 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 1,44 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 4,06 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 0,53 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,43 cm<sup>2</sup>/m



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC	-	PÁGINA
	Nº WALM	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	<b>172/185</b> REV. <b>0</b>

- Armadura – X superior: 0,18 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 0,50 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,03 Mpa

#### 5.19.5 Resultados para as paredes – Caso 2



A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y = Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,03 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x160/250 = 12,8$  mm
- Momento Vertical: 4,70 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,57 kN.m/m
- Cortante Vertical: 21,17 kN/m
- Cortante Horizontal: 19,39 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 0,74 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	160
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	155
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,74
Força cortante (kN)	21,17
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	29,638
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	369,33
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

#### 5.19.6 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC		PÁGINA
		-	<b>173/185</b>
	Nº WALM		REV.
	<b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>		<b>0</b>

com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,01 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x160/250 = 12,8$  mm
- Momento Vertical: 1,51 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,86 kN.m/m
- Cortante Vertical: 8,94 kN/m
- Cortante Horizontal: 5,62 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,24 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
f <sub>ck</sub> do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	160
Coefficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	155
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,24
Força cortante (kN)	8,94
Força cortante majorada de 1,4 (V <sub>Rd1</sub> ) (kN)	12,516
RESULTADOS	
V <sub>Rd1</sub> (kN)	365,28
V <sub>Sd</sub> ≤ V <sub>Rd1</sub>	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de cumprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

174/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 20 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito


Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 20 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Estado:  CMinV>

F.cumprimento: 100 %

Y Esq  
X Dir

### Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL**

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

**175/185**

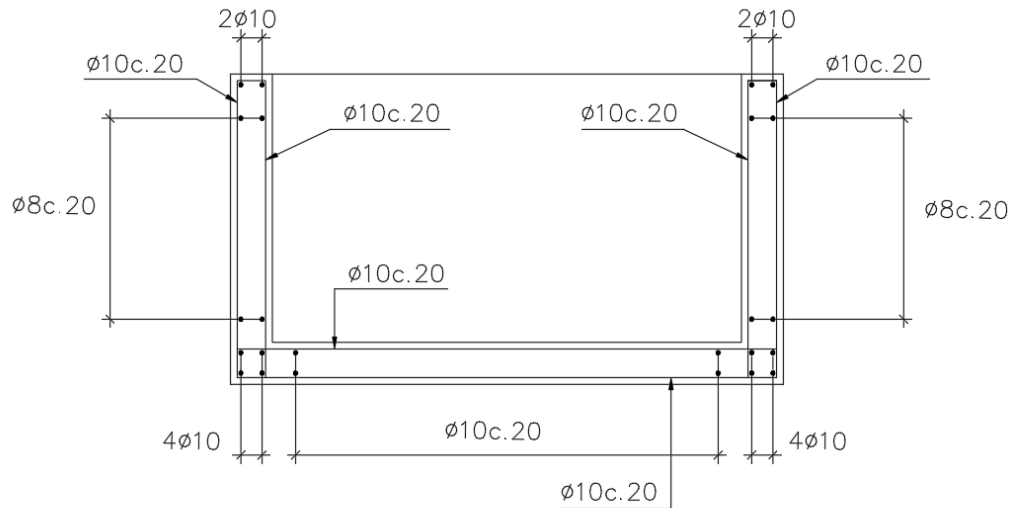
Nº WALM

**WA02821014-1-ES-MEC-0001**

REV.

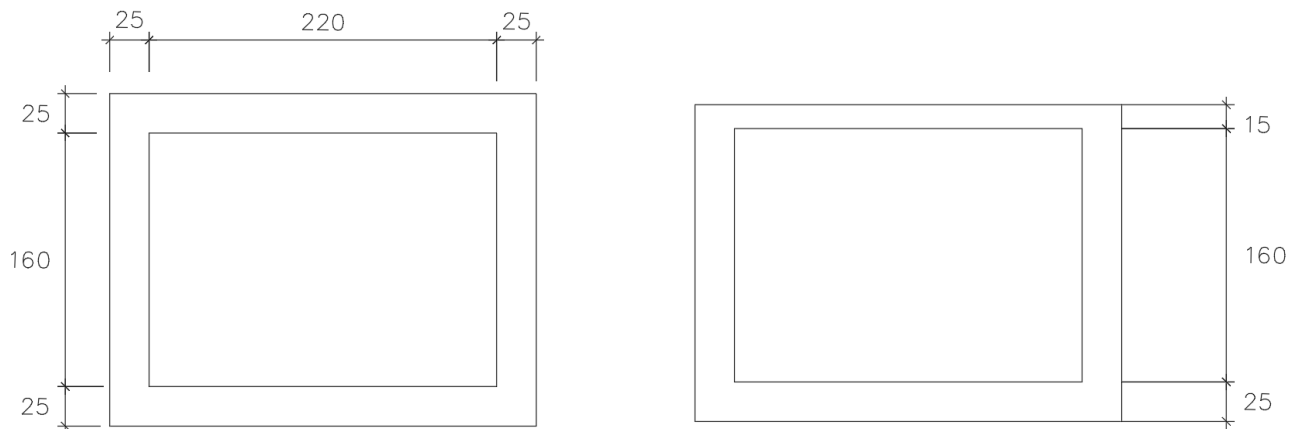
**0**

5.19.7 Croqui de armadura



5.20 CX-07 (220X160/160) = CX-06

5.20.1 Seção da estrutura



Planta e Perfil

5.20.2 Lançamentos dos parâmetros do solo, água e cargas atuantes

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

176/185

Nº WALM



WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

Empuxos Solo Água Solo sem veículo	Hipótese	Cargas permanentes
	<input checked="" type="checkbox"/> Com reaterro/água	
	Até à cota	0.00 m
	Ângulo do talude	0.00 graus
	Densidade aparente	18.00 kN/m <sup>3</sup>
	Densidade submersa	8.00 kN/m <sup>3</sup>
	Ângulo atrito interno	23.00 graus
	Alívio por drenagem	100.00 %
	Cargas sobre o maciço de terra	+ - [ícone] [ícone]
	<input type="checkbox"/> Com água	Até à cota 1.00 m
	<input type="checkbox"/> Com rocha	Até à cota 0.00 m

Parâmetros do solo

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>		Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>177/185</b>
		Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Empuxos

Solo

Água

Solo sem veiculo

Hipótese

Com reaterro/água

Até à cota  m

Ângulo do talude  graus

Densidade aparente  kN/m³

Densidade submersa  kN/m³

Ângulo atrito interno  graus

Alívio por drenagem  %

Cargas sobre o maciço de terra + ✎ 📄 🗑

Sobrecarga ▼

Tipo de carga	Cargas
Até à cota	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.00"/> m
Até à cota	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.00"/> m

Com água

Com rocha

Parâmetros da água

### 5.20.3 Casos de Carregamento

#### **Caso 1: Situação do canal com água e empuxo do solo**

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

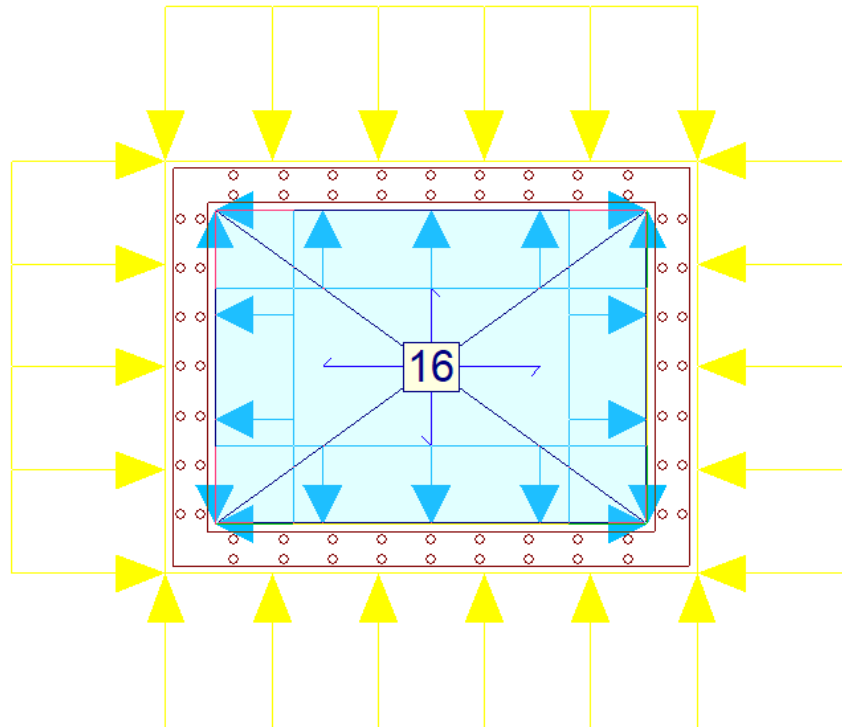
178/185

Nº WALM

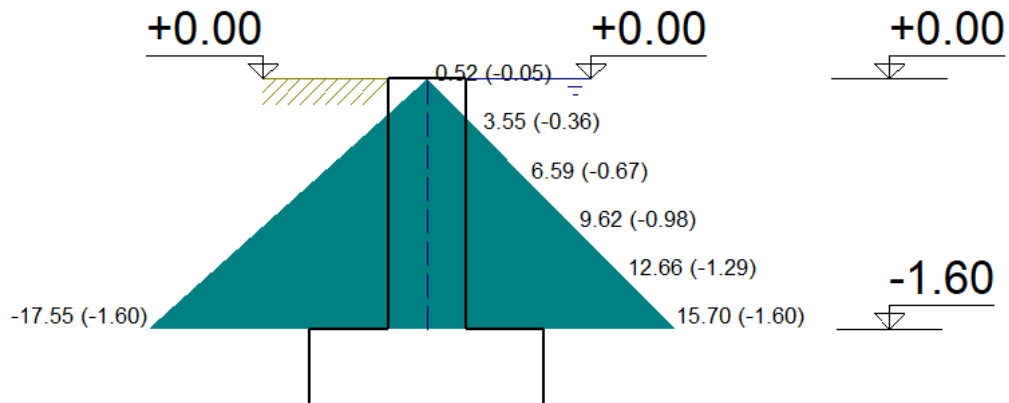
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0



Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga (esquerda) e água (direita) em KN/m<sup>2</sup>



Caso 2: Situação do canal sem água e empuxo do solo

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

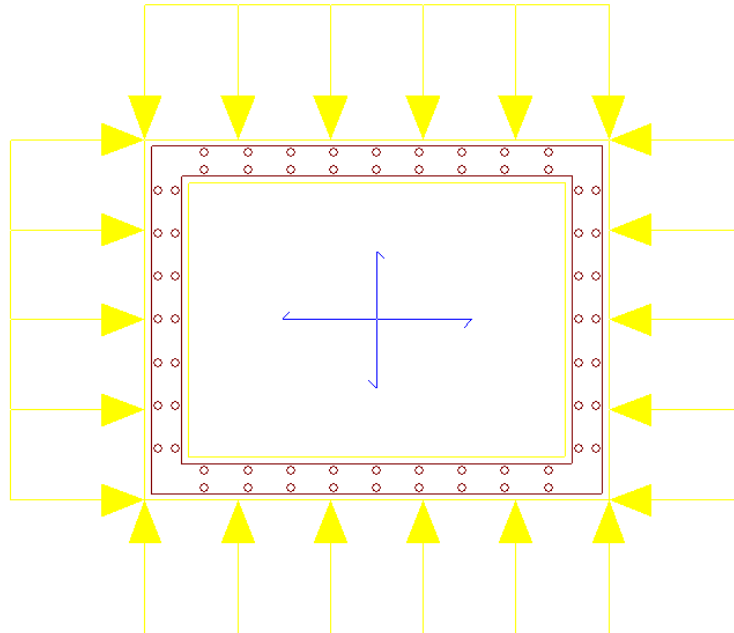
179/185

Nº WALM

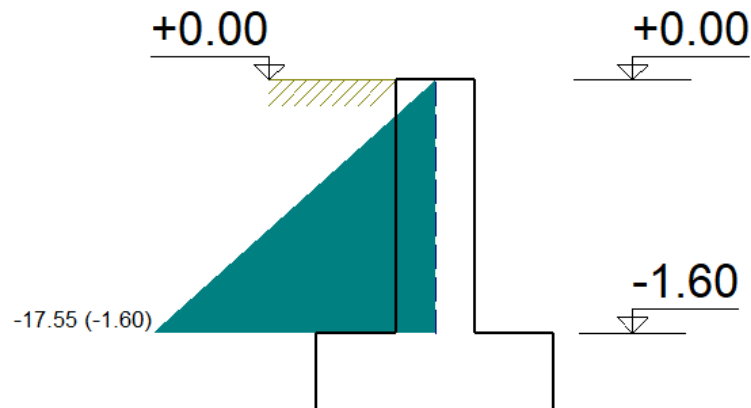
WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

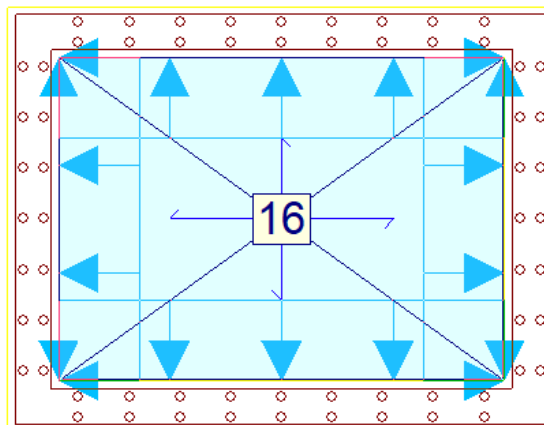


Esforços na parede devido ao solo e sobrecarga em KN/m<sup>2</sup>

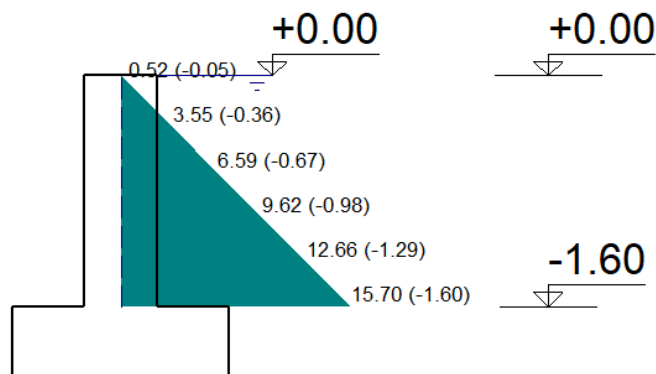


Caso 3: Situação do canal com água e sem empuxo do solo







**Esforços na parede devido ao empuxo da água em KN/m<sup>2</sup>**



#### 5.20.4 Resultados para laje de fundo

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de fundo, é a situação do canal com água. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 2,00 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 45,94 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 58,41 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 12,22 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 13,85 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 5,75 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 9,77 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,49 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,69 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 0,70 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 1,19 cm<sup>2</sup>/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>181/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m
- Tensão sobre o terreno: 0,08 Mpa

#### 5.20.5 Resultados para laje de topo



A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos em z, esforços de dimensionamento, taxas de armadura e tensões sobre o terreno, após o processamento da estrutura com água, sem água e com carregamento do veículo. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para a laje de topo, é a situação do veículo passando sobre a tampa. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento em Z: 0,23 mm
- Esforço de dimensionamento – Cortante X: 72,33 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Cortante Y: 81,97 kN/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, inferior: 9,20 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, inferior: 13,78 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento X, superior: 23,34 kN.m/m
- Esforço de dimensionamento – Momento Y, superior: 23,25 kN.m/m
- Armadura – X inferior: 1,00 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y inferior: 1,51 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – X superior: 2,45 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura – Y superior: 2,44 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

#### 5.20.6 Resultados para as paredes – Caso 2

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal sem água com empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,03 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x160/250 = 12,8$  mm
- Momento Vertical: 3,95 kN.m/m
- Momento Horizontal: 2,96 kN.m/m
- Cortante Vertical: 19,23 kN/m
- Cortante Horizontal: 23,26 kN/m
- Armadura Vertical Externa: 0,62 cm<sup>2</sup>/m
- Armadura mínima: 3,75 cm<sup>2</sup>/m

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2</b> <b>DRENAGEM SUPERFICIAL</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL</b>	Nº MOSAIC -	PÁGINA <b>182/185</b>	
	Nº WALM <b>WA02821014-1-ES-MEC-0001</b>	REV. <b>0</b>	

VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE	
DADOS	
$f_{ck}$ do concreto ( $\text{kN/cm}^2$ )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	160
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	155
Área da armadura de tração ( $\text{cm}^2$ )	0,62
Força cortante (kN)	23,26
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	32,564
RESULTADOS	
$V_{Rd1}$ (kN)	369,38
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

### 5.20.7 Resultados para as paredes – Caso 3

A seguir serão apresentados os valores máximos de deslocamentos após o processamento da estrutura com e sem água. Os resultados apresentados consideram a situação e a combinação de carregamento mais desfavorável que, para as paredes, é a situação do canal com água sem empuxo do solo. (Sentido X = Longitudinal do canal e Sentido Y= Transversal do canal).

- Deslocamento no topo (flecha imediata): 0,01 mm
- Deslocamento admissível:  $2xL/250 = 2x160/250 = 12,8$  mm
- Momento Vertical: 1,51 kN.m/m
- Momento Horizontal: 0,86 kN.m/m
- Cortante Vertical: 8,94 kN/m
- Cortante Horizontal: 5,62 kN/m
- Armadura Vertical Interna: 0,24  $\text{cm}^2/\text{m}$
- Armadura mínima: 3,75  $\text{cm}^2/\text{m}$

<b>VERIF. DE RESISTÊNCIA À FORÇA CORTANTE</b>	
<b>DADOS</b>	
$f_{ck}$ do concreto (kN/cm <sup>2</sup> )	3
Base da seção transversal (cm)	25
Altura da seção transversal (cm)	160
Coeficiente k	1
Altura útil da seção (cm)	155
Área da armadura de tração (cm <sup>2</sup> )	0,24
Força cortante (kN)	8,94
Força cortante majorada de 1,4 ( $V_{Rd1}$ ) (kN)	12,516
<b>RESULTADOS</b>	
$V_{Rd1}$ (kN)	365,28
$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$	OK
<b>NÃO É NECESSÁRIO ARMAR AO CISALHAMENTO</b>	

Após os cálculos, na janela de edição das armaduras de paredes, foi feita as alterações para que o fator de comprimento seja de 100 % ou para que atinja um valor considerado satisfatório. A armadura adotada atende às solicitações tanto do lado interno, quanto do lado externo da parede.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

184/185

Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001

REV.

0

vA|vC|vD|Rd|Zm

Seleção: Fundação - Topo

Redimensionar p/alterações na espessura

Lado esquerdo

Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 20 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Lado direito


Espessura: 0.125 m

Armadura vertical: Ø10 a 20 cm

Armadura horizontal: Ø8 a 20 cm

Armadura transversal

Número de ramos: 0

Estado:  CMinV>

F.cumprimento: 100 %

Y Esq  
X Dir

Paredes

O programa alerta para a quantidade de armadura vertical mínima nas faces interna e externa, entretanto atende-se a armadura mínima prevista por norma e que atende as armaduras calculadas.

Mantendo a segurança, e para uma melhor amarração entre a laje e as paredes, a armadura adotada para a laje de fundo também foi definida em virtude da armadura das paredes.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 – PDM 2  
DRENAGEM SUPERFICIAL  
MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

Nº MOSAIC

-

PÁGINA

185/185

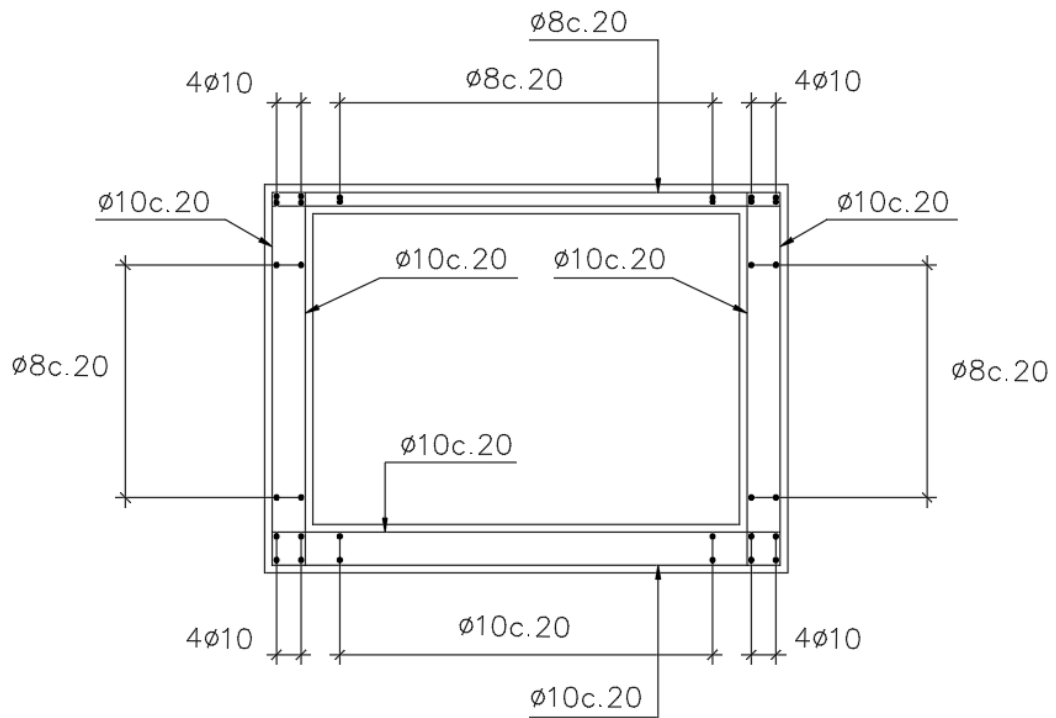
Nº WALM

WA02821014-1-ES-MEC-0001



REV.

0

5.20.8 Croqui de armadura







		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>2/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>



## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
2	<b>LOCALIZAÇÃO E ACESSO</b>	<b>4</b>
3	<b>DOCUMENTOS DISPONIBILIZADOS</b>	<b>6</b>
4	<b>CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO</b>	<b>9</b>
5	<b>DESCRITIVO DO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	<b>14</b>
5.1	SUPRESSÃO VEGETAL	14
5.2	LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO	15
5.3	INTERFERÊNCIAS	16
6	<b>PROJETO DETALHADO – DESCRIÇÃO GERAL</b>	<b>17</b>
7	<b>SEQUENCIAMENTO EXECUTIVO DA PILHA</b>	<b>20</b>
8	<b>ESTUDOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS</b>	<b>22</b>
8.1	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	22
8.2	CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA	38
8.3	ENSAIOS DE CPTU	103
8.4	ANÁLISES DE ESTABILIDADE	104
9	<b>SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA</b>	<b>163</b>
9.1	DRENO DE FUNDO	163
9.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	163
9.3	SURGÊNCIAS E NASCENTES DE ÁGUA	164
9.4	BALANÇO HÍDRICO E CÁLCULO DE VAZÃO DE DRENAGEM	164
9.5	LOCAÇÃO DOS DRENOS DE FUNDO	166
9.6	DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETOS DOS DRENOS DE FUNDO	167



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>3/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

9.7	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS DRENOS DE FUNDO	167
9.8	SEÇÕES DOS DRENOS DE FUNDO	168
<b>10</b>	<b>ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS</b>	<b>170</b>
10.1	DRENAGEM SUPERFICIAL	171
10.2	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	174
10.3	CHUVAS DE PROJETO	174
10.4	VAZÕES DE PROJETO – ETAPA FINAL	176
10.5	VAZÕES DE PROJETO – ETAPA INICIAL	182
10.6	ESTUDOS HIDRÁULICOS – ETAPA FINAL	183
10.7	ESTUDOS HIDRÁULICOS – ETAPA INICIAL	189
10.8	BUEIROS	192
10.9	SISTEMA DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS	193
<b>11</b>	<b>PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO</b>	<b>196</b>
<b>12</b>	<b>PLANO DE FECHAMENTO</b>	<b>204</b>
12.1	SISTEMA DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL	205
<b>13</b>	<b>PLANILHA DE QUANTIDADE</b>	<b>205</b>
<b>14</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	<b>206</b>
<b>15</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>206</b>
<b>16</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>208</b>

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>4/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o Relatório Técnico do Projeto Detalhado para implantação da Pilha de Magnetita - PDM-2, localizado no Complexo de Mineração Tapira, no município de Tapira, Minas Gerais. Este trabalho faz parte do escopo do contrato nº 5300012167, celebrado entre a WALM e a MOSAIC, em atendimento ao plano de trabalho para desenvolvimento de “Projeto Detalhado para a Pilha de Magnetita 2 do Complexo de Mineração De Tapira – CMT”.

O plano de trabalho compreende as seguintes etapas de estudos:



- Projeto detalhado da pilha;
- Verificação e projeto detalhado do bueiro;
- Projeto estrutural do bueiro;
- Projeto detalhado do sump de montante – Contenção de sedimento da cava da mina;
- Projeto detalhado dos sump’s de contenção de sedimentos da pilha;
- Projeto detalhado do canal de drenagem;
- Projeto conceitual da travessia (com bueiro) para passagem da adutora de lama;
- Projeto estrutural em nível conceitual do bueiro da travessia;

O projeto detalhado a ser desenvolvido nesta etapa inclui definição do arranjo geral da PDM-2 e seus acessos construtivos e operacionais, dimensionamento do sistema de drenagem interna e superficial, definição do plano de instrumentação, estudos hidráulicos e hidrológicos do canal no entorno da pilha e detalhamento hidráulico e estrutural do bueiro sob o acesso.

## 2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O Complexo de Mineração de Tapira (CMT) está localizado no Município de Tapira/MG, região sudoeste do estado de Minas Gerais, a aproximadamente 415 km da capital mineira – Belo Horizonte, podendo o acesso a partir da cidade de Araxá ser feito pela rodovia BR-146. As Barragens BL-1, BR, BRI, BA3, BD2, BD5 são as estruturas que atualmente pertencem ao Complexo de Mineração de Tapira.

A Figura 2.1 apresenta a localização do complexo, a Figura 2.2 apresenta a vista aérea de todas as estruturas pertencentes a CMT e a Figura 2.3 apresenta a projeção da PDM 2 na região que será construída.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>5/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

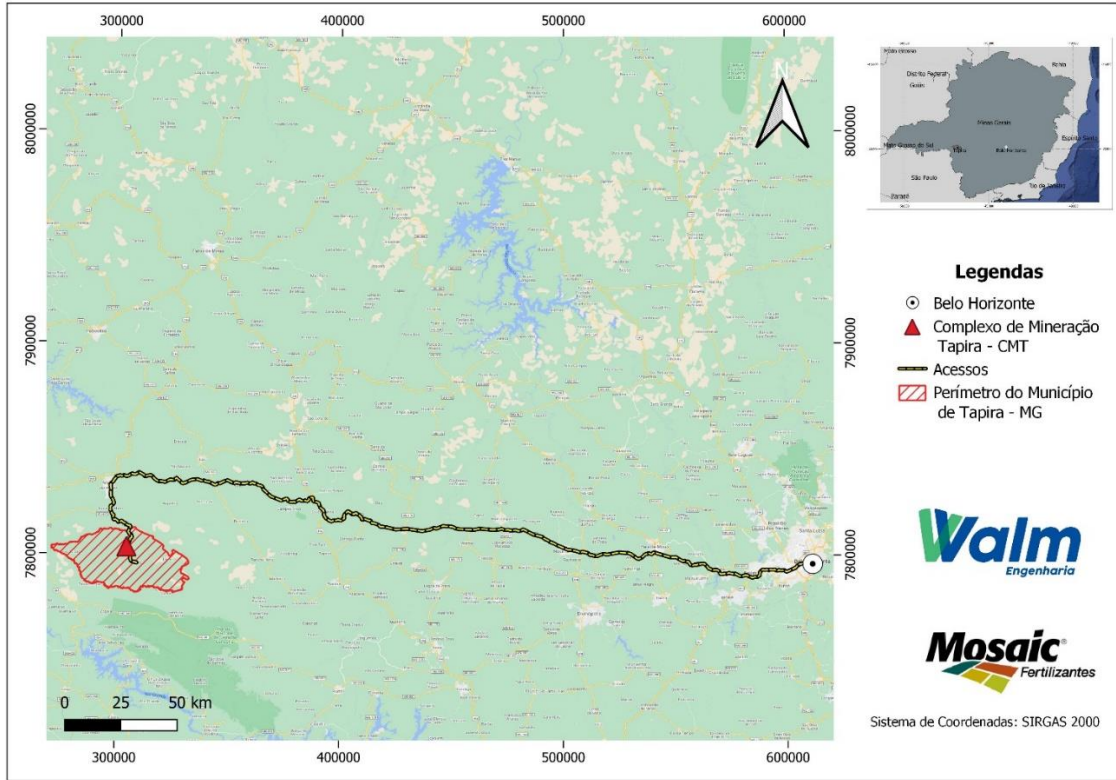


Figura 2.1 – Acesso Complexo de Tapira – Belo Horizonte.

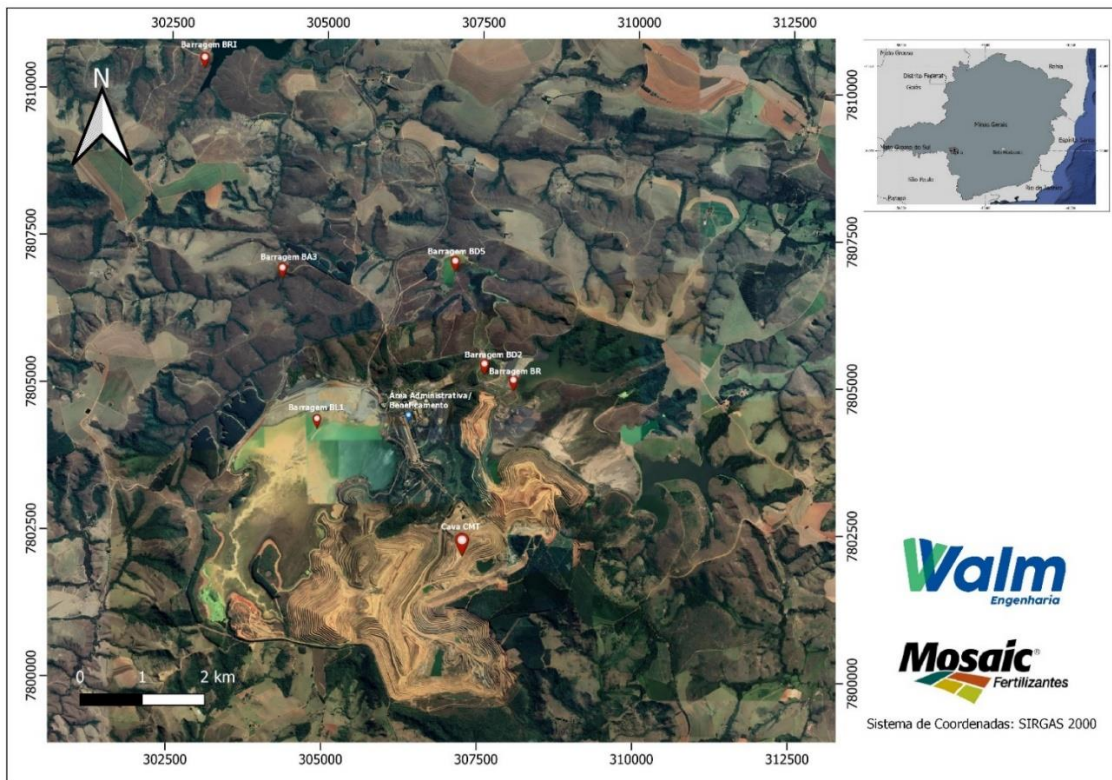




Figura 2.2 - Vista aérea do Complexo de Mineração de Tapira



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>6/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

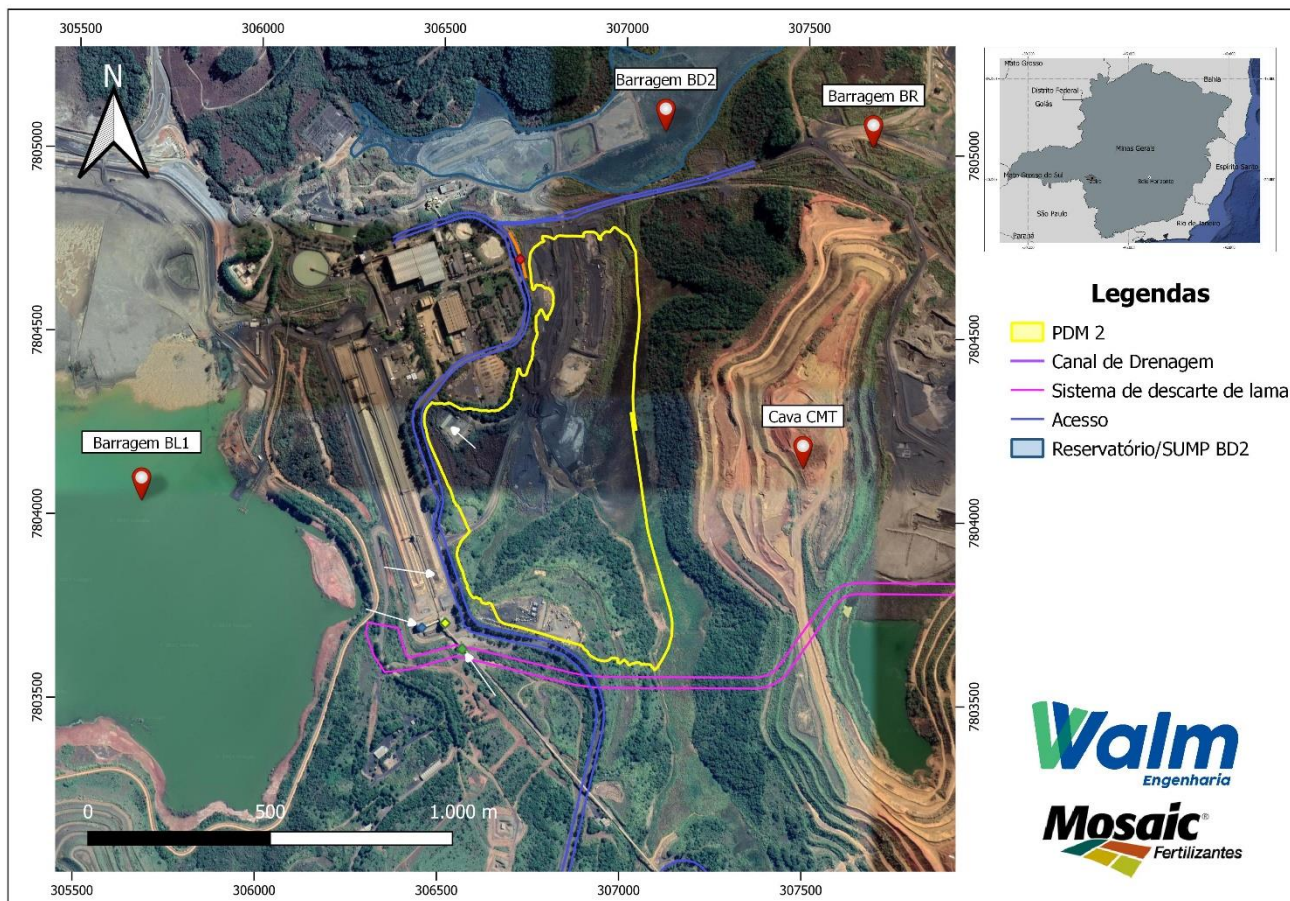


Figura 2.3 – Projeção de PDM-2.

### 3 DOCUMENTOS DISPONIBILIZADOS

A base de dados disponibilizada pela MOSAIC e utilizada para o desenvolvimento do projeto detalhado está apresentada na Tabela 3.1

Tabela 3.1 - Documentos de referência disponibilizados pela MOSAIC.

Número documento	Título	Empresa	Data de emissão
(bd2)_GEOID_VALE_TAPIRA_A0_ESC_1_10_ART_01_10000 OPT-V-10015.dwg	Topografia da unidade CMT	Geoid	Jan/2013
1- Depositos_CMT_062020.DWG	Área de depósitos	Mosaic	Jun/2020

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**7/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Número documento	Título	Empresa	Data de emissão
Base Topog Mina 100720.dwg	Base topográfica da região do Complexo de Tapira	Mosaic	Jul/2020
FAZENDA_BOA_VISTA_TAPIRA_UTM_CORR_COMP (1).DWG	Limite de propriedade da Mosaic	Mosaic	-
WBH122-17-MOSC079-RTE-0001_R-00_CMT-RELATORIO TECNICO-BL-1_BR	Relatório Técnico – Balanço Hídrico das Brragens BR e BL-1 (CMT) e BR (CMC)	WALM	Out/19
WBH122-17-MOSC106-RTE-0015_R-01_CMT_AUDITORIA_Bar_BL-1	Relatório de Inspeção de Segurança Regular - Relatório de Auditoria Técnica de Segurança 1º Ciclo 2020 - Complexo CMT - Barragem BL-1	WALM	Mar/20
WBH122-17-MOSC106-RTE-0014_R-01_CMT_AUDITORIA_Bar_BR	Relatório de Inspeção de Segurança Regular - Relatório de Auditoria Técnica de Segurança 1º Ciclo 2020 - Complexo CMT - Barragem BR	WALM	Mar/20
Parecer Técnico Novas Tecnologias de Deposição de Rejeitos em CMA,CMT e UPM REV01.doc	Relatório com de Parecer Técnico Novas Tecnologias de Deposição de Rejeitos para os complexos da MOSAIC Fertilizantes	MOSAIC Fertilizantes	Jun/2019
WBH122-17-MOSC079-RTE-0001_R-00_CMT-RELATORIO TECNICO-BL-1_BR	Relatório Técnico – Balanço Hídrico das Brragens BR e BL-1 (CMT) e BR (CMC)	WALM	Out/19
WBH122-17-MOSC106-RTE-0015_R-01_CMT_AUDITORIA_Bar_BL-1	Relatório de Inspeção de Segurança Regular - Relatório de Auditoria Técnica de Segurança 1º Ciclo 2020 - Complexo CMT - Barragem BL-1	WALM	Mar/20
WBH122-17-MOSC103-RTE-0001	Plano de Disposição semestralizado no CMT	Walm	Mai/20

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**8/208**



Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Número documento	Título	Empresa	Data de emissão
WBH122-17-MOSC132-RTE-0001 - CMT - RELATORIO-CONSOLIDACAO	Relatório de consolidação CMT	Walm	Out/20
WBH122-17-MOSC132-RTE-0002_R-03 - CMT - RELATORIO-PLANO_DIRETOR - REJEITOS	Plano diretor de rejeitos (2020-2060)	Walm	Dez/20
Medições pontos 150 e 156 - Histórico	Monitoramento Fluviométrico	Mosaic	Dez/15
Ortofoto Magnetita CMT - 09112021	Levantamento Planialtimetrico Magnetita CMT	Mosaic	Nov/21
lev.Area de alimentação BD2	Levantamento Planialtimetrico Área SUMP BD2	Mosaic	Abril/19
Ortofoto BD5	Levantamento topobatimetrico	Mosaic	Jul/21
WA00821005-1-GT-RTE-0014_Rev_01_CMT_AUDITORI A_Bar_BR	Auditória Técnica de Segurança 2º ciclo 2021 – Barragem BR	Walm	Out/21
WA00821005-1-GT-RTE-0015_Rev_01_CMT_AUDITORI A_Bar_BL1	Auditória Técnica de Segurança 2º ciclo 2021 – Barragem BL1	Walm	Out/21
WA00821005-1-GT-RTE-0017_Rev_01_CMT_AUDITORI A_Bar_BD2	Auditória Técnica de Segurança 2º ciclo 2021 – Barragem BD2	Walm	Out/21
Ortofoto Magentita - Lev. VANT 0911	Levantamento topográfico da região de PDM-2	Mosaic	Nov/21



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>9/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Número documento	Título	Empresa	Data de emissão
Otofoto Magnetita CMT 09112021	Ortofoto região de PDM-2	Mosaic	Nov/21
Relatório PDM2 _CMT-SM rev0	Relatório e sondagens na pilha PDM-2 no Complexo De Mineração Tapira	Geocontrole	Set/22
Relatório PDM2 _CMT_CPTu- rev0	Relatório De Ensaios Cptu Na Pilha PDM-2 No Complexo De Mineração Tapira	Geocontrole	Ago/22
PDM2-SP-01 a PDM2-SP-08	Relatório de sondagens do SP-01 ao SP-08	Geocontrole	Mar/22
PAT-RT-LAB-2819.22-001- Rev.01	Estudos Geotécnicos	Pattrol	Set/22

#### 4 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO



Os critérios e premissas para a elaboração do projeto da PDM-2 são os seguintes:

- A Pilha será construída com a magnetita proveniente do beneficiamento mineral gerado no Complexo de Mineração de Tapira.
- A magnetita deverá ser compactada, de acordo com as especificações construtivas indicadas no projeto de modo a eliminar a susceptibilidade a liquefação do material;
- O estudo do arranjo geométrico da pilha levou em consideração a capacidade máxima de armazenamento, respeitando os limites disponibilizados pela MOSAIC;
- A base topográfica de referência para o projeto é apresentada no desenho intitulado “ORTOFOTO PILHA DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO - 11042022” elaborada em 11 de abril de 2022;
- O sistema de coordenadas a ser adotado na elaboração dos desenhos é o mesmo da base topográfica fornecida, o datum SIRGAS 2000, fuso 23S;



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>10/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Deverão ser atendidos os critérios de segurança preconizados nas normas NBR 13.029 (ABNT, 2017), NBR 11.682 (ABNT, 2009), NBR 13.030 (ABNT, 1999), as deliberações normativas do DNPM (atual ANM), os decretos estaduais, recomendações do ICOLD e demais normativas pertinentes;
- O dimensionamento das estruturas será realizado respeitando-se as normas nacionais e internacionais aplicáveis, além das boas práticas de engenharia, sendo adotados os seguintes tempos de recorrência para o dimensionamento hidráulico:
  - Canaleta de berma: tempo de retorno de 100 anos;
  - Canaleta de rampa: tempo de retorno de 500 anos;
  - Descidas de água: tempo de retorno de 500 anos;
  - Canais periféricos: tempo de retorno de 500 anos; e,
  - Bueiros: tempo de retorno de 10.000 anos;
- Os estudos hidrológicos serão desenvolvidos visando as vazões máximas de projeto para dimensionamento hidráulico das estruturas projetadas. Serão utilizados dados de estações pluviométricas e/ou fluviométricas regionais, operadas por órgãos governamentais;
- As características necessárias para a transformação da precipitação em vazão, ou seja, a área de drenagem, o tempo de concentração e as características de uso e ocupação do solo serão obtidas através da base topográfica fornecida pela MOSAIC;
- O dimensionamento hidráulico das estruturas será realizado interativamente a partir das vazões de projeto, recalculando-se o tempo de concentração e a respectiva vazão de projeto e aplicando-se as velocidades determinadas nas simulações;
- As interferências consideradas para a implantação do projeto são:
  - Estrutura Administrativa da Mosaic Tapira;
  - Barragem BD2;
  - Pátio de Resíduos Industrial (PRI);
  - Área de deposição de equipamentos (Curva do Urubu);
  - Estruturas de Beneficiamento;
  - Área de Manutenção de Frota da Mina;
  - Pátio de Homogeneização;
  - Acessos do Complexo de Tapira;





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>11/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Correia Transportadora;
  - Canal de drenagem.
  - Sistema de descarte de lamas;
  - Linhas de transmissão elétrica;
  - Torre de transferência;
  - Britagem Secundária
  - Depósitos de estéril;
- As análises de estabilidade serão elaboradas utilizando-se o programa Slide2, desenvolvido pela RocScience, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Spencer, Bishop e GLE/Morgenstern-Price;
  - Os níveis freáticos normais adotados nas análises de estabilidade foram assumidos com base nas sondagens realizadas na fase conceitual. O NA crítico adotado foi determinado de maneira conservadora com o nível crítico definido a partir de um offset de 10 metros da freática na condição normal. O reaterro foi considerado saturado em todas as etapas;
  - Para dimensionamento do sistema de drenagem interna da pilha foi considerada a topografia da região e a limpeza de fundação necessária para a retirada de materiais incompetentes (Nspt menor que 7), além disto, na região de implantação da pilha não há nascente catalogada e a vazão advinda do pátio de homogeneização será incorporada ao canal periférico não sendo considerada nos cálculos de drenagem interna;
  - O dimensionamento das transições será realizado com base na metodologia de Terzaghi;
  - A geometria final a ser adotada para a pilha é descrita a seguir:
    - Inclinação dos taludes: 2,0H:1,0V;
    - Largura das bermas: 7,0 m;
    - Altura dos bancos: 10,0 m.
    - Largura total dos Acessos: 12,0 m
    - Inclinação máxima dos acessos – Fase inicial e fase final:12,0%
    - Altura das leiras de proteção: 0,50 m
  - A geometria final da pilha foi validada por meio de análises de estabilidade. Os parâmetros de resistência da fundação (intercepto coesivo e ângulo de atrito interno), foram definidos em partes a partir da interpretação da campanha de ensaios triaxiais executada e outra parte foi definida a partir da experiência do

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>12/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>



corpo técnico da Walm, visto que a campanha de ensaios de laboratório não contemplou todos os materiais da fundação. As sondagens executadas mostraram correlações  $N_{spt}$  com um range muito extremo, tornando mais viável a definição dos parâmetros de resistência da fundação a partir da faixa de variação de cada material conforme indicação da literatura, que passou por validação da equipe da Walm BH.

- Os parâmetros da magnetita adotados foram os mesmos adotados para a barragem BR, localizada também em Tapira;
- No que tange a limpeza de fundação, o projeto de escavação proposto neste documento deverá ser analisado após a execução das investigações em torno de toda extensão da fundação da pilha, visto a incapacidade de investigar principalmente a porção leste da mesma. Caso seja necessário o projeto deve ser revisado.
- A limpeza de fundação da área da PDM2 foi segmentada em áreas com diferentes profundidades de escavação, sendo que as escavações variam de 2,0 m a 11,0 m de profundidade. Estas escavações foram propostas baseada nas sondagens executadas até o momento pela Mosaic. Nota-se que o volume de escavação estimado está em torno de 1,5 milhões de  $m^3$ .
- A Walm BH propôs a diminuição da área da pilha, contudo a Mosaic entendeu que o faseamento da implantação se fazia mais pertinente visto a expectativa de venda da magnetita nos próximos anos;
- Tendo em vista, a expectativa da Mosaic de venda de parte da magnetita a ser disposta na área de PDM 2, a mesma solicitou que a Walm implantasse o projeto da pilha em etapas, sendo que a primeira etapa deve contemplar as áreas que atualmente apresentam menor volume de escavação, e no futuro se necessário as áreas com maiores volumes de retirada de material deverão ser utilizadas;
- A limpeza de fundação apresentada neste projeto refere-se apenas a solos naturais (colúvio com  $N_{SPT}$  com abaixo de 7 e *top soil*), todo rejeito de magnetita e rejeito marrom atualmente disposto da região será removido da área da futura pilha;
- Nas investigações realizadas foram mapeados colúvios com  $N_{SPT}$  acima de 7, estes materiais permanecerão na fundação visto a representatividade em profundidade deste horizonte. Contudo, antes da implantação deste projeto, deverão ser realizados ensaios laboratoriais para avaliação da deformabilidade dos mesmos e posterior análises da sua permanência na fundação da pilha;
- Não foi possível a realização de sondagens na porção leste da pilha, pois havia a necessidade licenciamento ambiental para a supressão vegetal e abertura de acessos e devido à baixa capacidade de suporte do solo da fundação da região.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>13/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Dessa forma, estimou-se a profundidade de material a ser retirado na limpeza de fundação nessa área, sendo esta igual a 6,0 m. Após a finalização das investigações geológicas-geotécnicas, esta profundidade pode ser alterada;

- O faseamento da pilha terá 03 etapas, sendo 02 etapas de implantação da pilha em diferentes porções da área disponível e a terceira contemplará o fechamento da mesma;
- É proposta instrumentação de monitoramento da pilha para aferição das condições piezométricas e dos deslocamentos e recalques acumulados ao longo do tempo;
- Os dois sumps existentes na pilha, foram dimensionados levando em consideração apenas uma limpeza anual, que deverá ser feita antes do período chuvoso, visando a operação do mesmo na sua capacidade máxima.
- A travessia do sistema de descarte de lama, que corta o canal de drenagem CP-04 logo a jusante do Sump 1, localizados na porção de montante e que possuem a função de drenar a região das cavas, foi projetada em nível conceitual através de um Bueiro celular triplo, visto que, o projeto da travessia do descarte de lama ainda está em fase de estudo pela Mosaic e que conforme informações repassadas pela Mosaic não foi possível a execução de sondagem na região, de tal maneira a inviabilizar a execução de um projeto executivo;
- Recomenda-se a execução de uma campanha de ensaios complementares visando mapear a extensão das camadas de colúvio incompetente na parte oeste da pilha e a profundidade de solo mole na parte leste e travessia. Além da execução de ensaios de adensamento para analisar o grau de deformabilidade dos colúvios com  $N_{spt}$  acima de 7;
- Ressalta-se que, se forem identificadas áreas com solo de baixa capacidade, não mapeadas anteriormente, as mesmas deverão ser escavadas e eliminadas, de forma a não gerar riscos a estrutura.
- As investigações geotécnicas não foram executadas em sua totalidade tendo em vista a presença de vegetação arbórea e a necessidade de licenciamento ambiental para supressão da vegetação. Após o licenciamento ambiental e havendo necessidade de complementação das investigações, estas deverão ser executadas conforme previsto no projeto.
- Para execução da limpeza de fundação deverá ser previsto um canal provisório para dimensionamento da drenagem existente na região do pátio de homogeneização, acessos para área da mina e Pátio de Resíduos Industriais.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>14/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 5 DESCRITIVO DO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

O Complexo de Mineração de Tapira, atualmente possui 6 barragens com objetivo de disposição de rejeitos, clarificação de águas e retenção e captação de água.

Conforme mostrado no Plano Diretor de Tapira no documento WA02821013-1-GT-RTE-0002, para auxiliar na disposição de rejeitos de Tapira, se faz necessário a execução de 3 pilhas, PDR-I, PDR-II e PDM-2, conforme mostrado na Figura 5.1.

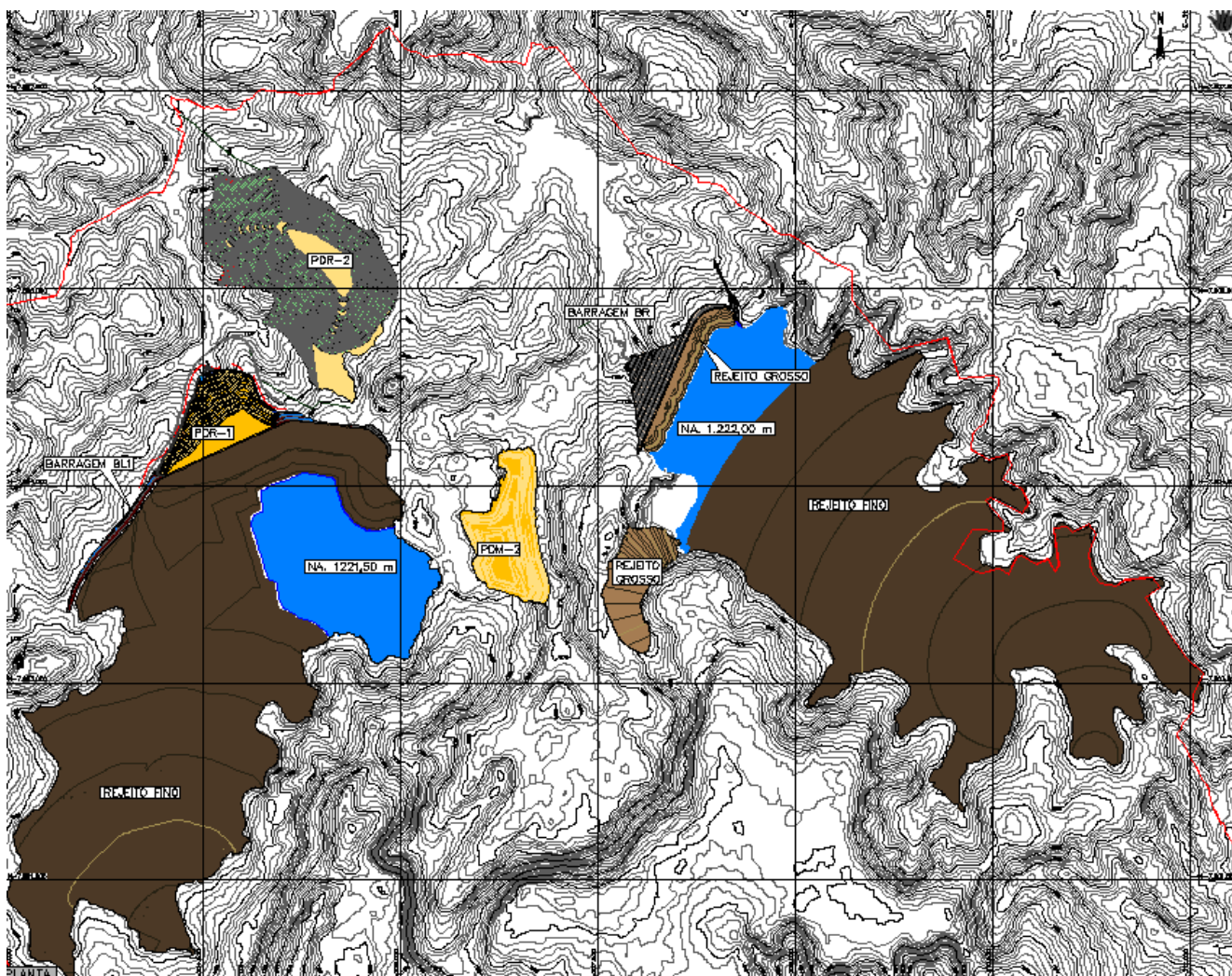




Figura 5.1 – Estruturas previstas no Plano Diretor De Tapira – CMT.

### 5.1 SUPRESSÃO VEGETAL

A região na qual será implantada a Pilha PDM-2 atualmente possui parte da sua área composta por vegetação arbustiva e vegetação rasteira, sendo que estas vegetações devem ser suprimidas como primeira etapa de limpeza do terreno.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>15/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

A área de retirada de vegetação foi estimada conforme ortofoto disponibilizada: Ortofoto Magnetita CMT 09112021, fornecida pela Mosaic.

Atualmente na área tem-se 269.909,16 m<sup>2</sup> de vegetação arbustiva e 294.980,83 m<sup>2</sup> de vegetação rasteira, totalizando 564.889,99 m<sup>2</sup>.

O projeto foi dividido em duas etapas construtivas e uma etapa de fechamento, desta forma na fase inicial deve ser suprimido 170.536,16 m<sup>2</sup> de vegetação arbustiva e 207.988,04m<sup>2</sup> de vegetação rasteira, conforme mostrado no documento WA02821014-1-GT-DES-0006.

Já para a etapa final de implantação da pilha será necessário a realização de supressão de 99.373,00 m<sup>2</sup> de vegetação arbustiva e 86.992,79 m<sup>2</sup> de vegetação rasteira, conforme mostrado no desenho WA02821014-1-GT-DES-0007.

## 5.2 LIMPEZA E TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

O tratamento da fundação proposto para PDM-2 está dividido em duas etapas: a primeira consiste em remoção de todo o rejeito atualmente disposto na área da pilha (magnetita e rejeito marrom) e a segunda na remoção do *top soil* e/ou solos moles existentes na fundação na área de implantação da pilha.

Na primeira etapa a profundidade de escavações para retirada de rejeito e magnetita variará entre 0,5 m e 23,0 m, sendo que, a retirada da magnetita deverá ser feita em concomitância com as obras de alteamento da Barragem BR ou a venda da magnetita.



Para segunda etapa se faz necessário a remoção de todo colúvio mole atualmente presente na região. Com base nas investigações realizadas pela Geocontrole em 2021/2022, conforme documentos PDM2-SP-01 a PDM2-SP-08 e Relatório PDM2 \_CMT-SM rev0, a retirada de colúvio mole variará de 2,0 m a 11,0 m a depender da região.

No que tange ao faseamento da pilha, a etapa de limpeza da magnetita deve ser realizada em sua totalidade na fase inicial da pilha, e nesta fase deve ser retirado todo colúvio mole conforme documento WA02821014-1-GT-DES-0008 e WA02821014-1-GT-DES-0010.

Já para a fase final da pilha devem ser retirados todo colúvio mole presente na fundação da pilha, conforme documento WA02821014-1-GT-DES-0012.

Durante a limpeza de fundação o nível de água deve ser mantido a pelo menos 2,0 m abaixo da superfície de escavação para garantir a estabilidade da mesma.

A execução da campanha de ensaios não foi realizada em sua totalidade na parte leste da pilha devido à falta de capacidade de suporte do material de fundação e as dificuldades de acessos em alguns pontos.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>16/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Desta maneira a Walm, recomenda a execução de uma campanha de ensaios complementares conforme WA02821014-1-GT-ETC-0002, visando mapear a extensão das camadas de colúvio mole na parte oeste da pilha e a profundidade de solo mole na parte leste.



Além disto, a Walm também recomenda a execução de ensaios de adensamento para analisar o grau de deformabilidade dos colúvios com  $N_{spt}$  acima de 7. Após as análises dessa campanha complementar a limpeza de fundação deve ser revista.

Ressalta-se que, caso seja identificado material mole durante a execução da limpeza de fundação em áreas não mapeadas, as mesmas deverão ser retiradas, de forma a garantir a estabilidade final da estrutura.

### 5.3 INTERFERÊNCIAS

As interferências mapeadas para o projeto de PDM 2 são listadas a seguir e mostradas na Figura 5.2 :

- Sistema de descarte de Lama: a estrutura PDM 2 será construída com distanciamento (offset) mínimo de 30,0 m do eixo do sistema de descarte de lama;
- Área administrativa/ beneficiamento: deverá ser mantido uma distância de 20,0 m da área administrativa e área de beneficiamento de CMT;
- O canal de drenagem superficial: deverá ser mantida uma distância de 20,0 m do talvegue de drenagem superficial;
- Estrada de acesso a mina: a estrutura PDM 2 deverá manter um afastamento mínimo de 10,0 m da estrada de acesso.
- Pátio de Resíduos Industriais (PRI): parte da estrutura PDM 2 será implantada onde atualmente está locado o PRI, desta forma o mesmo será relocado pela Mosaic;
- Pátio de Deposição de Equipamentos: parte da estrutura PDM 2 será implantada onde atualmente está locado o Pátio de Deposição de Equipamentos, desta forma o mesmo será relocado pela Mosaic;
- Barragem BD2 e suas estruturas: a estrutura PDM 2 deverá manter um afastamento mínimo de 10,0 m da Barragem BD2.
- Linhas de transmissão elétrica: a estrutura PDM 2 deverá manter um afastamento mínimo de 10,0 m das linhas de transmissão.
- Torre de transferência: A estrutura deve apresentar afastamento mínimo de 10,0 m das torres de transferência;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>17/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Britagem secundária: A pilha deve manter afastamento mínimo de 20,0 m da britagem secundária;
- Depósito de estéril: A pilha de magnetita PDM 2 deve ser manter afastamento mínimo de 100,0 m dos depósitos de estéril.

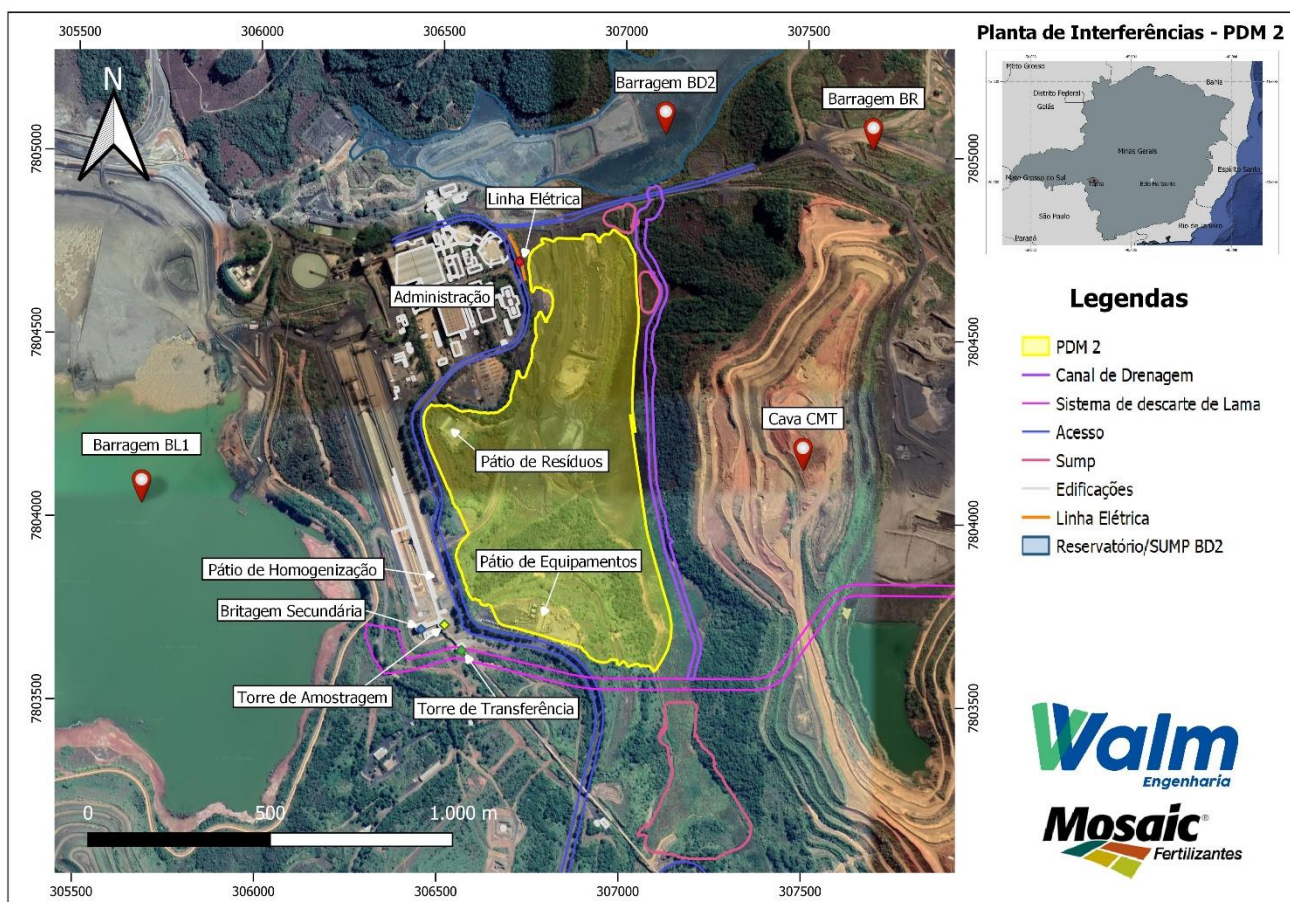




Figura 5.2 –Planta de interferências PDM-2.

## 6 PROJETO DETALHADO – DESCRIÇÃO GERAL

O projeto executivo da PDM-2 compreende a elaboração de projeto detalhado de estrutura de disposição de magnetita, incluindo a execução de arranjo geométrico, a definição dos dispositivos componentes do sistema de drenagem superficial, drenagem interna, estrutura de contenção de sedimentos e instrumentação de monitoramento.

Além disto, o projeto contempla a implantação executiva do canal de drenagem e *sump* das cavas a montante da pilha e o projeto conceitual da travessia entre o sistema de descarte de lama, bueiros e canal de drenagem das cavas.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>18/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Os sistemas de drenagem superficial e interna projetados servirão para recolhimento/captação de toda a água decorrente da pluviometria da bacia de contribuição, seja ela escoada superficialmente ou infiltrada, possibilitando a condução dessas vazões de forma ordenada para fora da pilha.

O projeto executivo da PDM-2 foi dividido em três fases distintas, a primeira delas, intitulada Fase Inicial, prevê a deposição de magnetita sobre a superfície da região que atualmente possui menor ocorrência de solos moles. A fase inicial se dará até a El. 1.228,00 m. Nesta etapa o aterro da pilha foi implantado sobre o reaterro após a retirada de todas a magnetita e de parte do colúvio mole.

A Tabela 6.1 apresenta as principais características técnicas do depósito da etapa inicial do projeto.

Tabela 6.1 - Principais características – Fase Inicial – PDM-2.



CARACTERÍSTICAS	UNID.	VALOR
Elevação máxima	m	~1.228,00
Talude H:V	-	2,0:1,0
Largura das bermas	m	7,00
Altura de bancos entre bermas	m	10,00
Altura máxima da pilha	m	56,00
Área de ocupação	m <sup>2</sup>	35.5833,21
Reaterro de Magnetita	Mm <sup>3</sup>	2,10
Volume de magnetita da etapa	Mm <sup>3</sup>	8,10
Drenagem superficial composta por canais periféricos em concreto armado		-
Drenagem interna será composta por dois dreno de fundo que conduzirão a água para o canal periférico de drenagem	m	468,40
Sump de contenção	m <sup>3</sup>	58.498,35
A instrumentação da Fase 01 da pilha contemplará a instalação de 07 indicadores de nível d'água , 10 piezômetros , 2 medidores de vazão e 08 marcos superficiais		-

O desenho WA02821014-1-GT-DES-0014 apresenta o arranjo geral da Etapa Inicial de PDM-2.

Os desenhos WA02821014-1-GT-DES-0078, WA02821014-1-GT-DES-0079 e WA02821014-1-GT-DES-0080 apresentam o arranjo da drenagem provisória a ser implantada para direcionamento das drenagens existentes nas regiões do pátio de homogeneização, acessos para área da mina e Pátio de Resíduos Industriais.

Na segunda fase, denominada Fase Final, foi projetado o crescimento da pilha para as demais regiões da área de implantação, ocupando assim toda a área disponibilizada pela Mosaic. Nessa fase, a pilha de magnetita atingirá a El. 1.265,00 m.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>19/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

A Tabela 6-2 apresenta as principais características técnicas do depósito da etapa intermediária do projeto.

Tabela 6-2 - Principais características – Final – PDM-2.

CARACTERÍSTICAS	UNID.	VALOR
Elevação máxima	m	~1.265,00
Talude H:V	-	2,0:1,0
Largura das bermas	m	7,00
Altura de bancos entre bermas	m	10,00
Altura máxima da pilha	m	97,00
Área de ocupação	m <sup>2</sup>	488.499,99
Volume de magnetita da etapa	Mm <sup>3</sup>	15,6
Volume de reaterro	Mm <sup>3</sup>	~2,2
Drenagem superficial composta por canais de berma, canais de rampa, descidas d'água e canais periféricos em concreto armado		-
Drenagem interna será composta por quatro dreno de fundo que conduzirão a água para o canal periférico de drenagem	m	263,50
Sump de contenção	m <sup>3</sup>	58.498,35
A instrumentação da Fase Final da pilha contemplará a instalação de 11 indicadores de nível d'água , 13 piezômetros, 22 marcos superficiais e 04 medidores de vazão		-

O sistema de drenagem superficial projetado para a etapa final do depósito é composto de canaletas de topo, descidas d'água, canais de acesso e canais periféricos de forma a coletar as águas provenientes da precipitação direta incidente sobre a área da pilha e entorno, direcionando o fluxo de forma segura para fora da estrutura.



Para o sistema de drenagem interna, foram projetados drenos de fundo trapezoidais, sendo os drenos DN-01 e DN-02 implantados para a primeira etapa e o DN-03 e DN-04 na fase final.

As vazões do sistema de drenagem interna, somadas as do sistema de drenagem superficial, serão conduzidas para o ponto mais baixa área e direcionadas para o canal periférico e lançadas no *sump*.

A WA02821014-1-GT-DES-0015 apresenta o arranjo geral da Fase Final da PDM-2.

A terceira etapa do projeto, denominada Fase de Fechamento, compreende a configuração final da PDM-2, cujo arranjo projetado já estará implantado em sua altura final, todos os canais e estruturas de contenção já estarão em operação.

A fase de fechamento contemplará lançamento de top soil e a implantação de grama em placa para garantir o revestimento total do talude da pilha, conformação final das bermas se necessário e fechamento das operações de disposição.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>20/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 7 SEQUENCIAMENTO EXECUTIVO DA PILHA



O sequenciamento executivo da Pilha PDM-2 foi concebido considerando três etapas construtivas distintas, a saber, fase inicial, fase final e fase de fechamento.

Conforme já mencionado, a etapa inicial de implantação da PDM-2 consistirá na implantação da pilha na porção onde é necessário o menor volume de limpeza de fundação, tendo como referência a topografia atual da área e as investigações geológicas geotécnicas apresentadas no item 8 deste relatório.

As fases inicial e final da pilha foram projetadas sobre a base topográfica atual considerando a expansão da pilha ao longo dos anos, conforme demanda de estoque de magnetita do Complexo de Mineração de Tapira.

A implantação da fase inicial se dará com a seguinte sequência:

- Supressão Vegetal de parte da região da pilha, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0006;
- Retirada de todo rejeito disposto na região de PDM-2 para realização de obras de alteamento da barragem BR, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0008;
- Limpeza de fundação para implantação do canal de drenagem das cavas, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0010;
- Escavação da região do sistema de contenção de sedimentos da cava, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0070;
- Implantação do sistema de contenção de sedimentos da Cava, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0070;
- Implantação do canal de drenagem da cava, conforme desenhos WA02821014-1-GT-DES-0065 a WA02821014-1-GT-DES-0069;
- Limpeza de fundação para retirada de solo mole e *topsoil*, conforme desenhos WA02821014-1-GT-DES-0010;
- Escavação para implantação das estruturas de contenção de sedimento de PDM-2 fase inicial, conforme documento WA02821014-1-GT-DES-0072;
- Reaterro da fundação com magnetita WA02821014-1-GT-DES-0026;
- Implantação da drenagem interna Fase inicial (DN-01 e DN-02), conforme desenhos WA02821014-1-GT-DES-0028 e WA02821014-1-GT-DES-0029;
- Implantação da drenagem provisória nos pontos de drenagem existentes, conforme desenhos WA02821014-1-GT-DES-0078, WA02821014-1-GT-DES-0079 e WA02821014-1-GT-DES-0080;
- Implantação do maciço da pilha na Fase Inicial, conforme desenhos WA02821014-1-GT-DES-0014;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>21/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Implantação dos instrumentos da fase inicial, conforme documentos WA02821014-1-GT-DES-0033 e WA02821014-1-GT-DES-0034;
- Implantação dos canais periféricos, conforme documentos WA02821014-1-GT-DES-0038;
- Implantação dos dispositivos de drenagem superficial, conforme documentos WA02821014-1-GT-DES-0038;

Visando evitar a contaminação do material drenante, os drenos de fundo DN-01 e DN-02 devem ser recobertos com magnetita ao longo de todo seu comprimento. Já no fechamento destes drenos deve ser implantado drenos de pé, conforme especificado no item 9.



Para a implantação da fase final tem-se a seguinte sequência construtiva:

- Supressão vegetal de toda área da pilha, conforme documentos WA02821014-1-GT-DES-0006;
- Limpeza de fundação para retirada de solo mole e *topsoil*, conforme documentos WA02821014-1-GT-DES-0012
- Reaterro da fundação com magnetita, conforme documento WA02821014-1-GT-DES-0027;
- Implantação da drenagem interna Fase Final (DN-03 e DN-04), conforme documento WA02821014-1-GT-DES-0031;
- Implantação do maciço contemplando toda região da pilha, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0015;
- Alçamento e implantação dos instrumentos, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0034;
- Implantação final dos canais periféricos, conforme desenho WA02821014-1-GT-DES-0039 ao WA02821014-1-GT-DES-0064 e WA02821014-1-GT-DES-0109 e WA02821014-1-GT-DES-0112;
- Implantação final dos dispositivos de drenagem superficial, conforme WA02821014-1-GT-DES-0043;

Para a etapa final da PDM-2, está prevista a execução do depósito até a elevação final, a implantação integral do sistema de drenagem interna, a implantação dos dispositivos de drenagem superficial, implantação e alçamento da instrumentação.

Para etapa final o canal de drenagem da cava e seu respectivo sump devem estar implantados e os sumps da pilha possuem capacidade para reter um volume de resíduos de forma a realizar apenas uma limpeza anual.

Durante a fase final, ao finalizar cada bancada da pilha se faz necessário a implantação de vegetação nos taludes com objetivo de evitar processos erosivos.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>22/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Para a fase de fechamento deve-se realizar a cobertura vegetal de toda extensão da pilha, reconformação de taludes se necessário e tratamento de eventuais erosões.

Todos os sumps da estrutura foram dimensionados com a premissa que a limpeza dos mesmos será realizada anualmente.

Tendo em vista tais considerações, o sequenciamento construtivo da pilha foi concebido de forma a atender aos eventos do projeto, sendo dividido em 3 fases, relativas às Etapas Inicial, Final e de Fechamento.

Abaixo, seguem algumas regras executivas/ operacionais a serem seguidas durante a implantação da pilha.

- Os critérios e métodos executivos apresentados na especificação técnica construtiva, conforme documento WA02821014-1-GT-ETC-0001 deverão ser atendidos em todas as etapas construtivas da Pilha de PDM-2;
- A implantação do sistema de drenagem interna deverá ser realizada por empresa com experiência e de acordo com as faixas granulométricas estabelecidas;
- Os acessos deverão seguir os segmentos e visadas definidos no projeto;

## 8 ESTUDOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS

### 8.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA



#### 8.1.1 Geologia Regional

Geograficamente, o Complexo de Mineração de Tapira se encontra na Folha Araxá em escala 1:100.000, Figura 8.1(Mapeamento do convênio entre CODEMIG e UFMG/CPMTC, 2015).

No que tange ao contexto geológico, a Folha Araxá se encontra sob o domínio da Faixa Brasília Meridional, no domínio geotectônico conhecido como Arco do Alto Parnaíba.

Autores como Brod *et al.* (2004), Mariano e Marchetto (1991), Morbidelli *et al.* (1995) e Seer *et al.* (2015), defendem que a Faixa de Dobramentos Brasília evoluiu durante o Ciclo Brasileiro, com deformação e metamorfismo em torno de 600 milhões de anos. É constituída por metassedimentos do Proterozóico Superior, metamorfizados desde o metamorfismo incipientemente até a fácies xisto verde, sendo o metamorfismo e a deformação gradativamente menos intensas de oeste para leste, onde transiciona para os sedimentos de cobertura do Cráton do São Francisco.

Os Complexos Alcalino-Carbonatíticos de Araxá, Tapira, Salitre I e III, pertencem à Província Ígnea Alcalino-Carbonatítica do Alto Parnaíba e foram alvo de inúmeros trabalhos, que

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>23/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

mereceram uma ampla revisão de Brod *et al.* (2004) *apud* Seer *et al.* (2015). Com base nesse trabalho, a região do Arco do Alto Paranaíba foi palco de intenso magmatismo máfico-ultramáfico alcalino e ultrapotássico, gerando corpos intrusivos (diques, condutos, diatremas e complexos plutônicos) e extrusivos (lavas e piroclásticas) durante o Neocretáceo.

De acordo com Seer (1999), o Complexo ultramáfico-alcalino-carbonatítico de Tapira está encaixado em rochas metassedimentares do Grupo Canastra.

Segundo (Reis, 2011), o Grupo Canastra, escama inferior, a qual abarca as rochas intrusivas, é constituído por metassedimentos detríticos, com porções e trechos carbonosos, em contato tectônico, por meio de zonas de cisalhamento, com os outros grupos inferiores e superiores. É composto por ortoquartzitos, quartzitos micáceos, filitos sericíticos, filitos carbonosos, grafita xistos, cloritóide-grafita xistos, granada-grafita xistos, e, em menor proporção, por metamargas e cloritaxistos com foliação bem desenvolvida. Há uma sucessão de camadas, partindo da Serra da Bocaina no sentido sul, com quartzitos muito finos intercalados com filitos sericíticos e carbonosos, passando a filitos carbonosos, os quais gradam para grafita xistos e cloritóide-grafita xistos finos. A presença de intercalações de quartzitos finos e micáceos subordinados, nos vários níveis do grupo, podem ser configurados como seqüências rítmicas tanto em escala milimétrica como decimétrica. Os litotipos da base são granada-cloritóide-grafita xistos mais grossos.

Nas redondezas do Complexo Alcalino de Tapira ocorrem quartzitos médios, brancos, com intraclastos de filitos carbonosos, indicando a existência de superfícies erosivas (Seer, 1999).

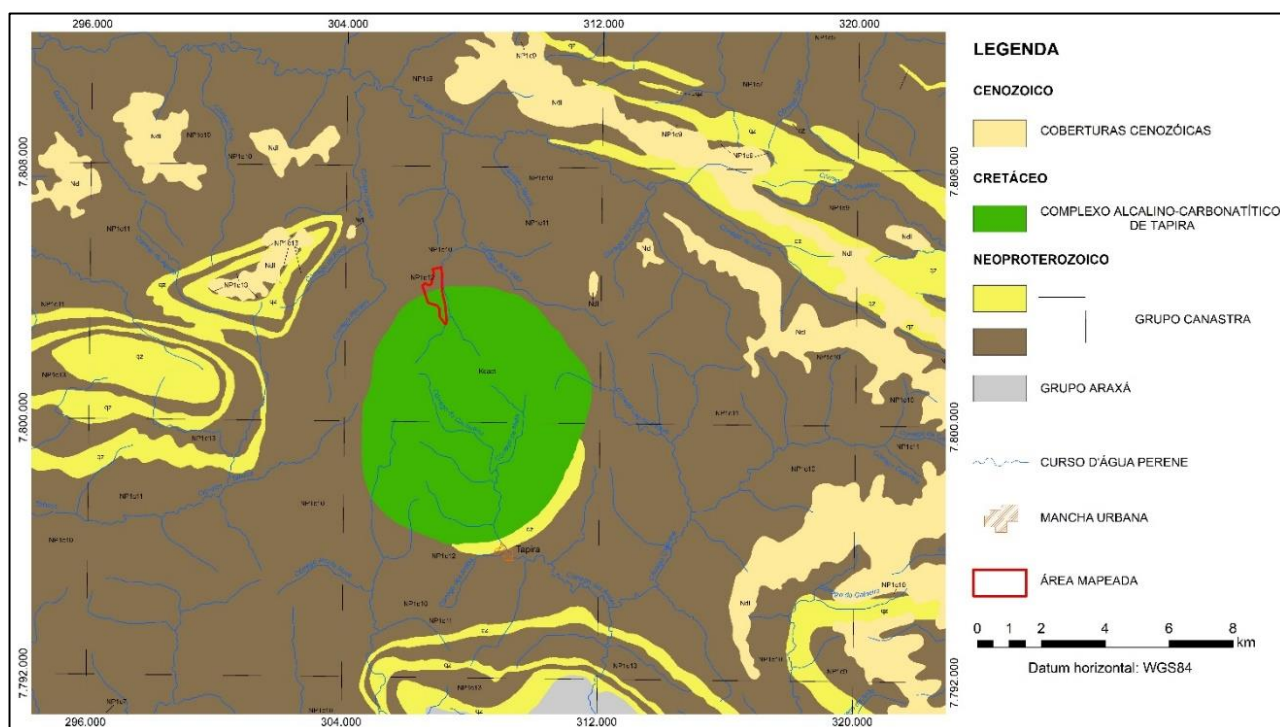




Figura 8.1 - Recorte adaptado da Folha Geológica Araxá (SE.3-Y-C-VI). A área de implantação da PDM2 é apresentada pelo polígono de contorno vermelho.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>24/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Segundo Seer *et al.* (2015), Projeto Fronteiras de Minas da empresa CODEMIG, a Folha Araxá compreende os seguintes litotipos apresentados nos itens a seguir:

#### 8.1.1.1 COBERTURAS

Cobertura detrítico-laterítica indiferenciada constituída por colúvio formado por clastos angulosos, sem orientação, mal classificados, unidos por concreção férrica (laterita), areias quartzosas, rosa a brancas, além de cascalheiras formadas por quartzo leitoso de veio.

#### 8.1.1.2 COMPLEXO ALCALINO-CARBONATÍTICO ARAXÁ

Clinopiroxenito e bebedourito predominam sobre carbonatito, foscorito, dunito serpentizado, flogopitito, sienito, melilitolito e flogopita picrito. Os carbonatitos formam cinco plugs distintos e são de três tipos: calcita carbonatito, calcita-dolomita carbonatito e dolomita carbonatito, todos com textura média a fina e presença de flogopita. O espesso manto de intemperismo é estratificado, da base para o topo, em minério fosfatado, horizonte rico em Ti (anatásio) e manto estéril.

Predominam bebedourito e rochas feldspáticas (tinguaíto, traquito e fenito) e subordinadamente carbonatito, flogopitito e aegerina-nefelina-sanidina fenito. Possui mineralizações de fosfato e terras raras.



#### 8.1.1.3 GRUPO IBIÁ

FORMAÇÃO RIO VERDE: Muscovita-quartzo-xisto intercalado a muscovita-clorita-quartzo xisto, clorita xisto, clorita filito, quartzito, todos muito finos a finos, formando ritmito com lâminas milimétricas a centimétricas, rico em quartzo remobilizado em veios ou olhos associados a carbonato e pirita, de cor verde clara avermelhada, quando intemperizado.

#### 8.1.1.4 GRUPO CANASTRA

Ortoquartzito e quartzito micáceo, em camadas decimétricas a métricas, intercaladas com quartzo-muscovita xisto, muscovita-quartzo xisto e muscovita xisto, sericita filito, quartzo-sericita filito e filito carbonoso. Lâminas e camadas de itabirito e hematita compacta ocorrem localmente. Os quartzitos variam de muito fino a médios, branco a cinza, localmente hematíticos, magnéticos e manganésíferos. Os filitos são creme, esverdeados e cinza claro a escuros e são comumente hematíticos.

No entorno das intrusões alcalinas os quartzitos apresentam fenitização dada por enriquecimento em feldspato e recristalização de quartzo e apresentam intenso faturamento. Localmente ocorre metaconglomerado intraformacional, matriz suportado, com clastos pelíticos em matriz também pelítica. Veios de quartzo associado a pirita e carbonato são comuns.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>25/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Ocorrem também granada-mica-xisto com intercalações centimétricas a métricas de granada-grafita-xisto, granada-quartzo-xisto, granada quartzito e albita-granada-mica-xisto. Intercalações de quartzito e xisto com fenitização restrita, representada pela presença de feldspato e anfibólio sódico e por fim camadas de quartzito com intercalações de muscovita-quartzo xisto com ou sem granada e camada de quartzito e quartzito micáceo.

#### 8.1.1.5 GRUPO ARAXÁ

Ocorrem uma gama de litotipos, aqui serão descritos apenas alguns destes, como por exemplo, muscovita-biotita-quartzo xisto, localmente feldspático. Ocorrem também quartzito, quartzito micáceo, cianita xisto, granada-muscovita-biotita-quartzo xisto feldspático, pegmatito, turmalinito, anfibolito e granitos equigranulares, raramente porfiriticos, médios a grossos, brancos a cinza claros, deformados. Granada, zircão, turmalina, monazita e apatita ocorrem como minerais acessórios deste granito.

Granada-muscovita-biotita-quartzo xisto, médio, com olhos de quartzo e rico em veios de quartzo geralmente paralelos à foliação principal. Variações desse termo são granada-biotita-muscovita-quartzo xisto e granada-quartzo-muscovita-biotita xisto, quartzo-mica xisto. Localmente ocorre granada quartzito, quartzito micáceo, quartzito, anfibolito, anfibólio xisto, granada-cianita-muscovita-quartzo xisto e estauroлита-granada-muscovita-quartzo xisto, além de metaultramáficas a sul de Tapira. Mais raramente ocorre rutilo. Camadas de quartzito e quartzito micáceo.

#### 8.1.2 Geologia Local

Para subsidiar o desenvolvimento do Projeto Executivo de PDM-2, foi elaborado pela Walm uma especificação técnica, conforme documento WA12217280-1-GT-ETC-0001.

Durante a execução das sondagens, não foi possível o acesso a porção leste da pilha devido a mesma apresentar mata fechada e a presença de baixa capacidade de suporte. Devido à falta de licenciamento ambiental, não foi possível a implantação de supressão vegetal, desta forma, a Walm BH solicita a elaboração de uma campanha complementar conforme documento WA02821014-1-GT-ETC-0002.

A Tabela 8-1 apresenta os dados de locação das sondagens já executadas.

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**26/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**



REV.

**0**

Tabela 8-1 – Locação das sondagens executadas na região de PDM-2.

Id. Furo	Coordenadas (Sirgas 2000)		Elevação	Profundidade
	N	E		
PDM2-SM-01	7.803.563,96	306.952,91	1.223,24	34,00
PDM2-SM-04	7.803.959,97	306.569,74	1.217,01	49,00
PDM2-SM-05	7.803.836,85	306.753,94	1.212,74	32,10
PDM2-SM-06	7.804.111,05	306.751,30	1.188,18	48,00
PDM2-SM-09	7.804.343,37	306.715,02	1.200,88	42,00
PDM2-SM-10	7.804.709,19	306.846,48	1.191,71	49,00
PDM2-SM-11	7.804.372,87	306.876,94	1.191,38	54,00
PDM2-SM-13	7.804.763,02	306.975,08	1.175,20	41,00
PDM2-SM-14	7.804.091,69	306.871,53	1.184,41	39,00
PDM2-SP-01	7.803.084,95	307.121,51	1.187,52	15,13
PDM2-SP-02	7.804.828,00	306.997,01	1.175,05	20,12
PDM2-SP-03	7.803.706,45	306.848,68	1.229,54	15,24
PDM2-SP-04	7.803.808,90	306.680,25	1.215,03	31,36



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>27/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>



Id. Furo	Coordenadas (Sirgas 2000)		Elevação	Profundidade
	N	E		
PDM2-SP-05	7.804.192,04	306.800,94	1.189,38	14,27
PDM2-SP-06	7.804.226,33	306.706,12	1.194,94	20,45
PDM2-SP-07	7.804.758,01	306.968,92	1.176,10	28,45
PDM2-SP-08	7.803.838,29	306.887,40	1.212,57	18,08

#### 8.1.2.1.1 Campanha 2021/2022

#### 8.1.3 Reconhecimento Geológico-Geotécnico

Os domínios geológico-geotécnicos descritos a seguir foram identificados tanto a partir do mapeamento geológico-geotécnico na área de implantação da PDM2, que foi realizado pela WALM durante o dia 05 de novembro de 2021, quanto a partir dos dados levantados durante as campanhas de sondagens mistas e a percussão, que ocorreram entre março e agosto de 2022.

A Figura 8.2 apresenta o mapa geológico-geotécnico da área de implantação da pilha de magnetita (desenho WA12217280-1-GT-DES-0001).

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>28/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

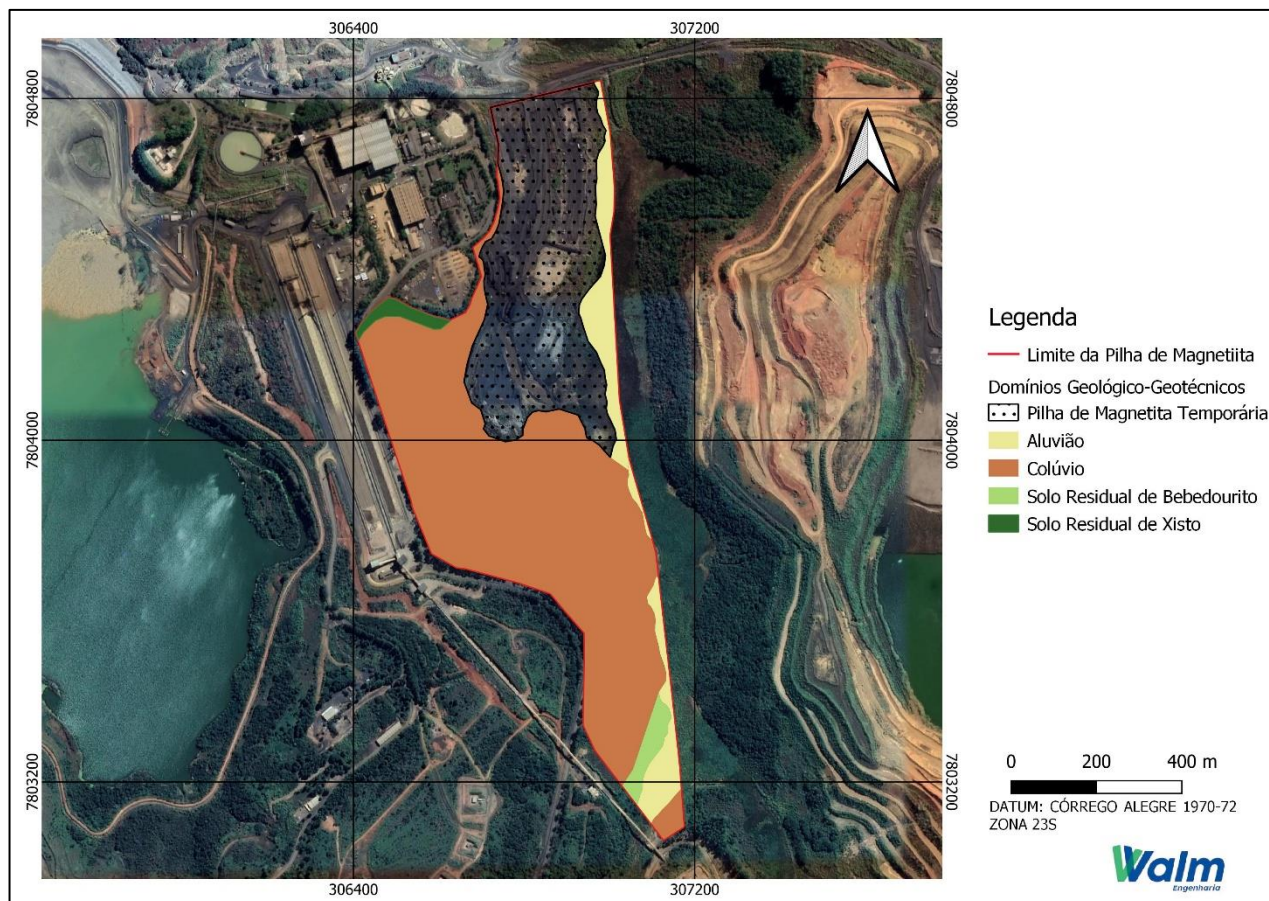




Figura 8.2 - Mapa de domínios geológico-geotécnicos da área de implantação da Pilha de Magnetita.

### 8.1.3.1 Rejeito de Magnetita

A pilha de magnetita temporária ocupa a porção norte da área de implantação da PDM-2. Esse material se trata do rejeito magnético proveniente do beneficiamento mineral de rocha fosfática gerado através de separação magnética (Figura 8.3).

A coloração do rejeito é cinza escura, possui granulometria arenosa, apresentando também grânulos, seixos, possui grãos de magnetita e, subordinadamente, de flogopita e rocha são fragmentada (em blocos e seixos).

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>29/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

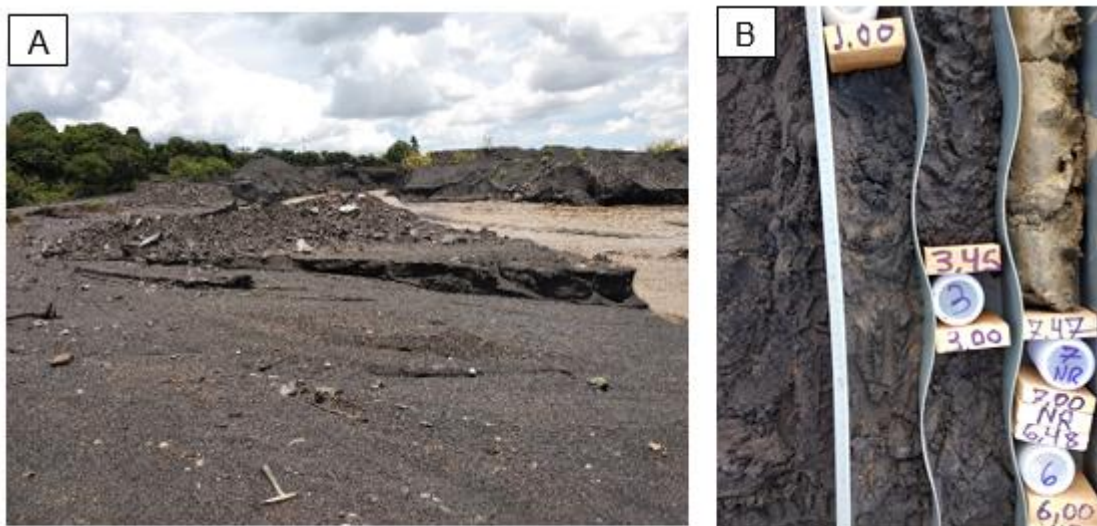


Figura 8.3 - (A) Aspecto geral pilha de magnetita temporária. Material mais comum, que é rico em magnetita. (B) Rejeito de magnetita (material cinza escuro) na caixa de testemunhos 1 da sondagem SM-14.

### 8.1.3.2 Rejeito Marrom

O rejeito marrom, via de regra, está sob a pilha de magnetita temporária que se encontra na área de implantação da PDM-2. Esse material possui cor marrom a marrom escura, textura argilo-siltosa a silto-arenosa, com poucos grânulos e seixo, plasticidade média, apresenta principalmente micas, fragmentos de rocha, e magnetita em sua composição, conforme Figura 8.4.

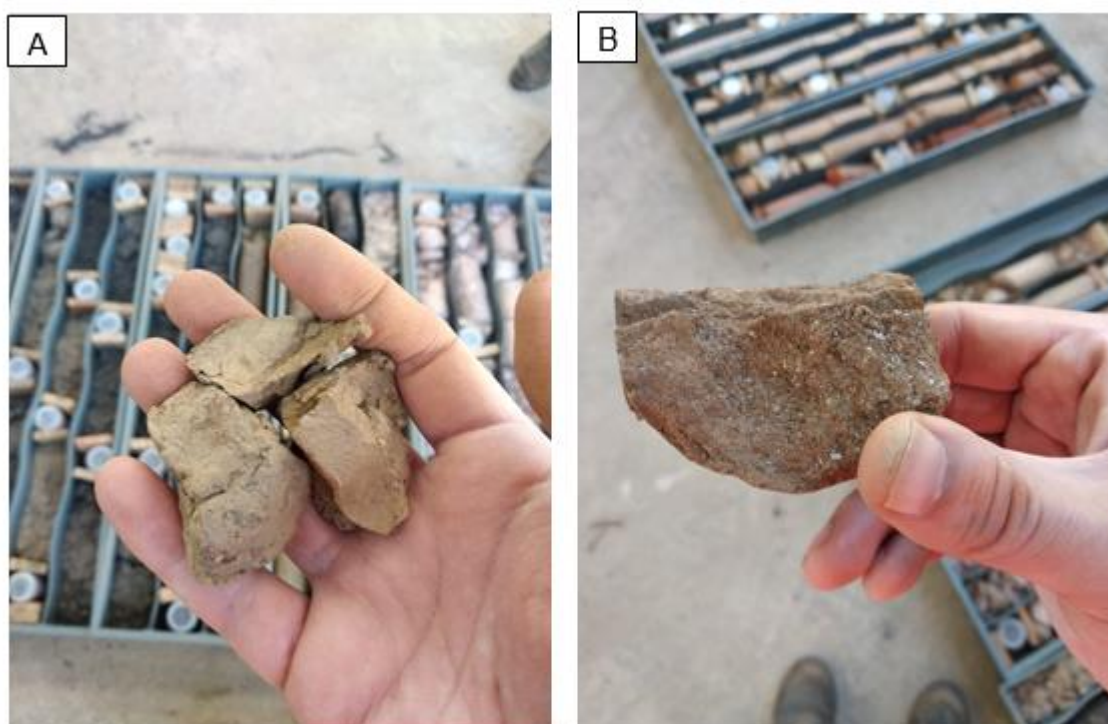




Figura 8.4 – Rejeito marrom com textura silto-argilosa. B) Rejeito marrom rico em micas.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>30/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 8.1.3.3 Sedimentos provenientes das atividades da mina

Os sedimentos provenientes das atividades da mina ocorrem no entorno do canal que se estende deste a região sudeste até a região nordeste da área de implantação da PDM-2.

Parte da água da região da cava da mina, bem como parte da água utilizada no processo de beneficiamento do minério do Complexo de Mineração de Tapira, é direcionada para esse canal. Os sedimentos possuem coloração marrom escura, textura arenosa fina e apresenta grande quantidade de mica flogopita e magnetita (Figura 8.5).

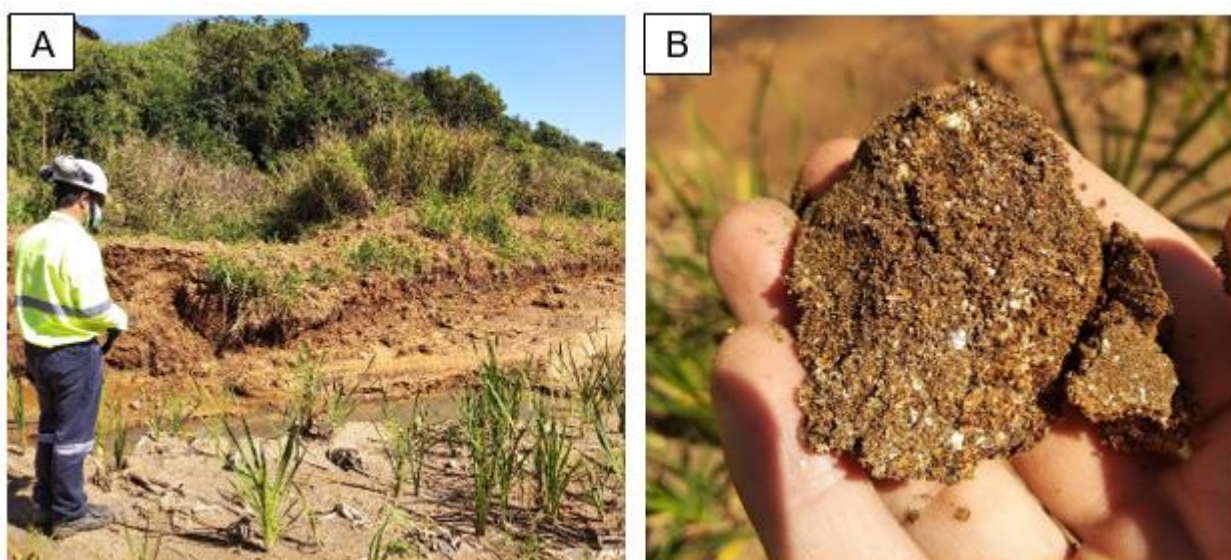




Figura 8.5 - (A) Drenagem principal do Complexo de Mineração de Tapira onde são depositados os sedimentos. (B) Detalhe dos sedimentos.

### 8.1.3.4 Colúvio

O colúvio é o material mais abundante da superfície da área de implantação da PDM2, recobrendo tanto as regiões de encosta quanto os locais planos e de cotas elevadas (divisores de água locais).

A matriz desse solo possui textura silto-arenosa (areia fina a grossa) a argilo-siltosa com pouca argila, possuindo plasticidade variando de baixa a média (Figura 8.6).

No que tange aos clastos que ocorrem nesse material coluvionar, as dimensões dos mesmos podem variar entre grânulos e blocos, sendo suas formas subangulosas a angulosas. A composição dos clastos varia de acordo com a localização, sendo que, há locais com predomínio de clastos de bebedourito alterados, sílex, flogopita e magnetita e outros com somente quartzito (Figura 8.7).

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>31/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

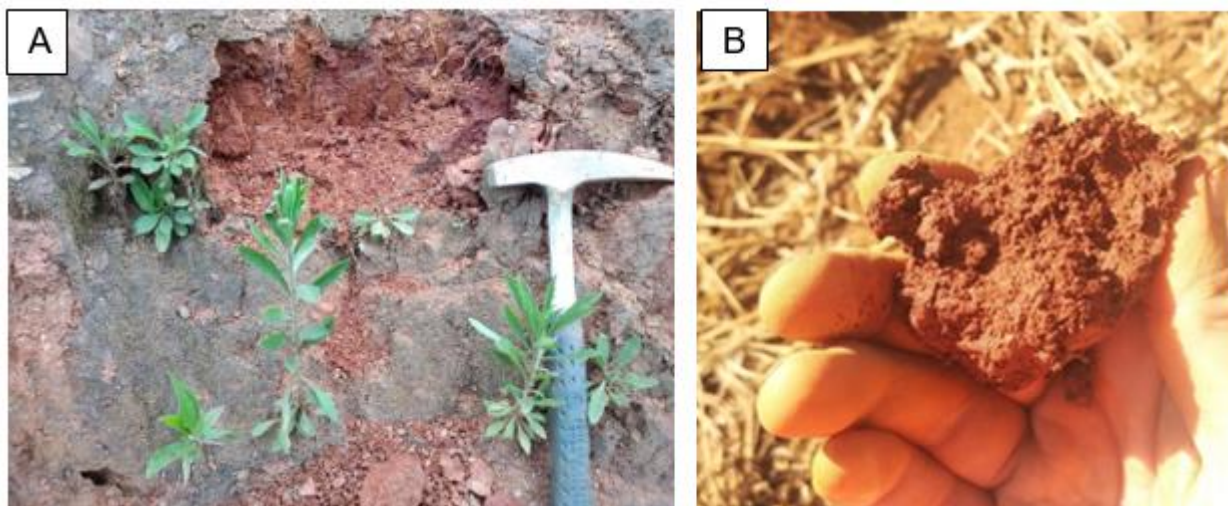


Figura 8.6 - (A) Colúvio em corte de estrada. (B) Detalhe do colúvio com textura argilo-siltosa da SM-05.

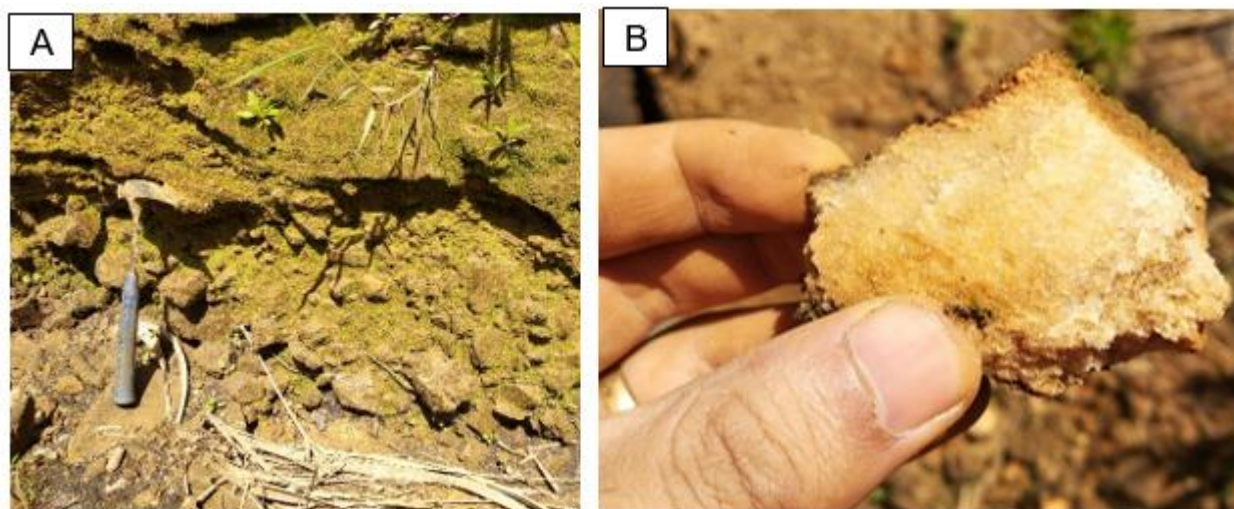


Figura 8.7– (A) Colúvio área de drenagem com fragmentos de quartzito. (B) Fragmento de quartzito no colúvio. – Ponto 12.

Nas encostas encobertas pelo colúvio, é comum a ocorrência de erosões e até escorregamentos em locais com escoamento d’água superficial (Figura 8.8).

No corte evidenciado pela erosão ilustrado na Figura 8.9, identifica-se que o colúvio possui aproximadamente entre 1 e 2 metros de espessura. Tal espessura, no entanto, pode variar em outros locais da área de implantação da PDM2, atingindo até 16 metros de profundidade.





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>32/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>





Figura 8.8 - (A) Erosão no colúvio e solo residual em talude. (B) Erosão do colúvio em drenagem.



Figura 8.9 - Erosão em talude exibindo o contato entre colúvio e solo residual. O contato está destacado com o traçado em vermelho.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>33/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 8.1.3.5 Solo Residual de Xisto do Grupo Canastra (Encaixe)

O Solo residual de xisto do Grupo Canastra é caracterizado por sua coloração de alteração alaranjada ou amarela e branca, apresentando material preto (manganês e magnetita) achatado paralelamente às estruturas reliquiárias presentes. Os minerais originais estão completamente alterados, tendo restado somente argilominerais, estruturas tectônicas reliquiárias da rocha e quartzo friável nos veios (Figura 8.10).

Em termos de alteração é classificada como completamente alterado (W5) e em relação à resistência, como extremamente branda (R0). Sua textura é silto-argilosa, com plasticidade baixa. No mapeamento realizado na região, foi possível observar também estruturas reliquiárias nesse solo residual com a foliação Sn, cuja atitude é 075/55.

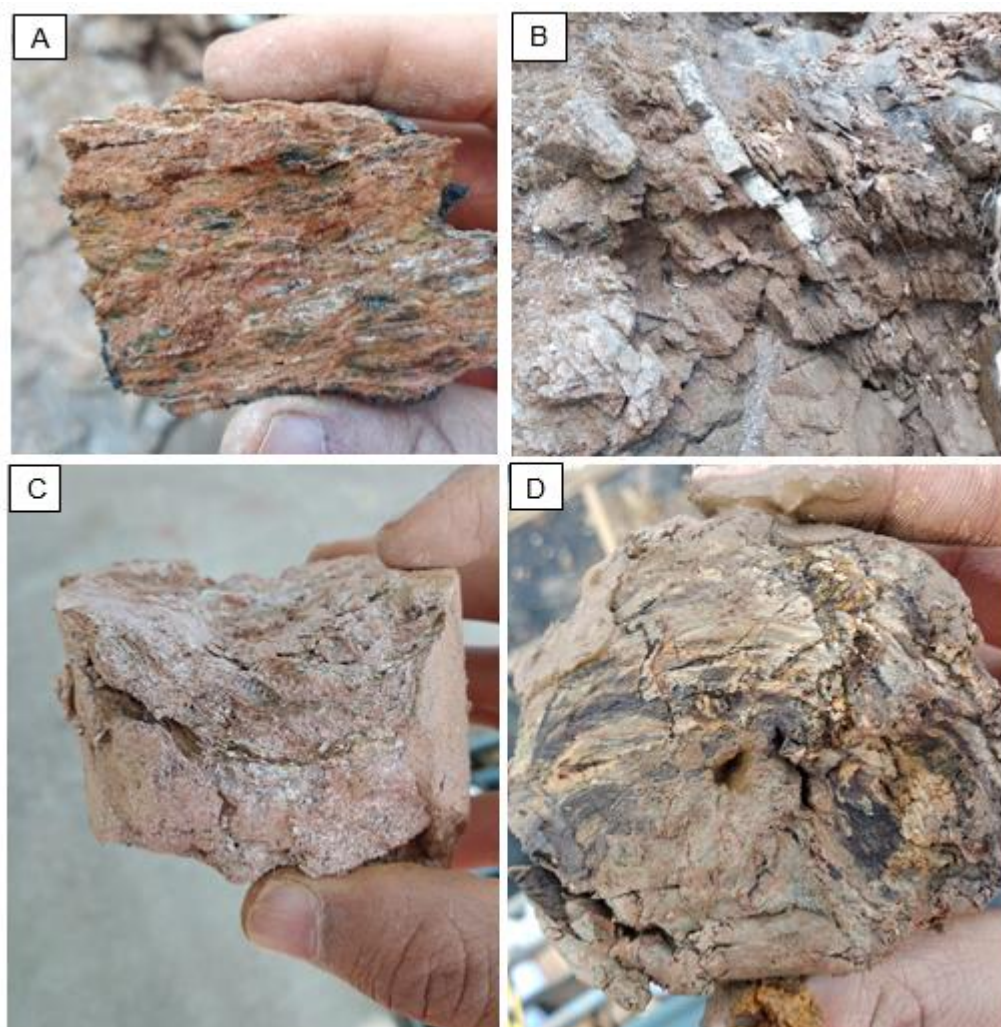




Figura 8.10 - (A) Detalhe do solo residual de xisto, mostrando suas estruturas reliquiárias (foliação) (B) Solo residual de xisto em canal de drenagem de acesso. C) Solo residual de xisto da sondagem SM-11. D) Solo residual de xisto da sondagem SM-14.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>34/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.1.3.6 Saprólito de Xisto do Grupo Canastra (Encaixante)

O saprólito de xisto do grupo Canastra possui textura siltosa e é composto principalmente por micas brancas parcialmente preservadas e quartzo também parcialmente intemperizado.

Este material apresenta foliação reliquiar marcada pelas micas orientadas e pela cor de alteração mineral. Sua cor é, via de regra, variegada (branca, preta, marrom e bege), podendo ocorrer também trechos com coloração uniforme.

Ocorrem veios de quartzo fraturados com espessuras de até 2 cm e concentração pontual de óxido de manganês (cor preta) e magnetita. Observa-se também vênulas de material branco e argiloso que não apresentam reação ao HCl (10%). Esse material possui resistência extremamente branda (R0) a muito branda inferior (R1-) e alteração de rocha intensamente alterada (W4). A Figura 8.11 mostra exemplos desse saprólito de xisto identificado nas sondagens.

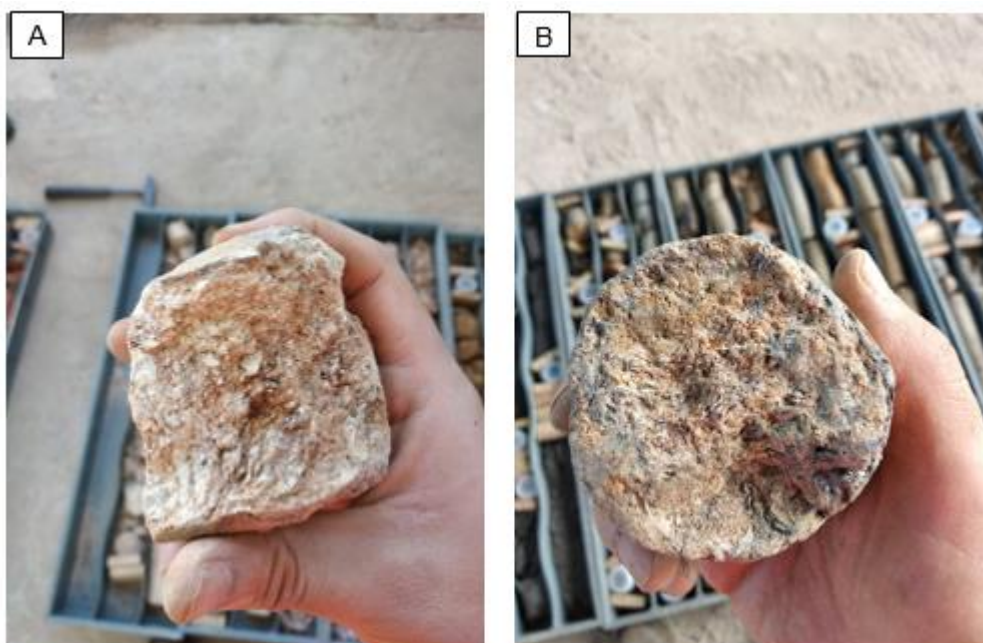




Figura 8.11- A) Saprólito de xisto da SM-13. B) Saprólito de xisto da SM-10.

#### 8.1.3.7 Xisto Alterado do Grupo Canastra (Encaixante)

O xisto alterado com planos de descontinuidade marcados pela oxidação. É composto principalmente por micas e minerais brancos alterados (provavelmente feldspato caulinizado) e apresenta cor de alteração castanha entre os planos de foliação.

Localmente, identificam-se minerais de cor esverdeada (possível clorita), quartzo, micas e mineral de grãos muito finos de cor dourada (possível pirita). Sua resistência varia de branda inferior (R1-) até resistente (R4) e sua alteração é rocha intensamente alterada (W4) a moderadamente alterada. A Figura 8.12 mostra exemplos desse xisto alterado.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>35/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

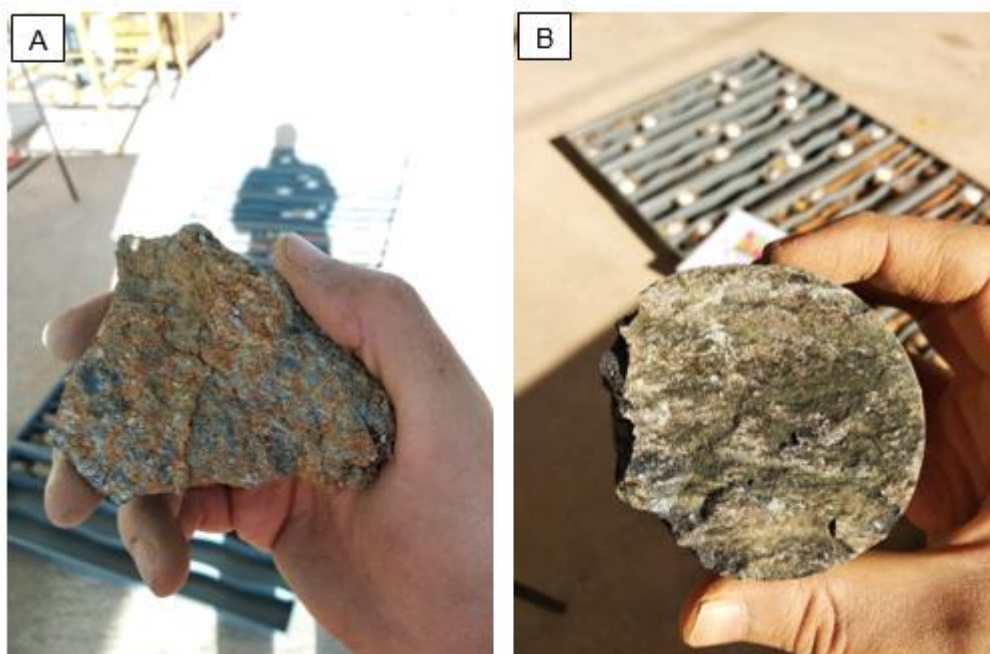




Figura 8.12 - A) Xisto alterado da SM-10. B) Xisto alterado rico em clorita da SM-11.

#### 8.1.3.8 Solo Residual de Quartzito do Grupo Canastra

Solo residual de quartzito se trata de um material friável, que apresenta textura arenosa média, com grãos angulosos de quartzo e magnetita. Esse material foi identificado somente na sondagem SM-05 como um material arenoso. A Figura 8.13 apresenta o aspecto desse material.



Figura 8.13 - Aspecto do solo residual de quartzito do Grupo Canastra na caixa de testemunhos da SM-05.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>36/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.1.3.9 Saprólito de quartzito do grupo de canastra

O saprólito de quartzito do Grupo Canastra se trata de um material arenoso, branco, rico em quartzo, com manchas pretas ocasionadas por concentrações de manganês e magnetita. O material se encontra intensamente fragmentado e é pouco resistente (R2+) muito fragmentado. Em termos de grau de intemperismo, classifica-se como rocha intensamente alterada (W4). O aspecto desse material é exibido na Figura 8.14.





Figura 8.14 - Saprólito de quartzito do Grupo Canastra da caixa de testemunhos da SM-05.

#### 8.1.3.10 Solo Residual de rocha intrusiva alcalina

O solo residual de rocha intrusiva alcalina se trata de um material maciço, com textura silto-argilosa a siltosa, que apresenta cores amarela (predominante), verde, marrom, branco, preto e rosa (Figura 8.15).

Neste material localmente, ocorrem grandes concentração de magnetitas, conferindo coloração preta a esse litotipo. De maneira geral, os minerais originais estão completamente alterados para argilominerais. Em termos de alteração é classificada como de solos em geral (W6) a completamente alterado (W5) e em relação à resistência, como extremamente branda (R0) a branda inferior (R1-).



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>37/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

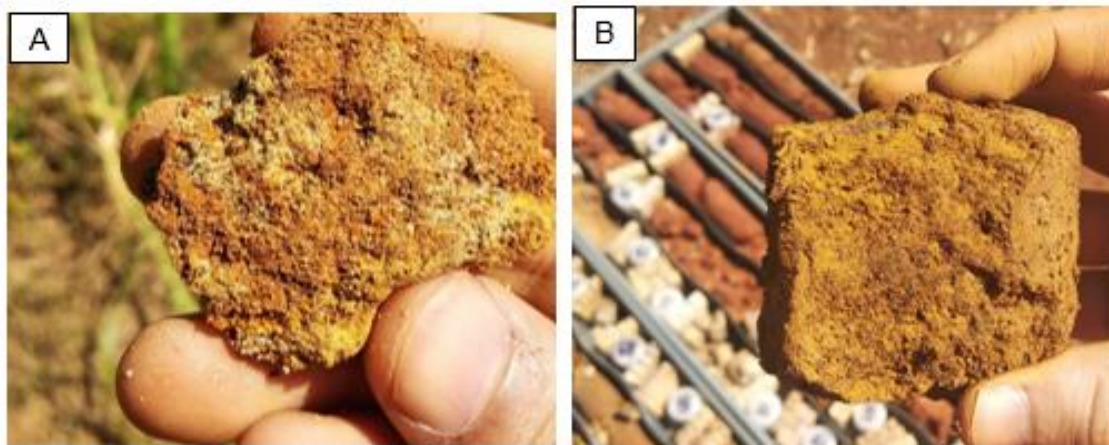




Figura 8.15 -(A) Detalhe do solo residual de rocha intrusiva alcalina identificado em mapeamento geológico-geotécnico. (B) Solo residual de rocha intrusiva alcalina descrito na sondagem SM-05.

#### 8.1.3.11 Saprólito de rocha intrusiva alcalina

O saprólito se trata de um material com estrutura maciça e com textura predominantemente siltosa, mas, localmente, há passagens areno-siltosas. Apresenta material com coloração variegada, normalmente com combinações de ocre, preto, branco e verde. São identificadas micas preservadas nas porções menos alteradas (com alteração inferior da W4) e óxido de manganês e magnetita preenchendo descontinuidades. A resistência geral do saprólito é branda inferior (R1-) a extremamente branda (R0) e sua alteração varia entre W5 e W4. Na área de implantação da PDM2, esse material foi identificado somente por meio das sondagens executadas. A Figura 8.16 apresenta exemplos desses materiais nos testemunhos de sondagem.



Figura 8.16 - A) Saprólito de rocha intrusiva alcalina da SM-04. B) Saprólito de rocha intrusiva alcalina da SM-06.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>38/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 8.1.3.12 Rocha intrusiva Alcalina Fraturada

A rocha intrusiva alcalina fraturada se trata de um material maciço, com cor predominantemente cinza, mas apresenta coloração ocre no entorno das descontinuidades. Algumas fraturas são preenchidas por carbonato de cálcio. Esse material é muito resistente (R5) e possui alteração classificada como rocha levemente alterada (W2) a rocha moderadamente alterada (W3). A Figura 8.17 apresenta exemplos desse material.



Figura 8.17 - A) Rocha intrusiva alcalina levemente alterada e com vênulas de carbonato de cálcio da sondagem SM-06. B) Rocha intrusiva alcalina moderadamente alterada e com descontinuidades apresentando alteração mineral, conferindo coloração ocre da sondagem SM-06.

## 8.2 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

### 8.2.1 Ensaio de Laboratório

Em 2022, a Pattrol realizou duas campanhas de ensaios de laboratório com o objetivo de caracterizar o material de fundação, conforme documentos PAT-RT-LAB-2819.22-001-Rev.00 e nº PAT-RT-LAB-2819.22-001.

A campanha consistiu na retirada de amostras Denison a partir de 18 (dezoito) furos de sondagem. As informações das sondagens das amostras estão dispostas na Tabela 8-2.





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>39/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 8-2 – Amostras retiradas de PDM-2.

Registro	Identificação	Profundidade	Horizonte	Tipo de Amostra
17834	PDM2-SM01-AM01	15,00 a 16,00 m	Solo Residual	Denison
17837	PDM2-SM01-AM02	16,00 a 17,00 m	Solo Residual	Denison
17840	PDM2-SM01-AM03	27,00 a 28,00 m	Saprolito de rocha intrusiva alcalina	Denison
17835	PDM2-SM04-AM01	15,00 a 16,00 m	Solo Residual de xisto	Denison
17838	PDM2-SM04-AM02	16,00 a 17,00 m	Solo Residual de xisto	Denison
17841	PDM2-SM04-AM03	30,00 a 31,00 m	Saprolito de rocha intrusiva alcalina	Denison
17843	PDM2-SM04-AM04	31,00 a 32,00 m	Saprolito de rocha intrusiva alcalina	Denison
17842	PDM2-SM06-AM01	30,00 a 31,00 m	Saprolito de rocha intrusiva alcalina	Denison
17740	PDM2-SM09-AM01	25,00 a 26,00 m	Solo Residual de Xisto	Denison
17741	PDM2-SM09-AM02	26,00 a 27,00 m	Solo Residual de Xisto	Denison
17742	PDM2-SM09-AM03	35,00 a 36,00 m	Saprolito de Xisto	Denison
17743	PDM2-SM09-AM04	36,00 a 37,00 m	Saprolito de Xisto	Denison
17744	PDM2-SM10-AM01	16,00 a 17,00 m	Rejeito de magnetita arenoso	Denison
17745	PDM2-SM10-AM02	35,00 a 36,00 m	Saprolito de Xisto	Denison
17746	PDM2-SM10-AM03	36,00 a 37,00 m	Saprolito de Xisto	Denison
17839	PDM2-SM11-AM01	24,00 a 25,00 m	Colúvio	Denison
17844	PDM2-SM11-AM02	38,00 a 39,00 m	Saprolito de Xisto	Denison
17845	PDM2-SM11-AM03	39,00 a 40,00 m	Saprolito de Xisto	Denison
17833	PDM2-SM14-AM01	14,00 a 15,00 m	Solo Residual de Xisto	Denison
17836	PDM2-SM14-AM02	15,00 a 16,00 m	Solo Residual de Xisto	Denison

A partir das amostras retiradas foram realizados os seguintes ensaios:

- Umidade natural: 12 (dezesesseis) ensaios;
- Massa específica dos grãos: 10 (dez) ensaios;
- Granulometria e sedimentação: 8 (oito) ensaios;
- Limites de Atterberg: 8 (oito) ensaios;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>40/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Densidade aparente: 7 (sete) ensaios;
- Triaxial: 7 (sete) ensaio;
- Adensamento: 7 (sete) ensaios;



Os tópicos a seguir apresentam os resultados desses ensaios.

#### 8.2.1.1 Umidade natural

Na Tabela 8-3 são apresentadas os resultados do teor de umidade natural das amostras.

Tabela 8-3 Resultados do teor de umidade natural das amostras.

ID. LAB	PROF. (m)	TEOR DE UMIDADE NATURAL (%)
PDM2-SM01-AM01	15,00 a 16,00 m	30,58
PDM2-SM01-AM03	27,00 a 28,00 m	16,46
PDM2-SM04-AM02	16,00 a 17,00 m	33,54
PDM2-SM04-AM03	30,00 a 31,00 m	30,03
PDM2-SM06-AM01	30,00 a 31,00 m	27,1
PDM2-SM09-AM01	30,00 a 31,00 m	22,07
PDM2-SM09-AM04	35,00 a 36,00 m	21,51
PDM2-SM10-AM01	16,00 a 17,00 m	6,79
PDM2-SM10-AM03	36,00 a 37,00 m	32,06
PDM2-SM11-AM01	24,00 a 25,00 m	27,34
PDM2-SM11-AM03	39,00 a 40,00 m	39,06
PDM2-SM14-AM01	14,00 a 15,00 m	18,87
PDM2-SM01-AM01	15,00 a 16,00 m	30,58
PDM2-SM01-AM03	27,00 a 28,00 m	16,46
PDM2-SM04-AM02	16,00 a 17,00 m	33,54
PDM2-SM04-AM03	30,00 a 31,00 m	30,03
PDM2-SM06-AM01	30,00 a 31,00 m	27,1
PDM2-SM09-AM01	30,00 a 31,00 m	22,07

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>41/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

ID. LAB	PROF. (m)	TEOR DE UMIDADE NATURAL (%)
PDM2-SM09-AM04	35,00 a 36,00 m	21,51
PDM2-SM10-AM01	16,00 a 17,00 m	6,79
PDM2-SM10-AM03	36,00 a 37,00 m	32,06
PDM2-SM11-AM01	24,00 a 25,00 m	27,34
PDM2-SM11-AM03	39,00 a 40,00 m	39,06
PDM2-SM14-AM01	14,00 a 15,00 m	18,87



### 8.2.1.2 Massa específica dos grãos

A Tabela 8-4 apresenta os resultados de massa específica real dos grãos das amostras tratadas pela Walm, como também, os resultados obtidos pelo laboratório. Observa-se que os resultados obtidos são compatíveis com o tipo de material amostrado (areia siltosa; silte arenoso, areia, silte, silte argiloso).

Tabela 8-4 – Resultados obtidos no ensaio de massa específica real dos grãos.

IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO
ID. LAB	FURO	PROF. (m)	MASSA ESP. REAL DOS GRÃOS (g/cm <sup>3</sup> )
17840	PDM2-SM01-AM03	27,00 a 28,00 m	3,12
17835	PDM2-SM04-AM01	15,00 a 16,00 m	2,823
17842	PDM2-SM06-AM01	30,00 a 31,00 m	2,811
17740	PDM2-SM09-AM01	30,00 a 31,00 m	2,815
17740	PDM2-SM09-AM01	25,00 a 26,00 m	2,815
17742	PDM2-SM09-AM03	25,00 a 26,00 m	2,866



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>42/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO
ID. LAB	FURO	PROF. (m)	MASSA ESP. REAL DOS GRÃOS (g/cm <sup>3</sup> )
17742	PDM2-SM09-AM03	35,00 a 36,00 m	2,866
17744	PDM2-SM10-AM01	36,00 a 37,00 m	4,473
17744	PDM2-SM10-AM01	16,00 a 17,00 m	4,472
17745	PDM2-SM10-AM02	16,00 a 17,00 m	2,876
17745	PDM2-SM10-AM02	35,00 a 36,00 m	2,876
17839	PDM2-SM11-AM01	24,00 a 25,00 m	2,77
17844	PDM2-SM11-AM02	38,00 a 39,00 m	2,755
17833	PDM2-SM14-AM01	14,00 a 15,00 m	2,924

### 8.2.1.3 Granulometria

Seguindo a especificação, o ensaio de granulometria foi realizado de acordo com a norma técnica NBR 7181 (ABNT, 2018). Os resultados obtidos no tratamento Walm e as curvas granulométricas geradas estão apresentadas na Tabela 8-5 e Figura 8.18.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**43/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**A**

Tabela 8-5 – Ensaios de granulometria tratados e resultados encontrados pela WALM.

IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO – GRANULOMETRIA COMPLETA						
ID. LAB	FURO	PROF. (m)	PEDREGULHO (%)	AREIA GROSSA (%)	AREIA MÉDIA (%)	AREIA FINA (%)	SILTE (%)	ARGILA (%)	CLASSIFICAÇÃO
17840	PDM2-SM01-AM03	27,00 a 28,00 m	0,2	3,8	18,9	35,5	33,3	8,3	Areia siltosa
17835	PDM2-SM04-AM01	15,00 a 16,00 m	0,0	0,2	0,5	1,7	84,3	13,3	Silte
17740	PDM2-SM09-AM01	25,00 a 26,00 m	2,2	17,9	15,3	13,1	37,1	14,4	Areia siltosa
17742	PDM2-SM09-AM03	35,00 a 36,00 m	5,5	15,2	18,9	16,6	34,5	9,3	Areia siltosa
17744	PDM2-SM10-AM01	16,00 a 17,00 m	0,7	17,5	35,2	33,3	10,4	2,9	Areia
17745	PDM2-SM10-AM02	35,00 a 36,00 m	4,0	11,7	14,9	13,8	42,3	13,3	Silte arenoso
17844	PDM2-SM11-AM02	38,00 a 39,00 m	0,1	0,7	2,1	9,1	54,6	33,4	Silte argiloso
17833	PDM2-SM14-AM01	14,00 a 15,00 m	1,4	6,9	4,9	4,5	58,8	23,5	Silte argilo arenoso



### COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

44/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

A

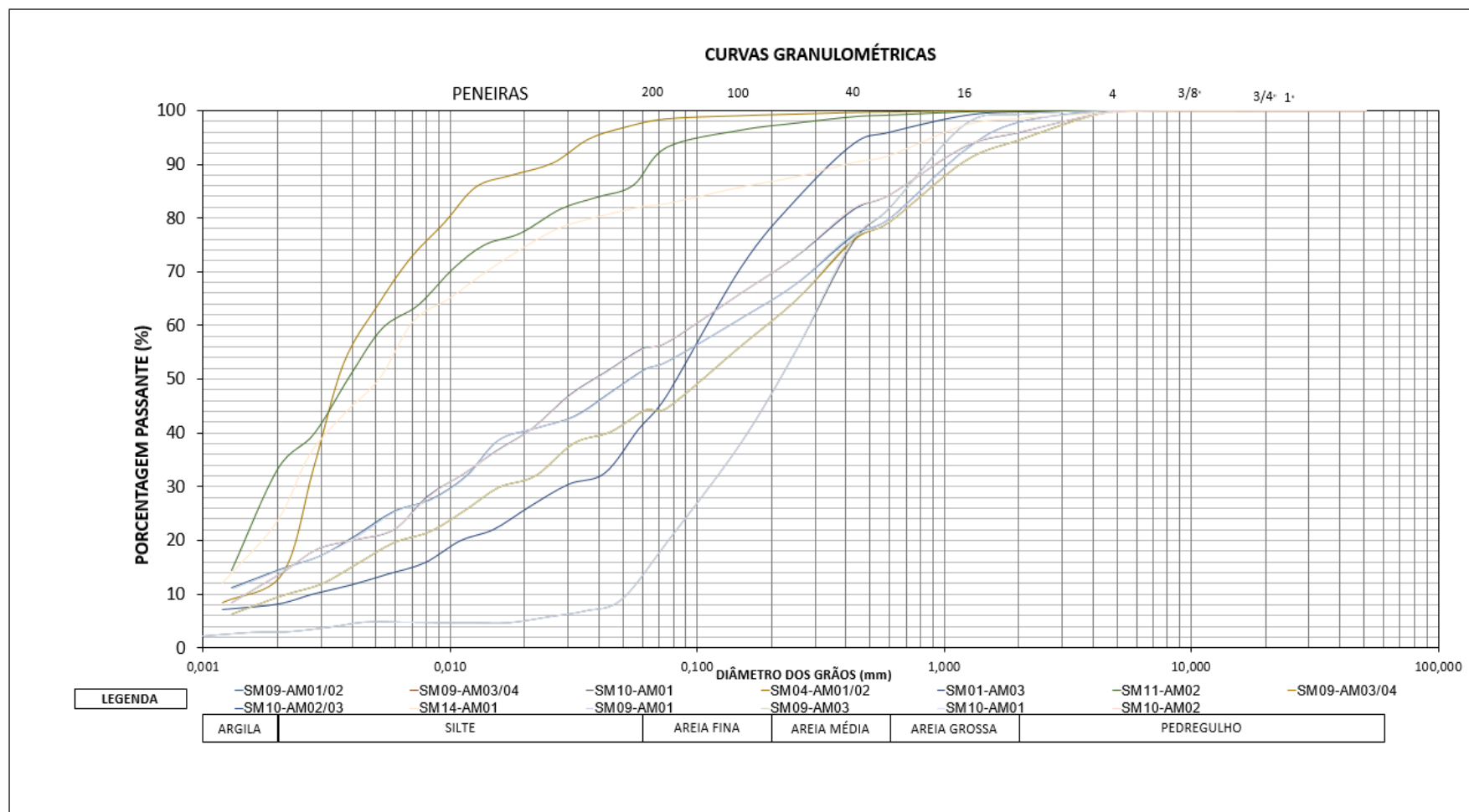




Figura 8.18 - Curvas granulométricas das amostras tratadas pela Walm da Pilha PDM-2.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>45/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.2.1.4 Limites de Atterberg

A Tabela 8-6 e as Figura 8.2 a Figura 8.8 apresentam os resultados dos ensaios de limite de plasticidade e a classificação de cada amostra de acordo com a SUCS.

Tabela 8-6 – Resultados do ensaio de limite de Atterberg e classificação de acordo com SUCS.

EMPRESA	IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO - LIMITES DE ATTERBERG				
	ID. LAB	FURO	PROF. (m)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASSIFICAÇÃO SUCS	DESCRIÇÃO
WALM <sup>(1)</sup>	PDM2-SM09-AM01	17740	25,00 a 26,00 m	27,1	11,5	15,6	CL ou OL	Argila de baixa plasticidade
	PDM2-SM09-AM03	17742	35,00 a 36,00 m	28,4	-	-	-	-
	PDM2-SM10-AM01	17744	16,00 a 17,00 m	NL	NP	-	-	-
	PDM2-SM10-AM02	17745	35,00 a 36,00 m	39,0	26,9	12,1	ML ou OL	Silte de baixa plasticidade
	PDM2-SM09-AM01	17740	25,00 a 26,00 m	27,1	11,7	15,4	CL	Argila de baixa plasticidade
	PDM2-SM09-AM03	17742	35,00 a 36,00 m	28,4	15,04	13,4	CL	Argila de baixa plasticidade
	PDM2-SM10-AM01	17744	16,00 a 17,00 m	NL	NP	-	-	-

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**46/208**

Nº WALM:



**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

EMPRESA	IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO - LIMITES DE ATTERBERG				
	ID. LAB	FURO	PROF. (m)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASSIFICAÇÃO SUCS	DESCRIÇÃO
	PDM2-SM10-AM02	17745	35,00 a 36,00 m	39,0	26,8	12,2	ML	Silte de baixa plasticidade
	PDM2-SM01-AM03	17840	27,00 a 28,00 m	27,7	15,3	12,3	CL	Argila de baixa plasticidade
	PDM2-SM04-AM01	17835	15,00 a 16,00 m	51,4	27,6	23,8	CL	Argila de baixa plasticidade
	PDM2-SM04-AM02	17838	16,00 a 17,00 m					
	PDM2-SM14-AM01	17833	14,00 a 15,00 m	45,2	22,3	22,9	CL	Argila de baixa plasticidade
	PDM2-SM14-AM02	17836	15,00 a 16,00 m					
	PDM2-SM11-AM02	17844	38,00 a 39,00 m	52,8	29,5	23,3	ML	Silte de baixa plasticidade
	PDM2-SM11-AM03	17845	39,00 a 40,00 m					

(1) Resultados encontrados no tratamento Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>47/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

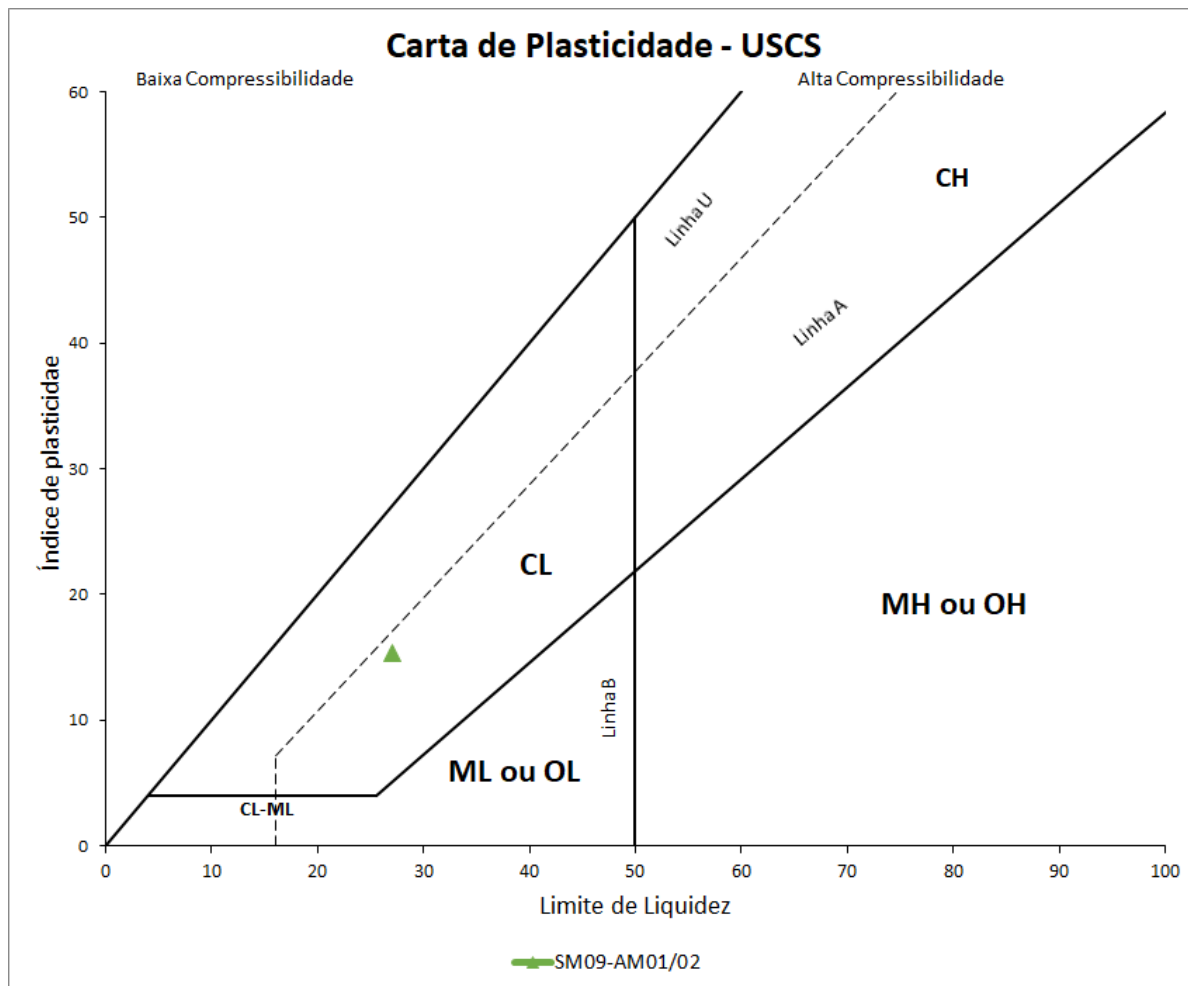




Figura 8.19 - Classificação da amostra SM09-AM01 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>48/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

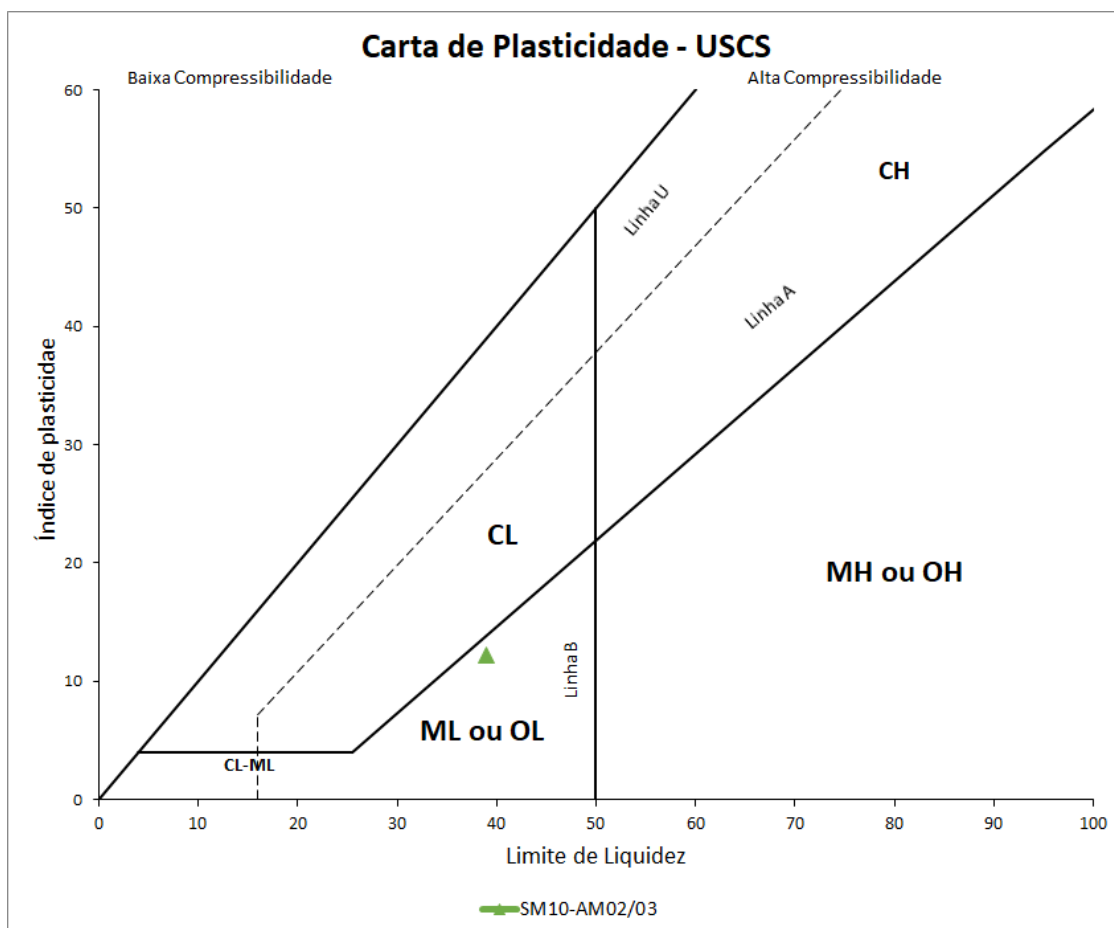


Figura 8.20 - Classificação da amostra SM10-AM02 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**49/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

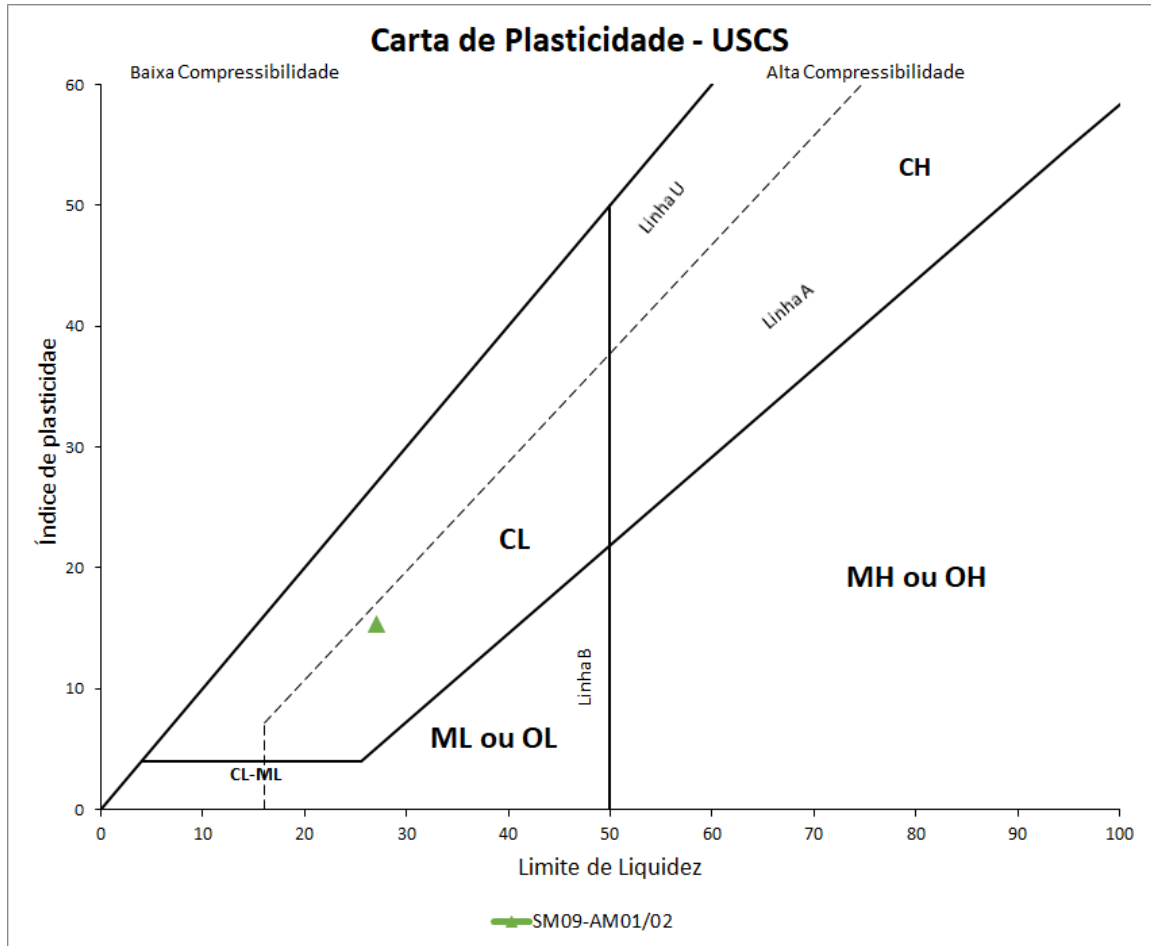




Figura 8.21 - Classificação da amostra SM09-AM01/02 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>50/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

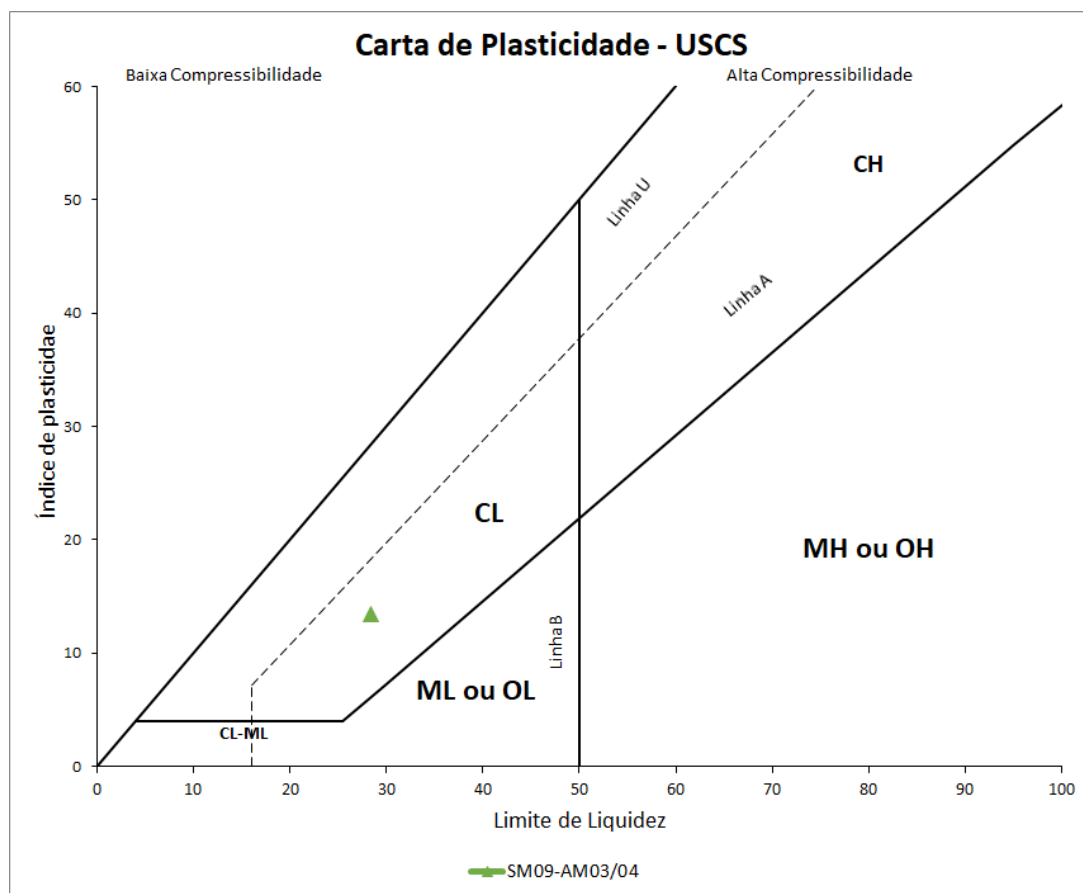


Figura 8.22 - Classificação da amostra SM09-AM03/04 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**51/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

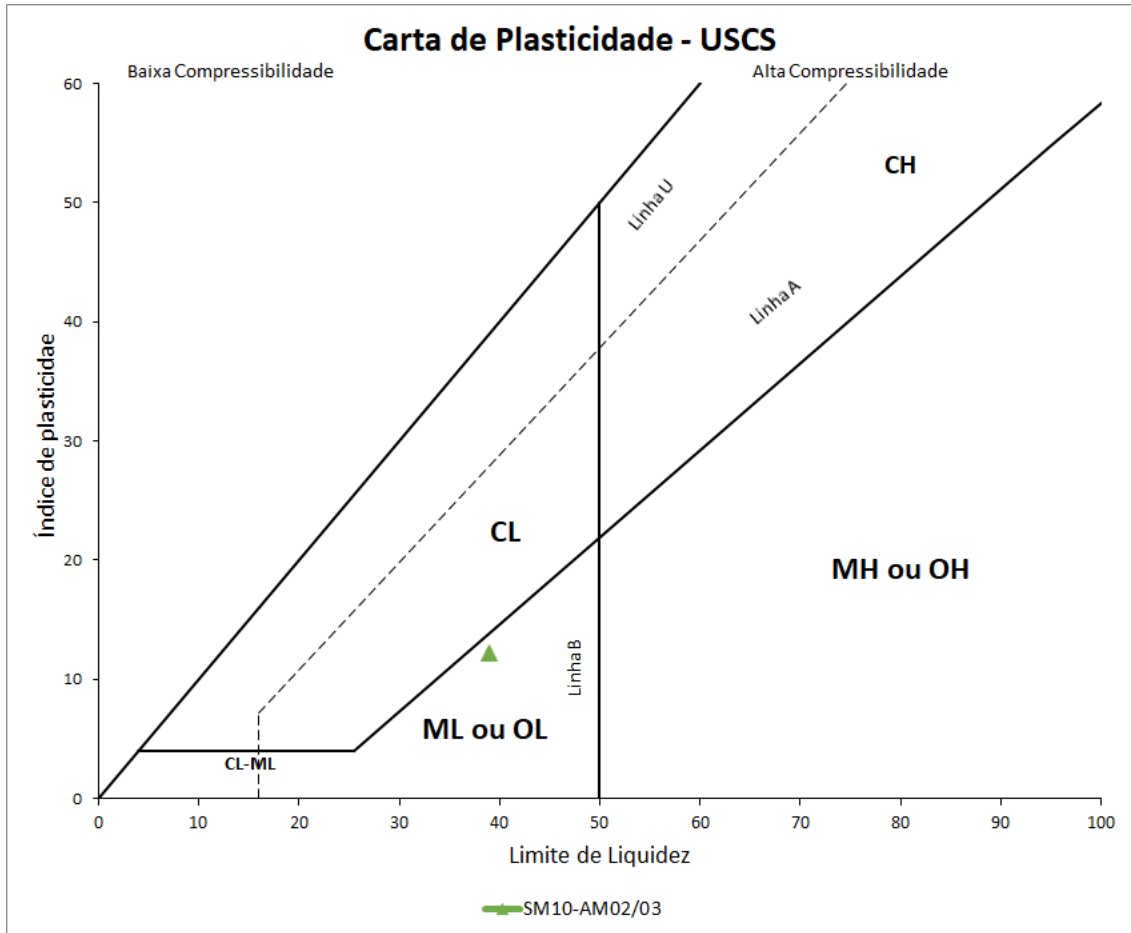




Figura 8.23 - Classificação da amostra SM10-AM02/03 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>52/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

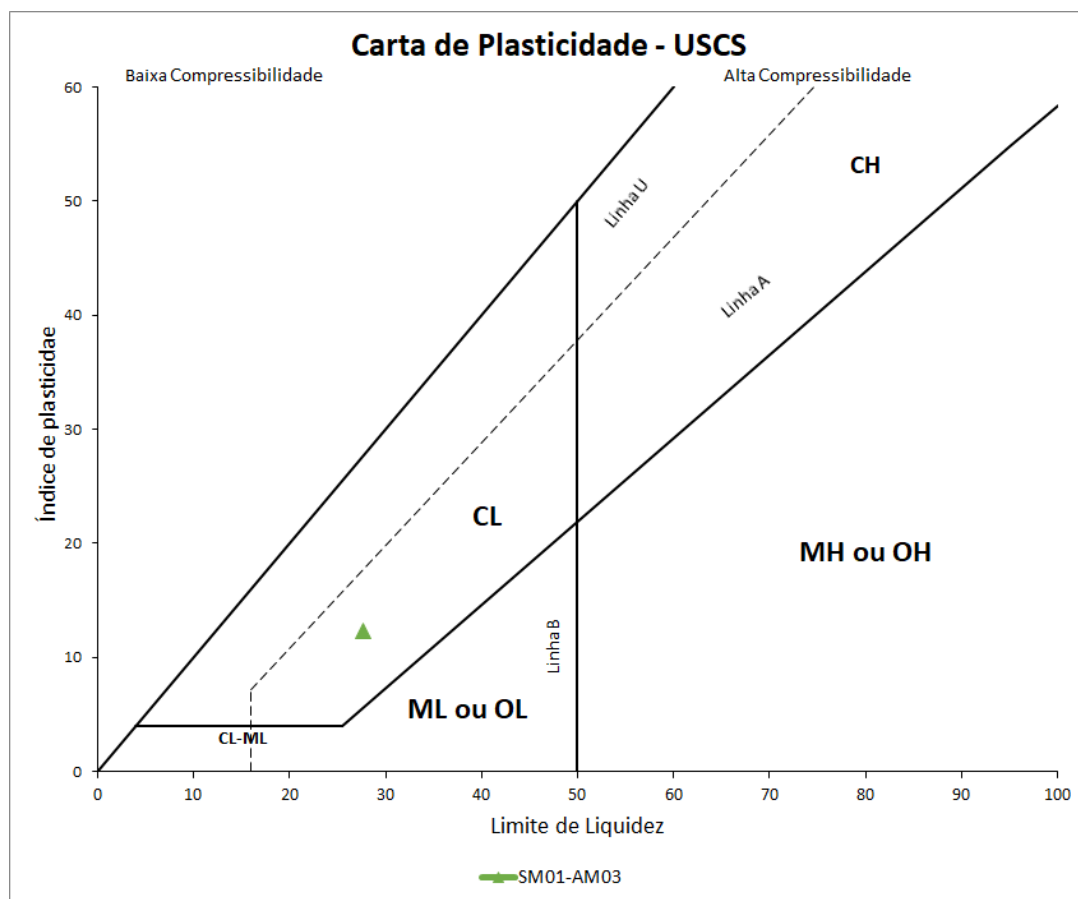




Figura 8.24 - Classificação da amostra SM01-AM03 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>53/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

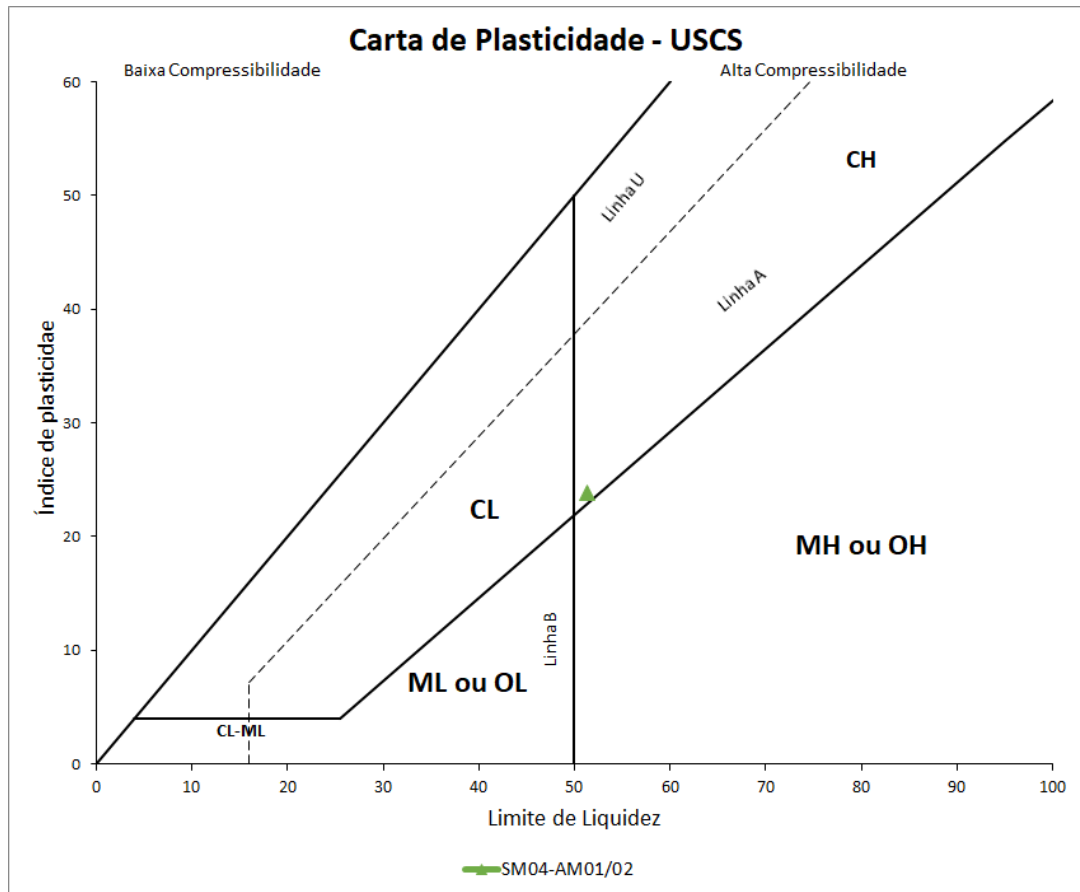




Figura 8.25 - Classificação da amostra SM04-AM01/02 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>54/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

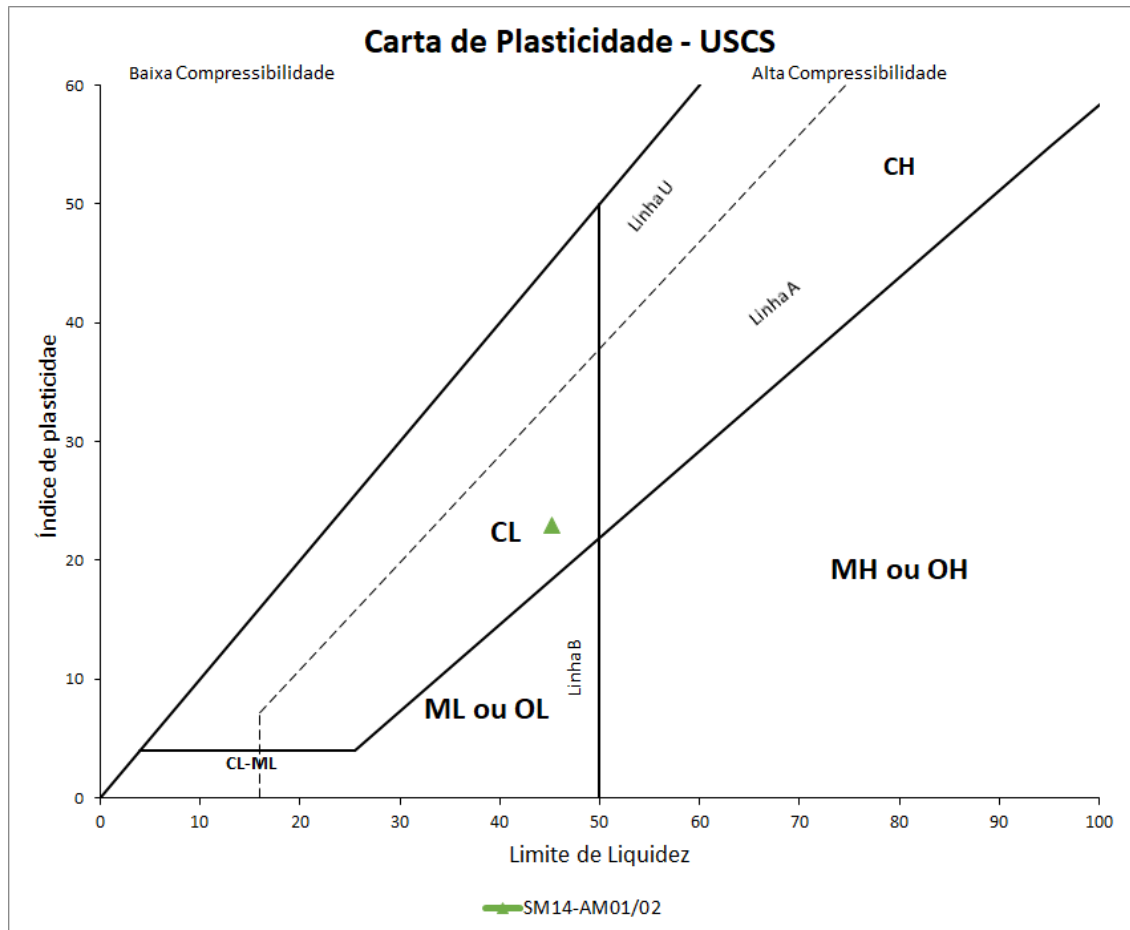




Figura 8.26 - Classificação da amostra SM14-AM01/02 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>55/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

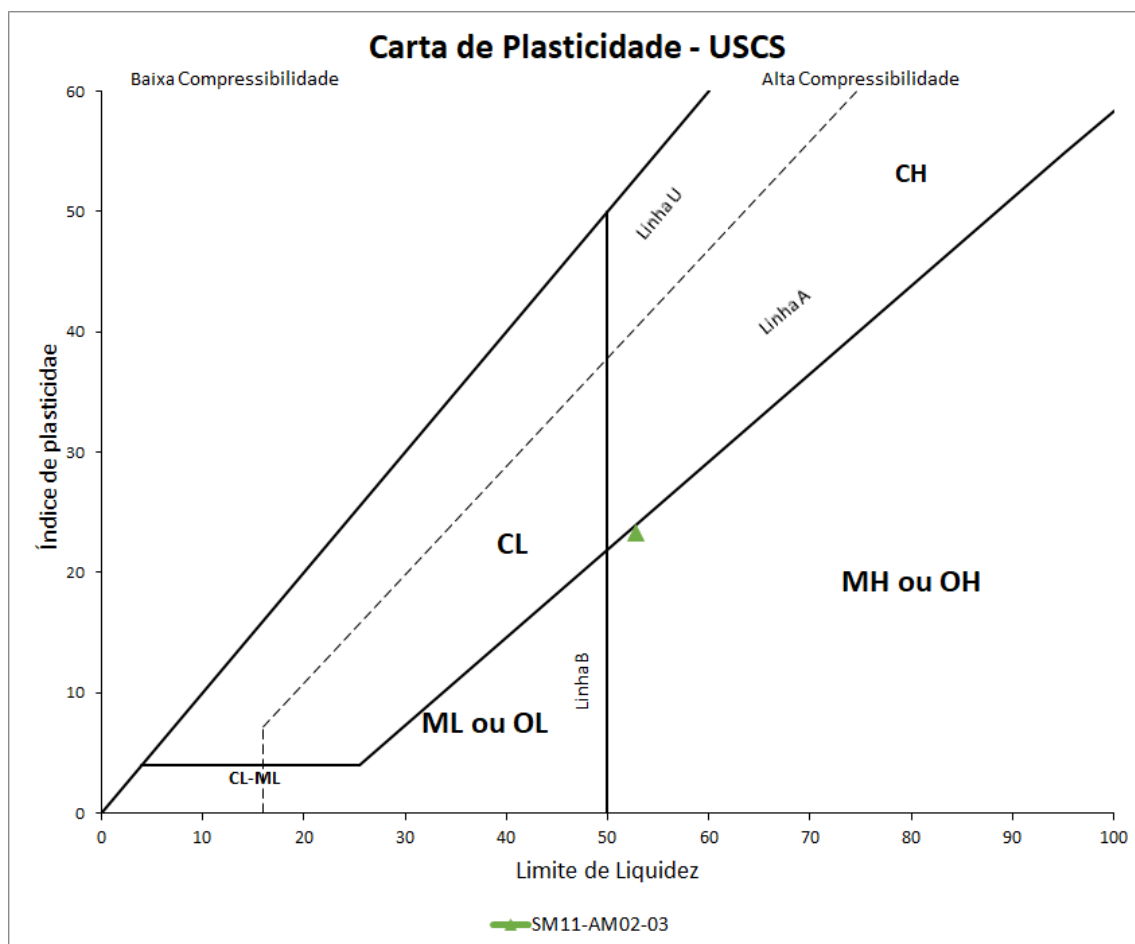




Figura 8.27 - Classificação da amostra SM11-AM02/03 de acordo com a carta de plasticidade SUCS, interpretação Walm.

Em relação aos limites de Atterberg, a amostra 17740 apresentou limite de liquidez de 27,1% e limite de plasticidade de 11,5%; para a amostra 17742 o valor do limite de liquidez foi de 28,4%; para a amostra 17744 verificou-se que o material não apresentou limites de liquidez e plasticidade; finalmente, a amostra 17745 apresentou limite de liquidez de 39,0% e limite de plasticidade de 12,1%.

Conforme observado, as amostras apresentam um índice de plasticidade variando entre 18,0% e 17,0% e limite de plasticidade entre 12,0% e 25,0%. Todas as amostras foram consideradas plásticas, exceto a amostra PDM2-SM10-AM01.

De acordo com a classificação SUCS, as amostras PDM2-SM09-AM01, PDM2-SM09-AM03, PDM2-SM01-AM03, PDM2-SM04-AM01/02 e PDM2-SM14-AM01/02 foram classificadas como argila de baixa plasticidade, já as amostras PDM2-SM10-AM02 e PDM2-SM11-AM02/03, classificadas como silte de baixa plasticidade.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>56/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 8.2.1.5 Índice de vazios

A Tabela 8-7 apresenta os resultados obtidos de densidade aparente úmida e seca das amostras.

Tabela 8-7 – Resultados do ensaio de índice de vazios.

EMPRESA	IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO	
	ID. LAB	FURO	PROF. (m)	$E_{max}$	$E_{min}$
WALM <sup>(1)</sup>	PDM2-SM09-AM01	17740	25,00 a 26,00 m	1,63	0,96
	PDM2-SM09-AM02	17741	26,00 a 27,00 m		
	PDM2-SM09-AM03	17742	35,00 a 36,00 m	1,37	0,75
	PDM2-SM09-AM04	17743	36,00 a 37,00 m		
	PDM2-SM10-AM01	17744	16,00 a 17,00 m	(2)	(2)
	PDM2-SM10-AM02	17745	35,00 a 36,00 m	1,96	1,11
	PDM2-SM10-AM03	17746	36,00 a 37,00 m		

<sup>(1)</sup>Resultados encontrados no tratamento Walm.

<sup>(2)</sup>A amostra 17744 não apresentou material suficiente para a execução do ensaio de determinação dos índices de vazios máximo e mínimo.

### 8.2.1.6 Densidade Aparente – balança hidrostática

A Tabela 8-8 apresenta os resultados obtidos de densidade aparente úmida e seca das amostras.

Tabela 8-8 – Resultados do ensaio de densidade aparente pelo método da balança hidrostática.

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**57/208**



Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

EMPRESA	IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO – DENSIDADE APARENTE		
	ID. LAB	FURO	PROF. (m)	DENSIDADE ÚMIDA (g/cm <sup>3</sup> )	DENSIDADE SECA (g/cm <sup>3</sup> )	TEOR DE UMIDADE (%)
	PDM2-SM04-AM03	17741	30,00 a 31,00 m	1,980	1,608	23,12
	PDM2-SM09-AM04	17743	36,00 a 37,00 m	1,992	1,632	22,10
	PDM2-SM10-AM01	17744	16,00 a 17,00 m	(3)	(3)	(3)
	PDM2-SM10-AM03	17746	36,00 a 37,00 m	1,978	1,574	25,64
	PDM2-SM09-AM02	17741	26,00 a 27,00 m	1,980	1,608	23,12
	PDM2-SM09-AM04	17743	36,00 a 37,00 m	1,992	1,632	22,10
	PDM2-SM10-AM01	17744	16,00 a 17,00 m	(2)	(2)	(2)
	PDM2-SM10-AM03	17746	36,00 a 37,00 m	1,978	1,574	25,64
	PDM2-SM01-AM03	17840	27,00 a 28,00 m	2,037	1,646	23,74
	PDM2-SM04-AM01	17835	15,00 a 16,00 m	1,949	1,475	32,18

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>58/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

EMPRESA	IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO – DENSIDADE APARENTE		
	ID. LAB	FURO	PROF. (m)	DENSIDADE ÚMIDA (g/cm <sup>3</sup> )	DENSIDADE SECA (g/cm <sup>3</sup> )	TEOR DE UMIDADE (%)
	PDM2-SM14-AM01	17833	14,00 a 15,00 m	1,888	1,381	36,68
	PDM2-SM11-AM02	17844	38,00 a 39,00 m	1,766	1,223	44,39

<sup>(1)</sup>Resultados encontrados no tratamento Walm.

<sup>(2)</sup>A amostra 17744 não apresentou condições favoráveis para a talhagem de corpos de provas, impossibilitando a realização dos ensaios de determinação da densidade aparente.

<sup>(3)</sup>A amostra 17744 não apresentou condições favoráveis para a talhagem de corpos de provas, impossibilitando a realização dos ensaios de determinação da densidade aparente.

#### 8.2.1.7 Permeabilidade

As amostras indeformadas, PDM2-SM09-AM04, PDM2-SM01-AM03, PDM2-SM04-AM01 e PDM2-SM11-AM02 foram submetidas ao ensaio de permeabilidade que resultou em valores de coeficiente de permeabilidade apresentados na ordem de 10<sup>-6</sup>, conforme apresentado na Tabela 8-9.

Tabela 8-9 – Resultado do ensaio de permeabilidade em câmara triaxial.

EMPRESA	IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO
	ID. LAB	FURO	PROF. (m)	K <sub>20</sub> (cm/s)
WALM <sup>(1)</sup>	PDM2-SM09-AM01	17740	25,00 a 26,00 m	(2)
	PDM2-SM09-AM02	17741	26,00 a 27,00 m	(2)



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**59/208**

Nº WALM:



**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

EMPRESA	IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO
	ID. LAB	FURO	PROF. (m)	K <sub>20</sub> (cm/s)
	PDM2-SM09-AM04	17743	36,00 a 37,00 m	1,47 x 10 <sup>-6</sup>
	PDM2-SM10-AM01	17744	16,00 a 17,00 m	(2)
	PDM2-SM01-AM01	17834	15,00 a 16,00 m	(2)
	PDM2-SM01-AM02	17837	16,00 a 17,00 m	(2)
	PDM2-SM01-AM03	17840	27,00 a 28,00 m	5,84 x 10 <sup>-5</sup>
	PDM2-SM04-AM01	17835	15,00 a 16,00 m	2,80 x 10 <sup>-6</sup>
	PDM2-SM04-AM03	17841	30,00 a 31,00 m	(2)
	PDM2-SM04-AM04	17843	31,00 a 32,00 m	(2)
	PDM2-SM11-AM01	17839	24,00 a 25,00 m	(2)
	PDM2-SM11-AM02	17844	38,00 a 39,00 m	9,09 x 10 <sup>-6</sup>

<sup>(1)</sup> Resultados encontrados no tratamento Walm.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>60/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

<sup>(2)</sup> As amostras 17740, 17741, 17744, 17834, 17837, 17841, 17843, 17839 e 17842 não apresentaram condições favoráveis para a realização dos ensaios de permeabilidade conforme apresentado no relatório de avaliação de amostras.

No entanto, ressalta-se que, os resultados encontrados no tratamento Walm divergem muito pouco dos encontrados pela PATROL, tendo sido ambos resultados encontrados na mesma ordem de grandeza ( $10^{-6}$ ). No tratamento, foi considerado para cálculo da permeabilidade as seguintes equações:

$$Kt = \frac{QL}{Ath} \quad \text{Equação 1}$$

$$K20 = Kt \times Rt \quad \text{Equação 2}$$

Onde: Q = volume (cm<sup>3</sup>);  
L = altura do corpo de prova moldado (cm);  
A = área do corpo de prova (cm<sup>2</sup>);  
t = intervalo de tempo (s);  
h = altura de carga (cm); e  
Rt = fator de correção da viscosidade da água para temperatura correspondente do ensaio.

Dessa forma, para melhor compreensão dos resultados obtidos pelo laboratório para o material de fundação faz-se necessário esclarecimento de qual procedimento de cálculo foi utilizado para entender tal diferença. Ressalta-se que, os valores de permeabilidade encontrados estão em mesma ordem de grandeza ( $10^{-6}$ ), sendo compatíveis com o tipo de material encontrado (silte areno-argiloso).

#### 8.2.1.8 Triaxiais CIU

A especificação técnica elaborada pela Walm, conforme documento WA12217280-1-GT-ETC-001 previu a execução de triaxiais em todos os Denison especificados (um a cada amostra dupla do mesmo material). A Tabela 8-10 apresenta os parâmetros efetivos encontrados após tratamento.

Tabela 8-10 – Parâmetros geotécnicos efetivos resultantes do tratamento dos ensaios triaxiais.

IDENTIFICAÇÃO			TENSÕES EFETIVAS					
Furo	ID. LAB	PROF. (m)	MÁXIMA TENSÃO DESVIADORA		MÁXIMA OBLIQUIDADE		TRAJETÓRIA DE TENSÕES	
			c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)
PDM2-SM01-AM03	17840	27,00 a 28,00 m	11,36	37,58	12,61	22,89	11,36	37,61
PDM2-SM04-AM01	17835	15,00 a 16,00 m	28,49	28,95	37,5	28,55	23,01	29,62
PDM2-SM09-AM04	17743	36,00 a 37,00 m	38,42	32,25	38,31	32,62	10,9	34,36

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**61/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

IDENTIFICAÇÃO			TENSÕES EFETIVAS					
Furo	ID. LAB	PROF. (m)	MÁXIMA TENSÃO DESVIADORA		MÁXIMA OBLIQUIDADE		TRAJETÓRIA DE TENSÕES	
			c' (kPa)	$\varphi'$ (°)	c' (kPa)	$\varphi'$ (°)	c' (kPa)	$\varphi'$ (°)
PDM2-SM10-AM03	17746	36,00 a 37,00 m	2,75	32,35	4,71	32,23	23,35	31,07
PDM2-SM11-AM02	17844	38,00 a 39,00 m	11,03	35,32	12,28	35,46	12,39	36,16
PDM2-SM14-AM01	17833	14,00 a 15,00 m	35,86	27,96	34,56	28,48	34,29	28,96

A seguir serão apresentados os gráficos “tensão x deformação”, “poropressão x deformação”, “trajetória de tensões totais” e “trajetória de tensões efetivas” da amostra SM-01-AM03.

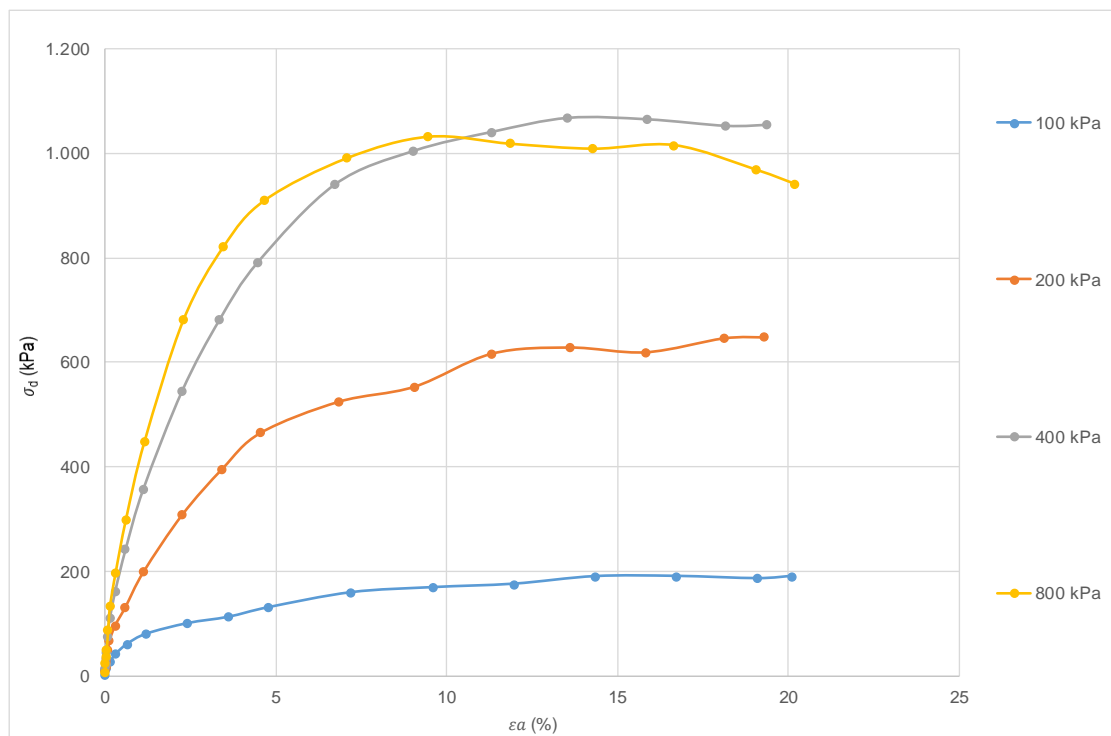


Figura 8.28 – Tensão x Deformação da amostra SM01-AM03.

Ao analisar o gráfico tensão x deformação (Figura 8.28) é possível notar que nenhum dos corpos de prova ensaiados apresentou um pico de resistência acentuado, exceto o CP sob tensão desvio de 800 kPa, o que assemelha o material ao comportamento de areias fofas ou argilas normalmente adensadas.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**62/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

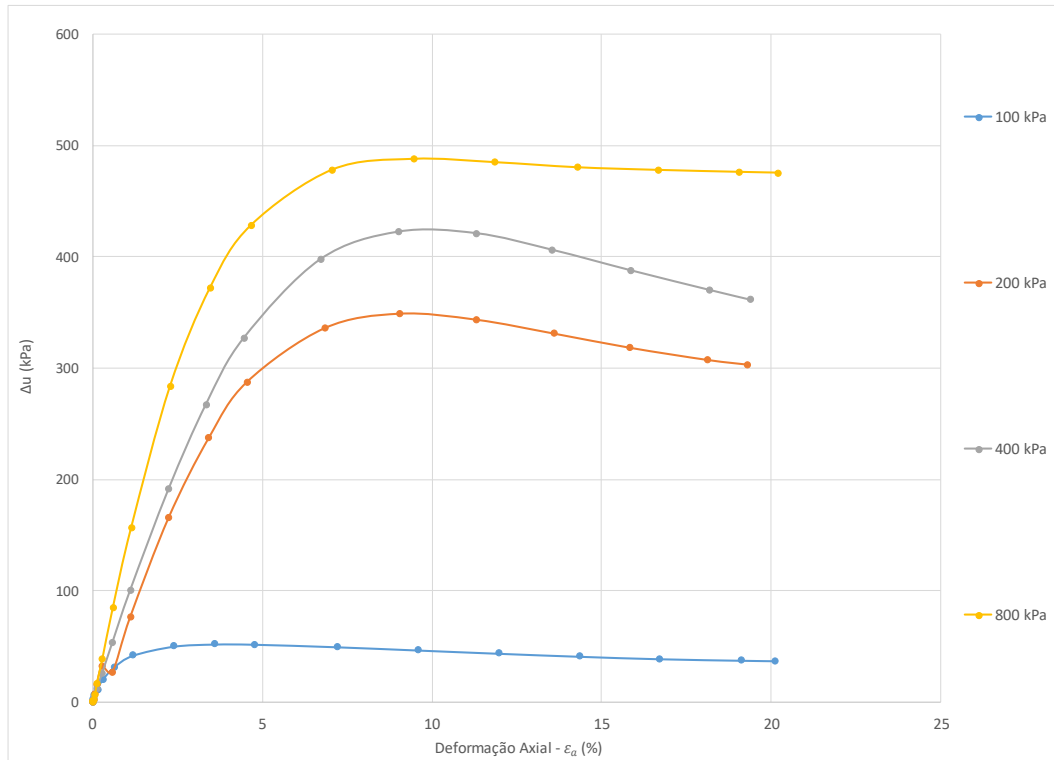


Figura 8.29 – Poropressão x Deformação da amostra SM01-AM03.

No que se refere à variação de poropressão nos ensaios da amostra SM01-AM03 (Figura 8.29), percebe-se, no início do ensaio, o aumento da poropressão com o aumento da tensão desviadora, contudo as poropressões alcançam um leve pico nos CP's sob tensão confinante de 200 kPa e 400 kPa, e logo em seguida, diminuem seus valores. Os demais CP's apresentaram aumento de poropressão até chegar em um patamar de estabilização.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**63/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

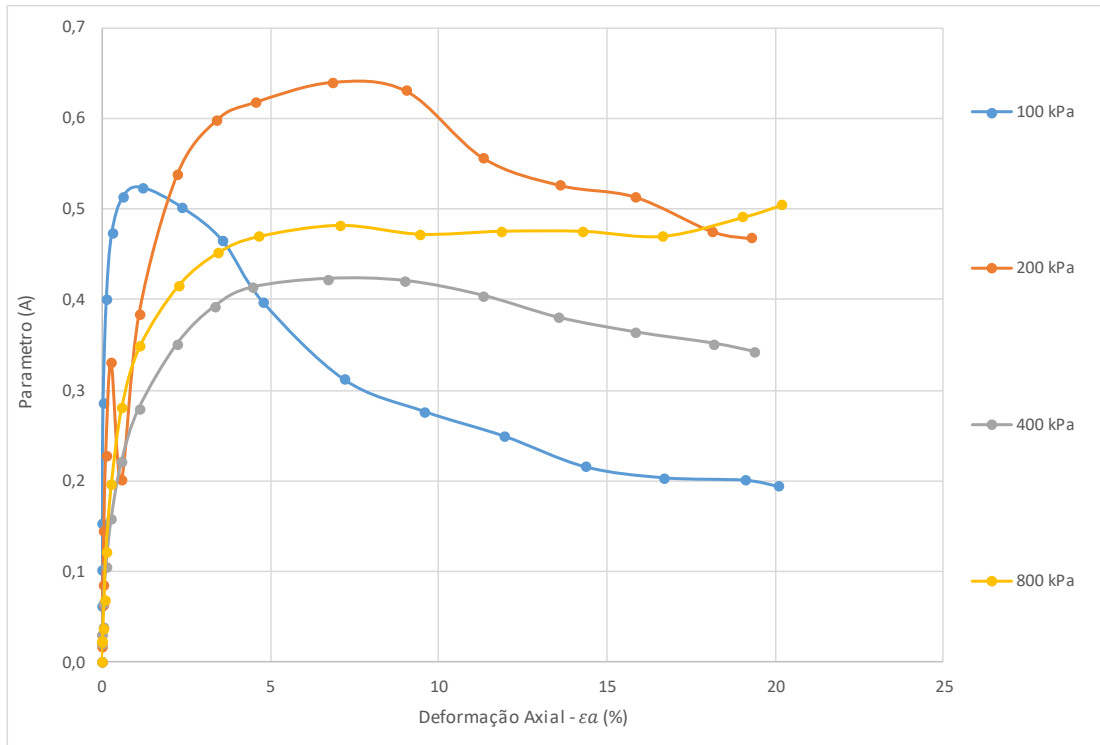




Figura 8.30 – Parâmetro A x Deformação da amostra SM01-AM03.

No que tange ao parâmetro A de Skempton, o qual associa a variação de poropressão com a variação de tensões desviadoras, nos ensaios da amostra SM01-AM03 (Figura 8.30), nota-se o aumento do parâmetro A no início do ensaio, seguido da sua queda, após a redução da variação de poropressão.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>64/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

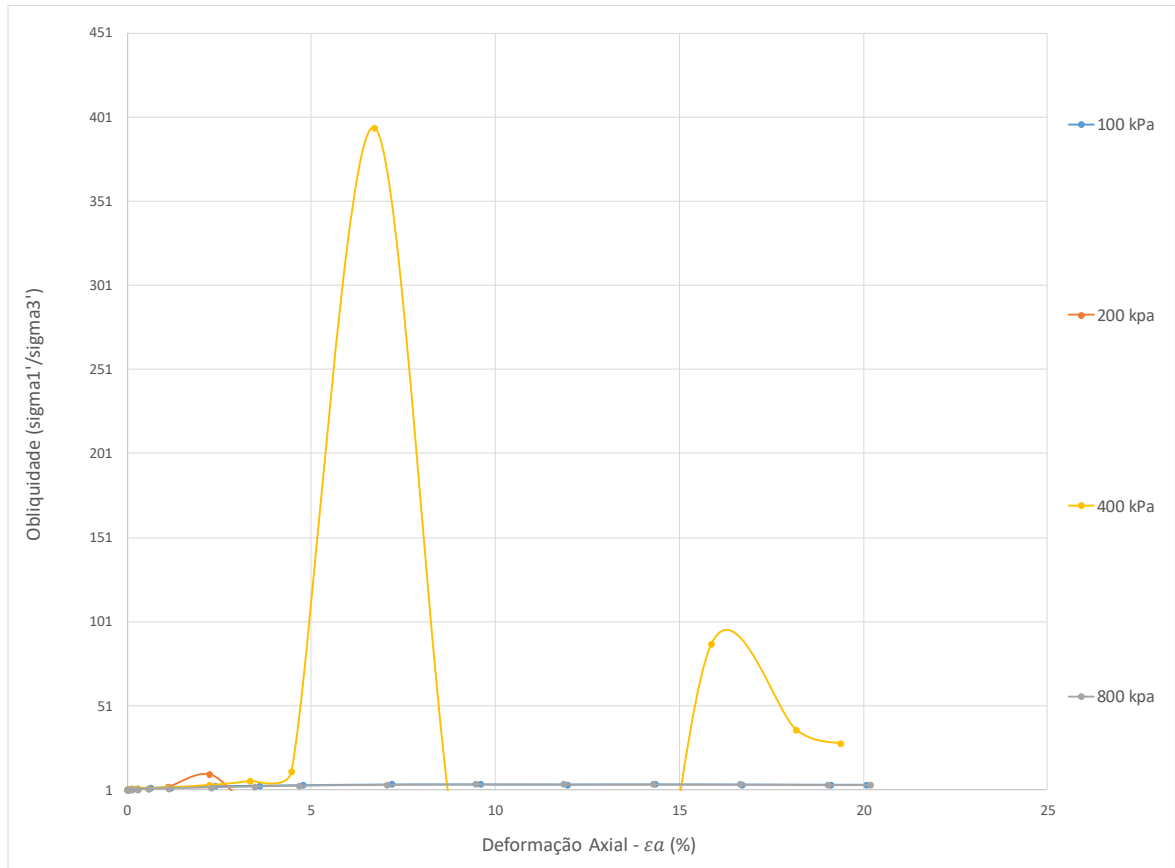


Figura 8.31 – Obliquidade x Deformação da amostra SM01-AM03.

No gráfico de obliquidade por deformação axial, também é notado um pico na tensão de 400 kPa, o que pode indicar um erro de execução.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**65/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

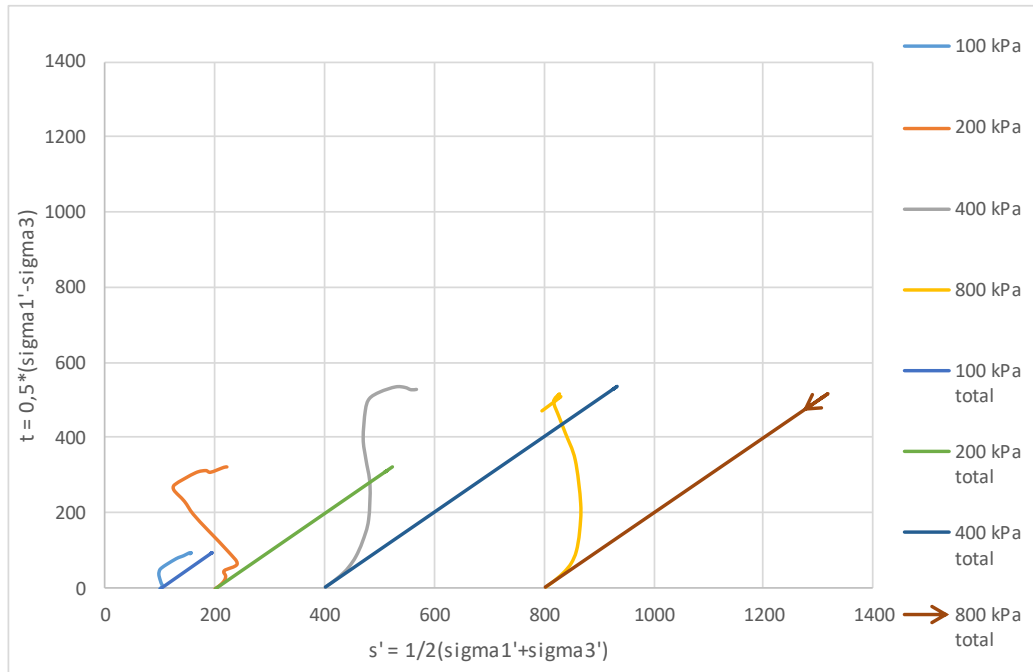


Figura 8.32 – Trajetória de tensões efetivas e totais da amostra SM01-AM03.

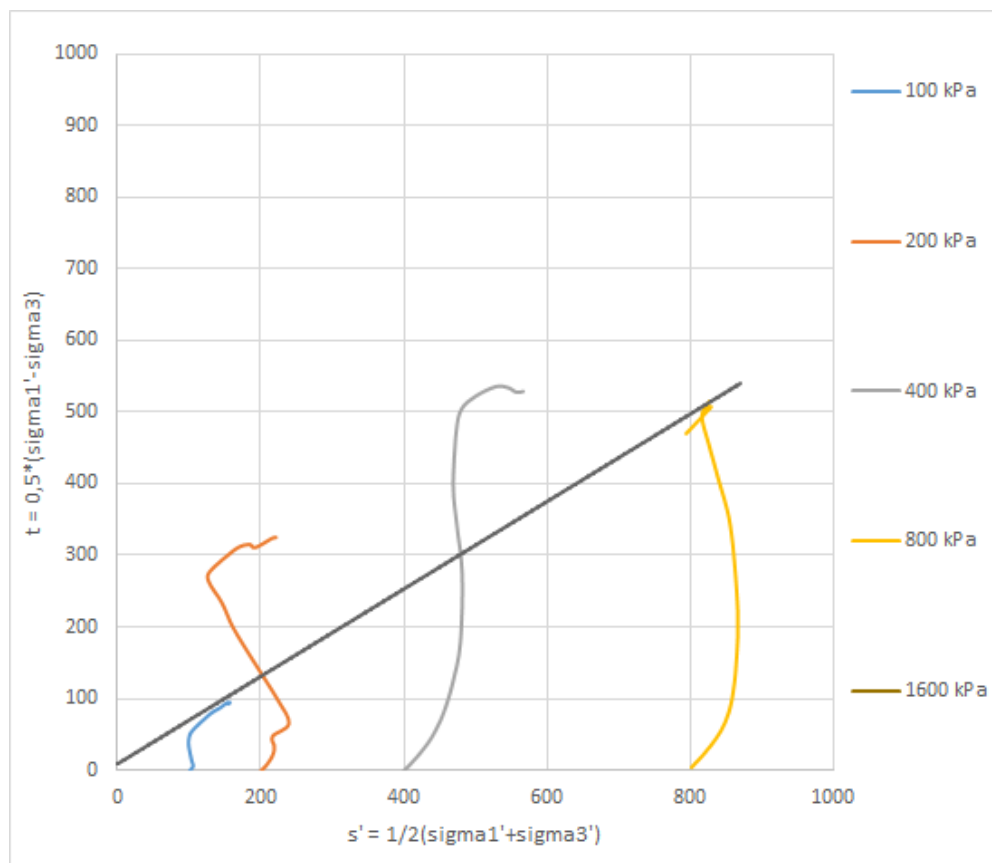




Figura 8.33 – Trajetória de tensões efetivas e envoltória pelo ajuste da amostra SM01-AM03.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>66/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

No que tange as trajetórias de tensões efetivas (Figura 8.33), notou-se que apenas o corpos de prova de 100 kPa e 800kPa apresentaram resultados compatíveis para se traçar uma trajetória de ruptura.

Porém é valido ressaltar que as boas práticas da engenharia sugerem o traçar da envoltória de ruptura pelo menos com 3 corpos de prova, desta maneira os ensaios de 200 kPa e 400 kPa devem ser repetidos para obtenção correta dos parâmetros de resistência. Esta mesmo problemática é notada nas trajetória de tensões totais e em diferentes metodologias, conforme pode ser visto nas Figura 8.34 a Figura 8.37.

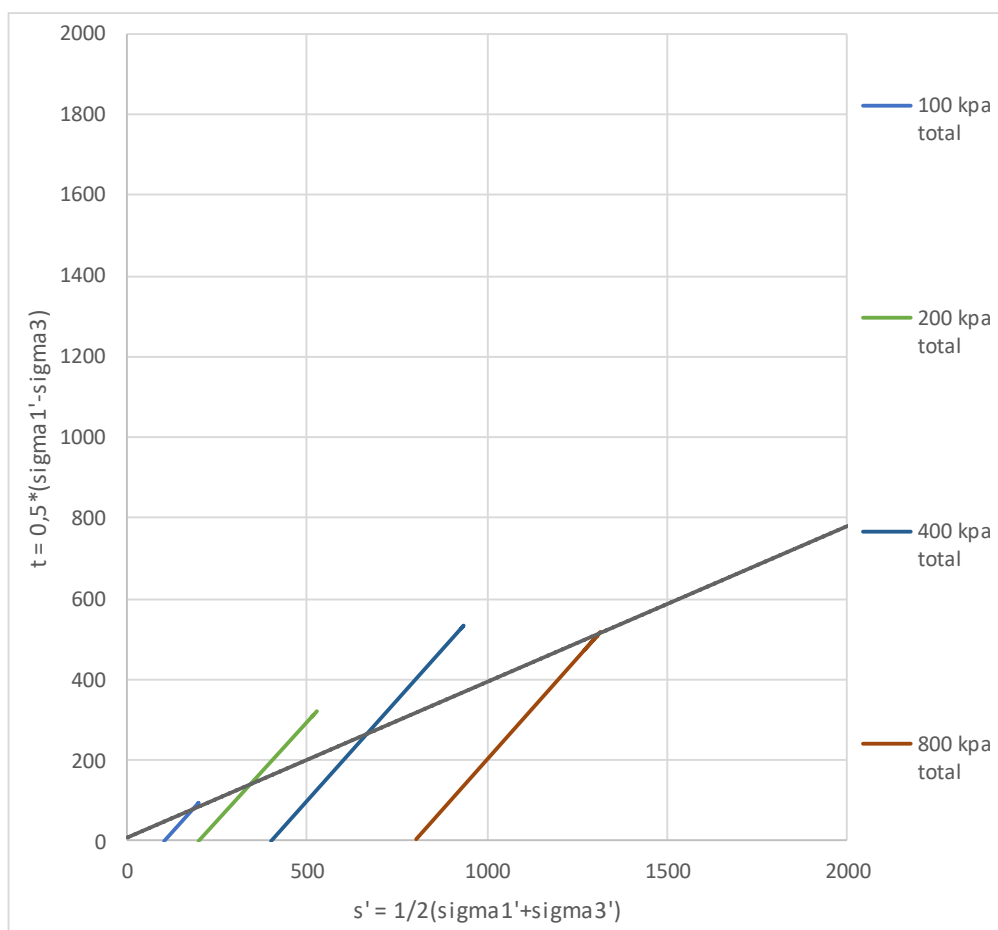


Figura 8.34 – Trajetória de tensões totais e envoltória pelo ajuste da amostra SM01-AM03.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**67/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

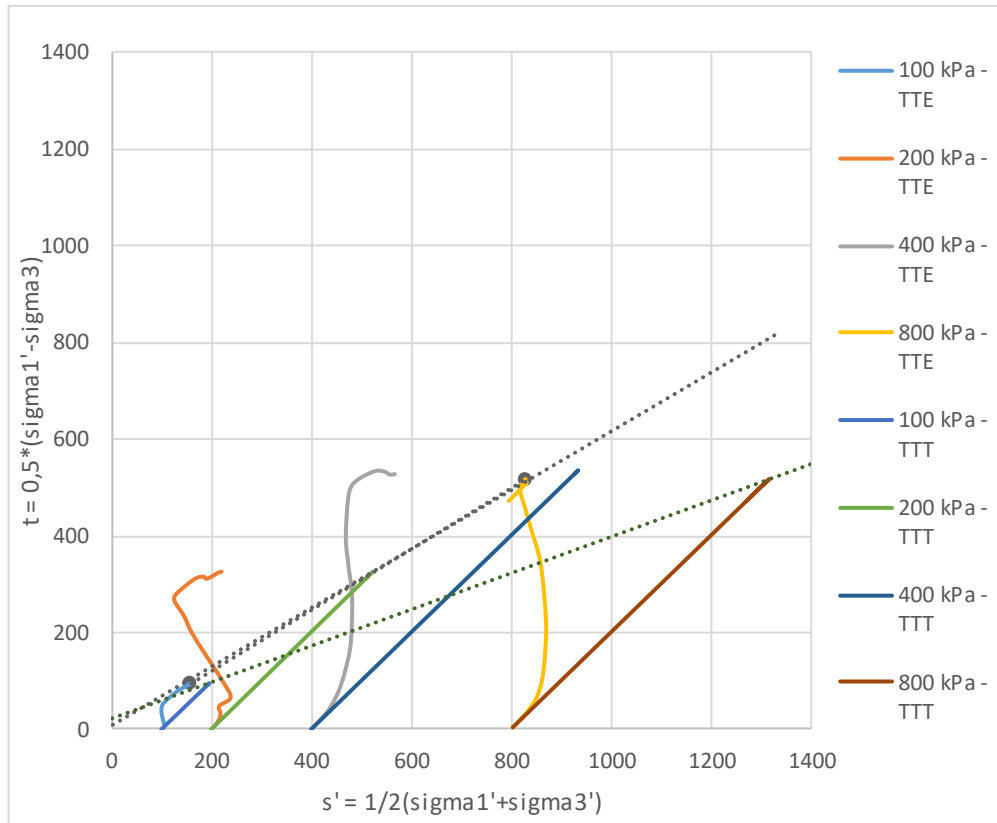


Figura 8.35 – Máxima desviadora (parâmetro efetivo e total) da amostra SM01-AM03.

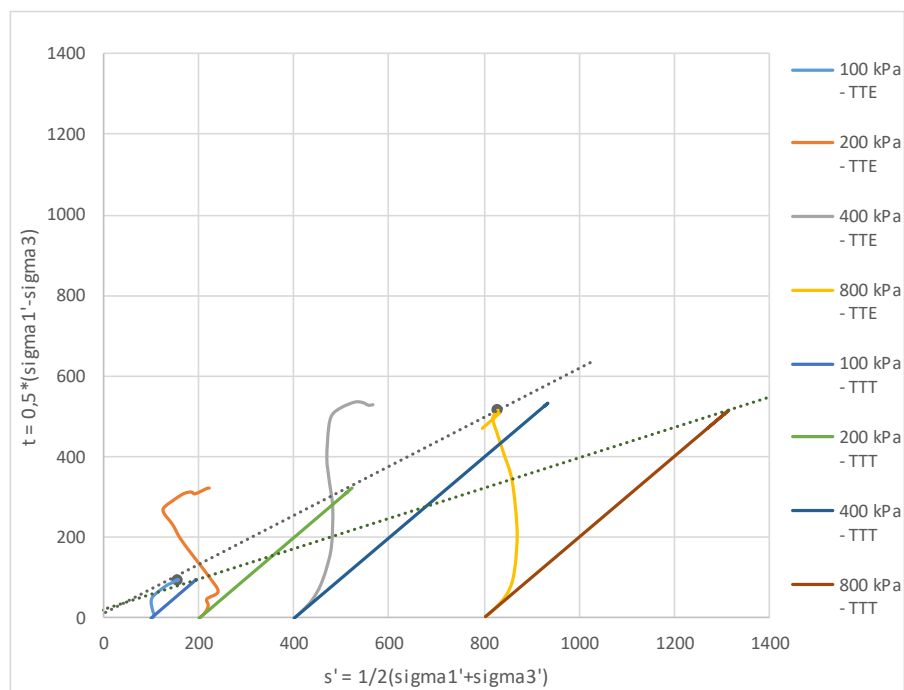




Figura 8.36 – Máxima obliquidade (parâmetro efetivo e total) da amostra SM01-AM03.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>68/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

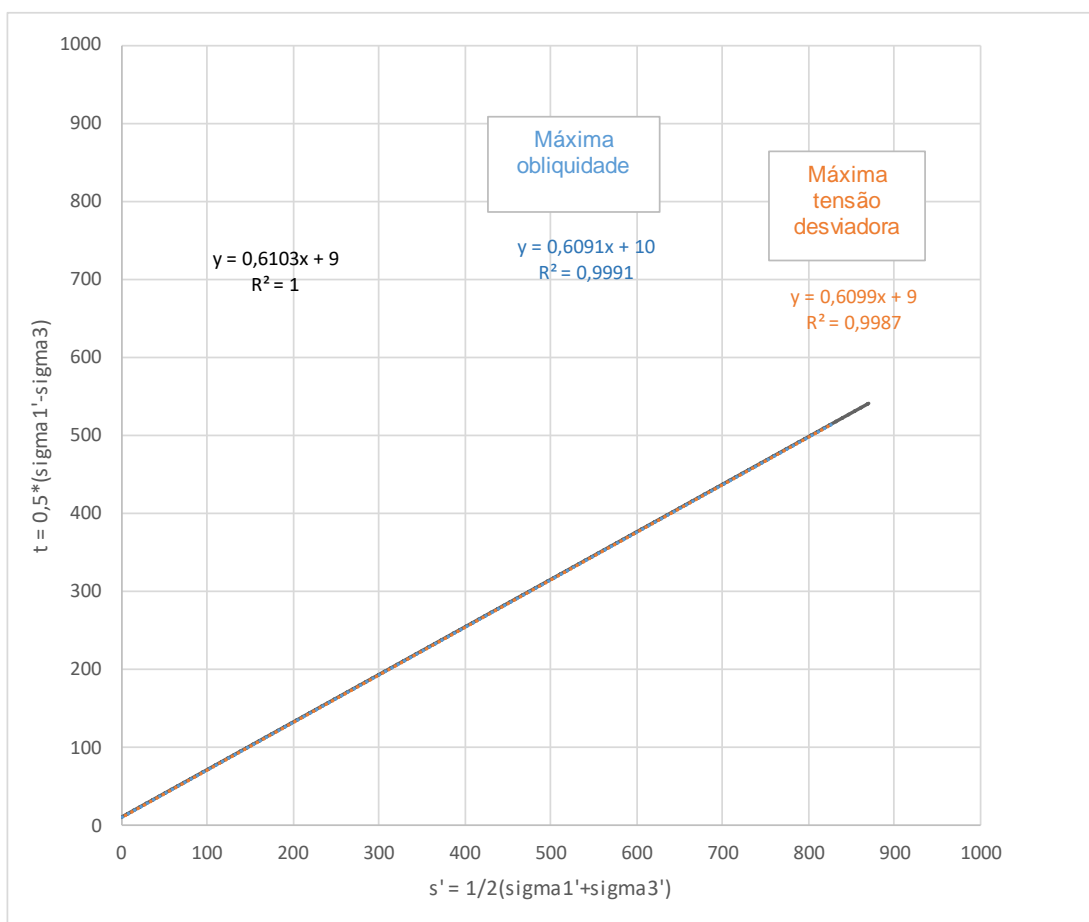


Figura 8.37 – Máxima desviadora, máxima obliquidade e trajetória de tensão total da amostra SM01-AM03.

A seguir serão apresentadas as análises da amostra SM04-AM01.

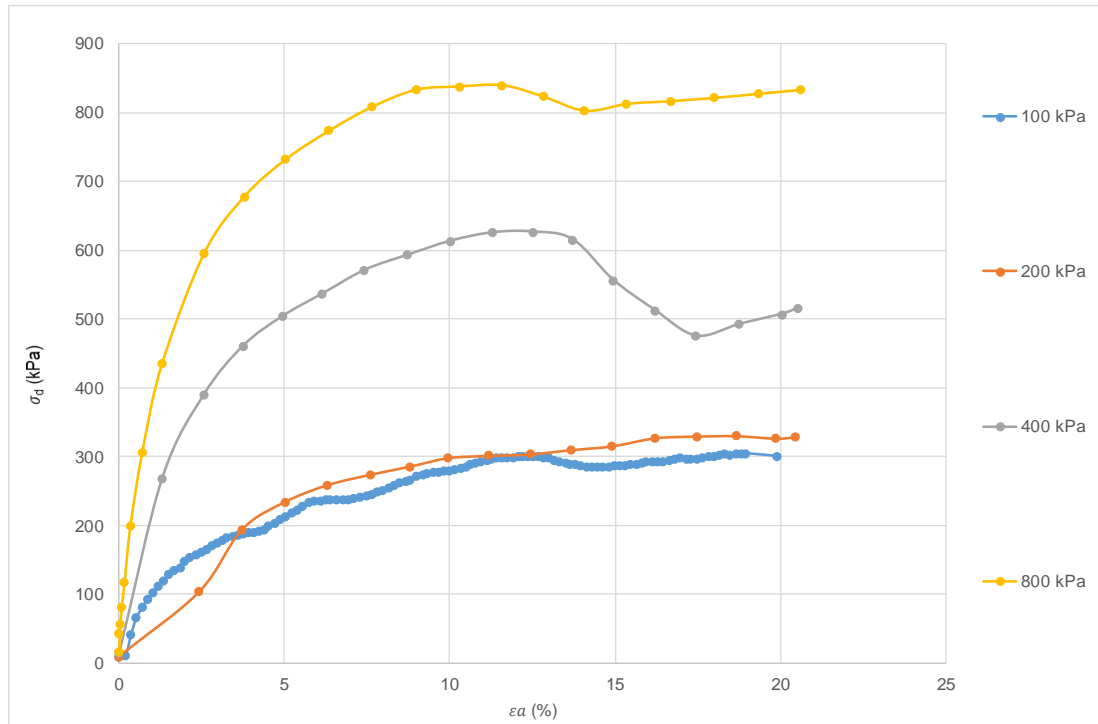


Figura 8.38 – Tensão x Deformação da amostra SM04-AM01.

Ao analisar das tensões desviadoras para a amostra SM04-AM01 (Figura 8.38) é possível notar que nenhum dos corpos de prova ensaiados apresentou um pico de resistência acentuado, exceto o CP sob tensão desvio de 400 kPa, o que assemelha o material ao comportamento de areias fofas ou argilas normalmente adensadas.

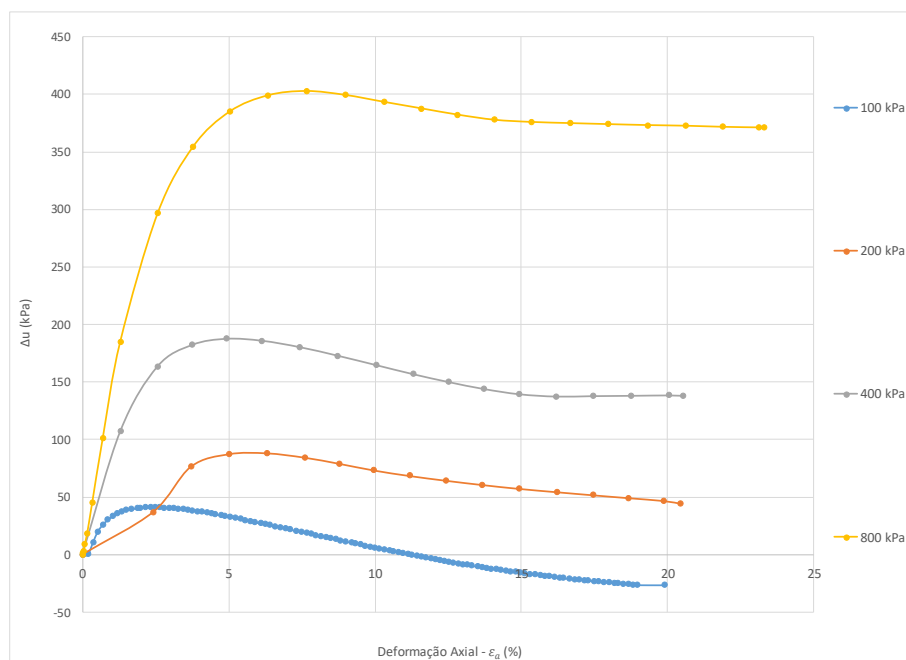




Figura 8.39 – Poropressão x Deformação da amostra SM04-AM01.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>70/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

No que se refere à variação de poropressão nos ensaios executados na amostra SM04-AM01 (Figura 8.39), percebe-se, no início do ensaio, o aumento da poropressão com o aumento da tensão desviadora, contudo as poropressões alcançam um pico, e logo em seguida, decresceram.

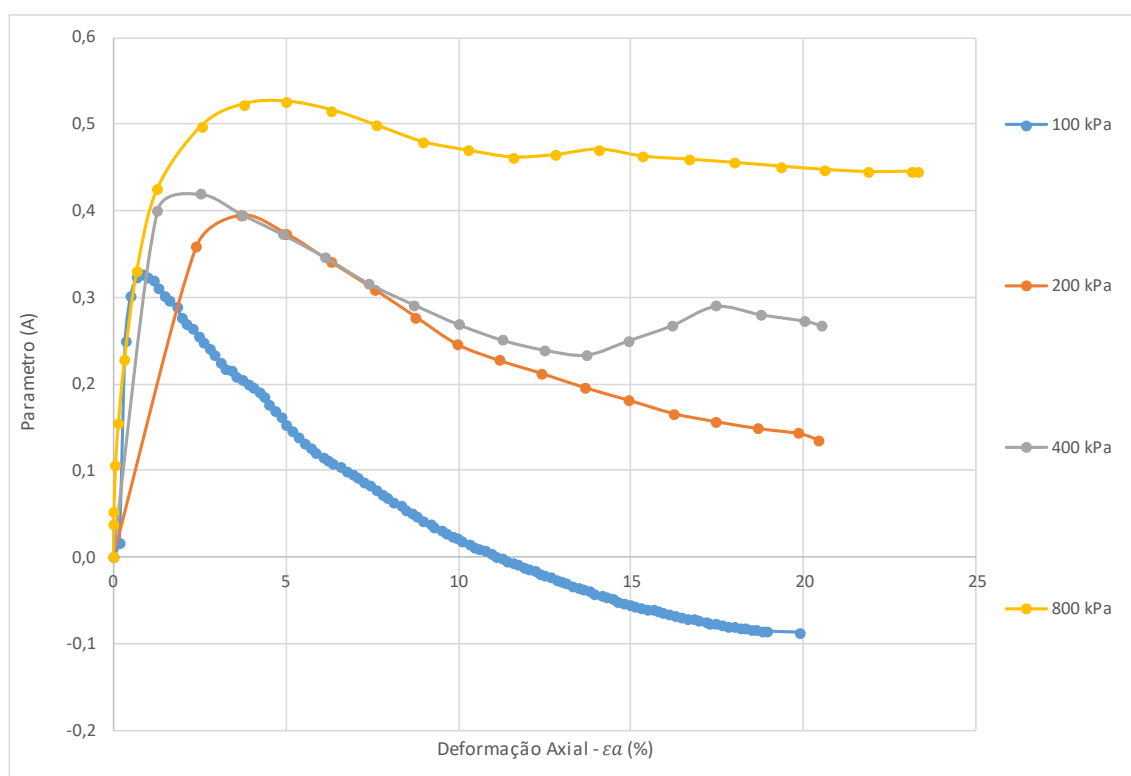


Figura 8.40 – Parâmetro A x Deformação da amostra SM04-AM01.

No que tange ao parâmetro A de Skempton, o qual associa a variação de poropressão com a variação de tensões desviadoras, nos ensaios executados na amostra SM04-AM01 (Figura 8.40), nota-se o aumento do parâmetro A no início do ensaio, seguido da sua queda, após a redução da variação de poropressão.

As Figura 8.41 a Figura 8.47 apresentam as trajetórias de tensão e as envoltórias de ruptura da amostra SM04-AM01.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**71/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

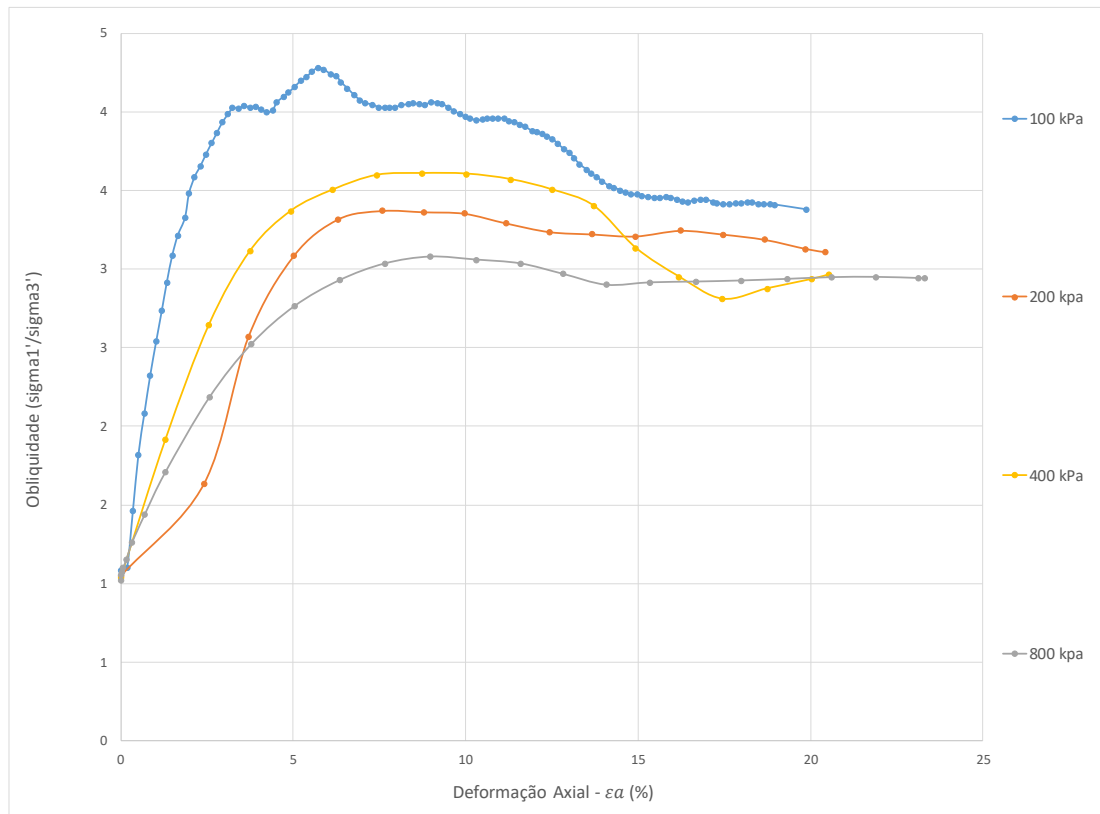


Figura 8.41 – Obliquidade x Deformação da amostra SM04-AM01.

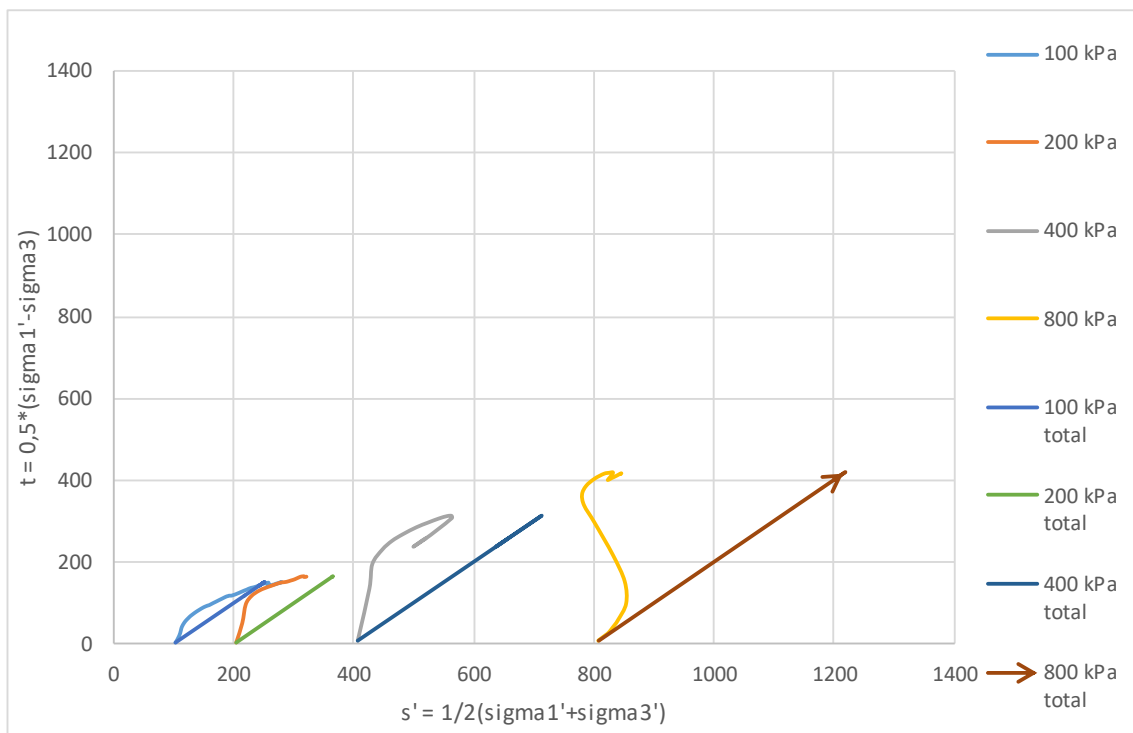


Figura 8.42 – Trajetória de tensões efetivas e totais da amostra SM04-AM01.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**72/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

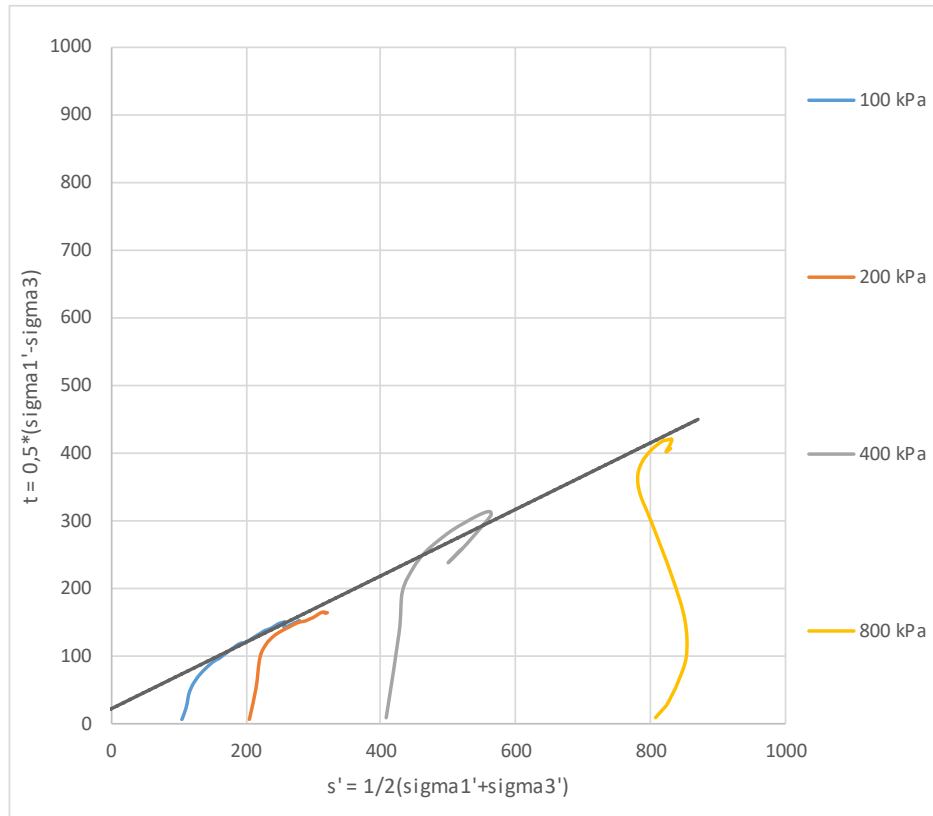


Figura 8.43 – Trajetória de tensões efetivas e envoltória pelo ajuste da amostra SM04-AM01.

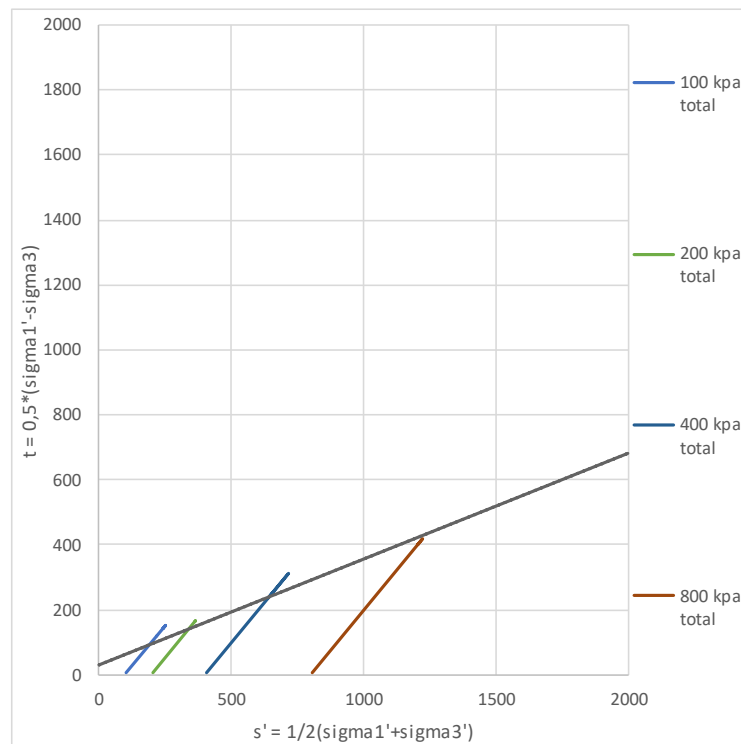


Figura 8.44 – Trajetória de tensões totais e envoltória pelo ajuste da amostra SM04-AM01.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**73/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

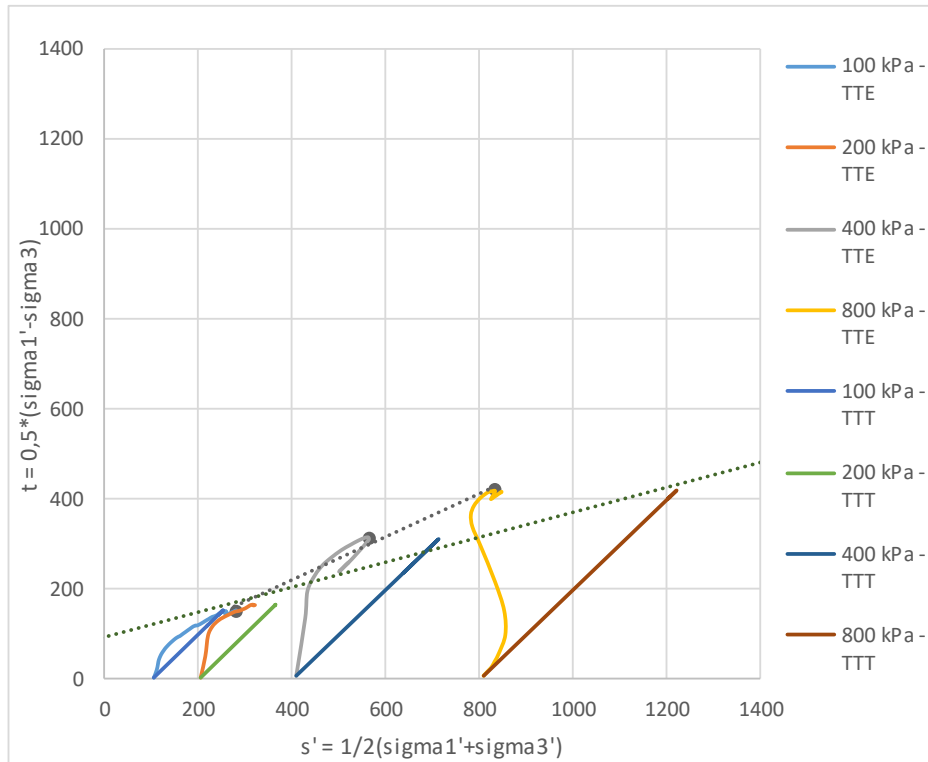


Figura 8.45 – Máxima desviadora (parâmetro efetivo e total) da amostra SM04-AM01.

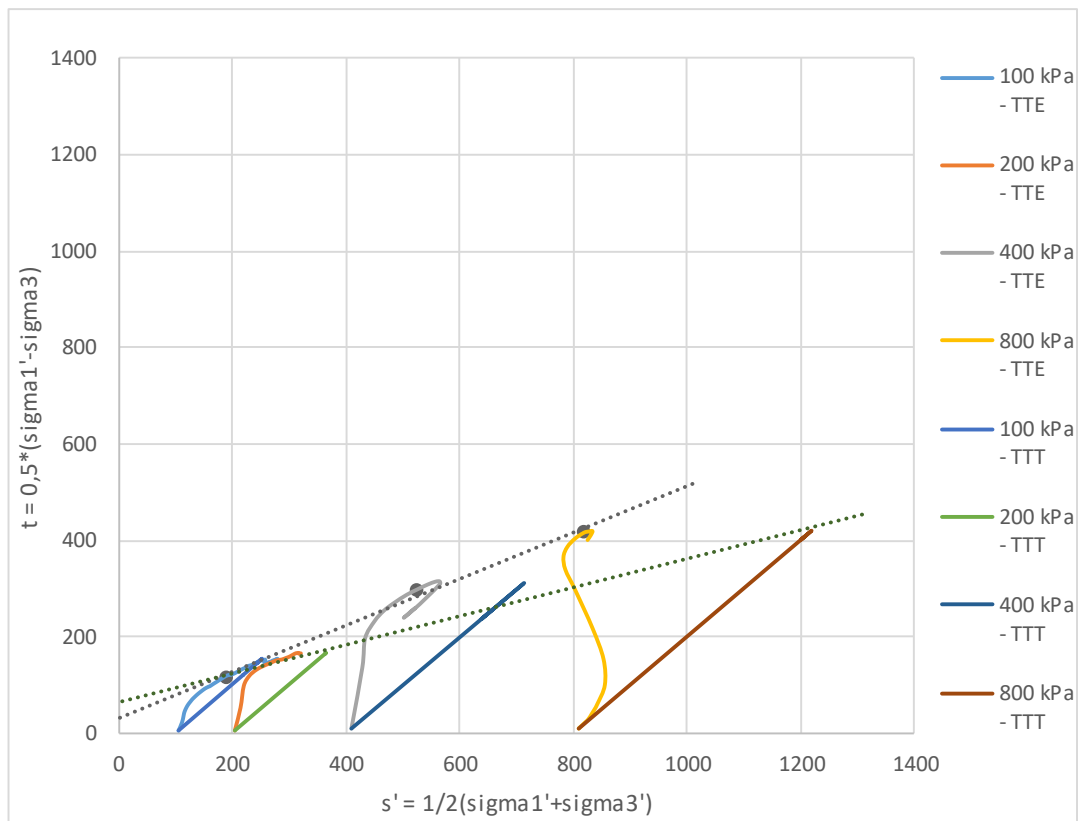




Figura 8.46 – Máxima obliquidade (parâmetro efetivo e total) da amostra SM04-AM01.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>74/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

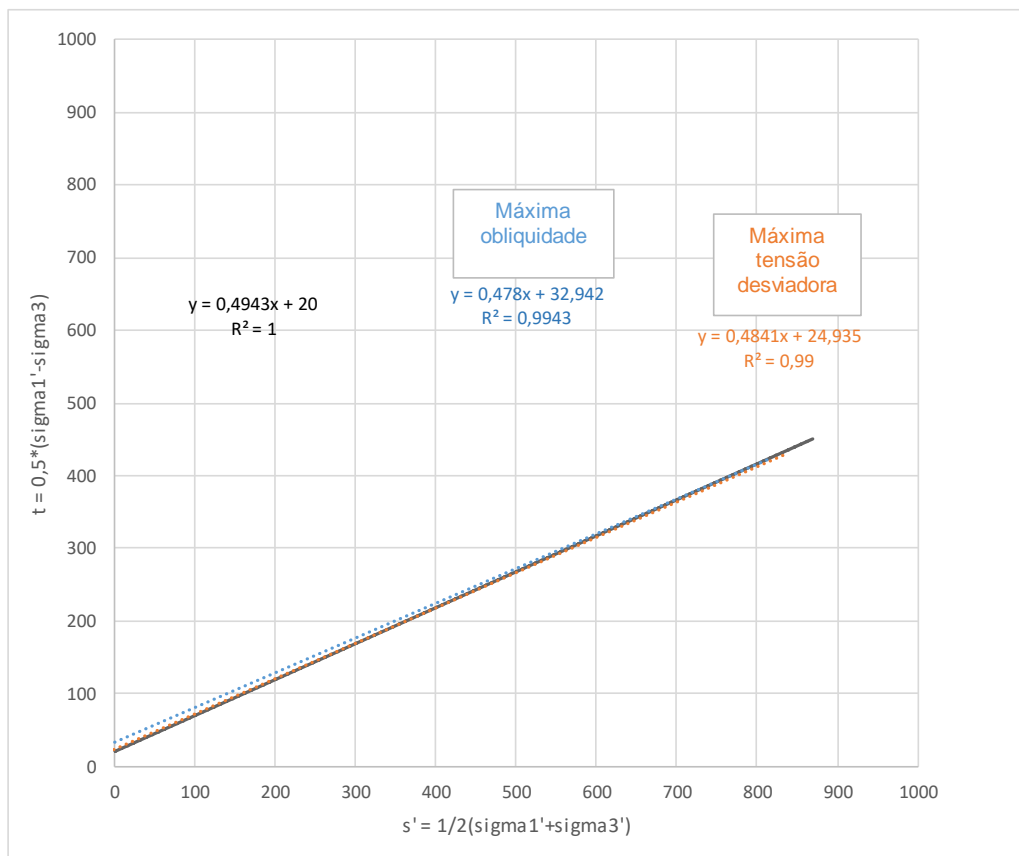


Figura 8.47 – Máxima desviadora, máxima obliquidade e trajetória de tensão total da amostra SM04-AM01.

A seguir serão mostradas as análises da amostra SM10-AM03.

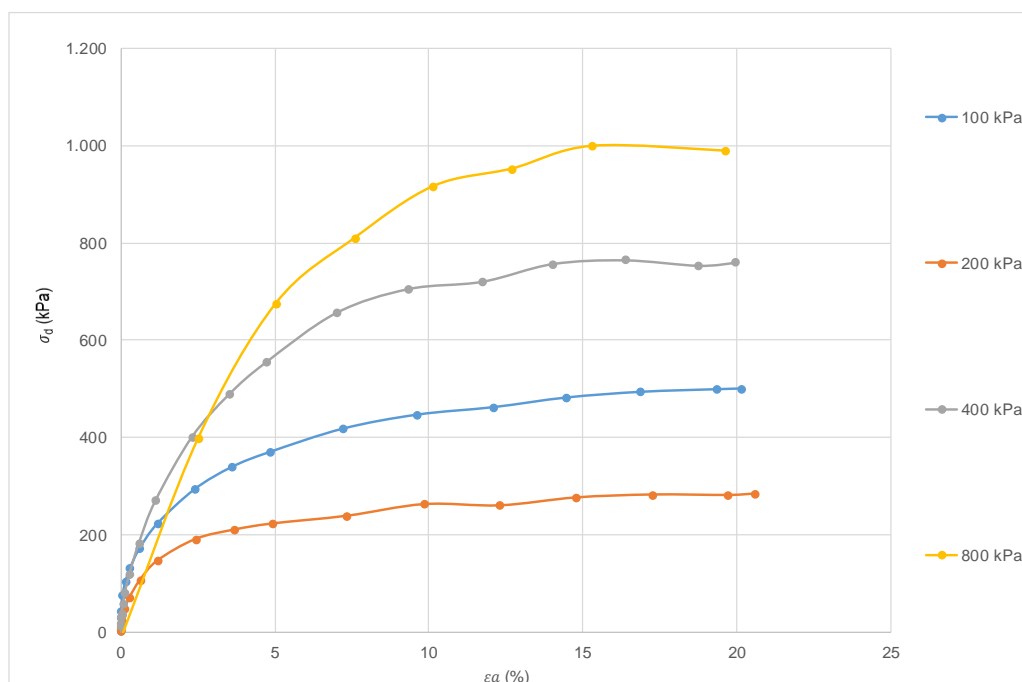




Figura 8.48 – Tensão x Deformação da amostra SM10-AM03.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>75/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Ao analisar das tensões desviadoras para a amostra SM10-AM03 (Figura 8.48) é possível notar que nenhum dos corpos de prova ensaiados apresentou um pico de resistência, o que assemelha o material ao comportamento de areias fofas ou argilas normalmente adensadas.

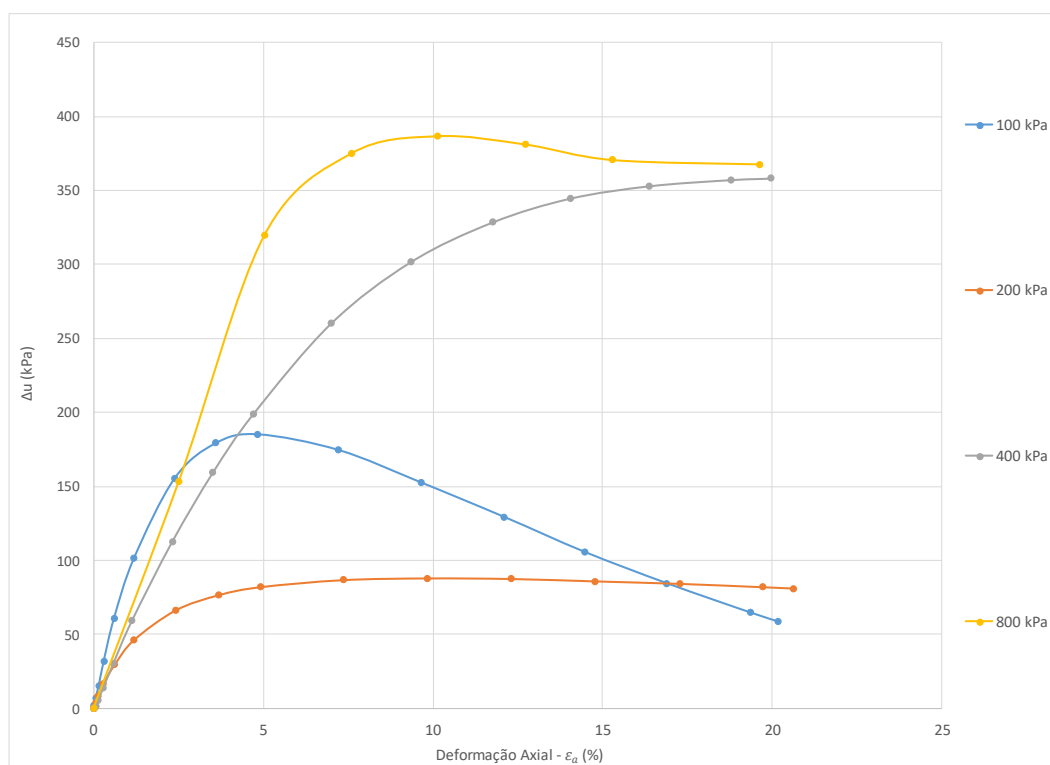


Figura 8.49 – Poropressão x Deformação da amostra SM10-AM03.

No que se refere à variação de poropressão nos ensaios da amostra SM10-AM03 (Figura 8.49), percebe-se no CP sob tensão confinante de 100 kPa, no início do ensaio, o aumento da poropressão com o aumento da tensão desviadora, e logo em seguida, decresceram. As demais amostras apresentaram aumento de poropressão até um certo nível de deformação e em seguida, a estabilização.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**76/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

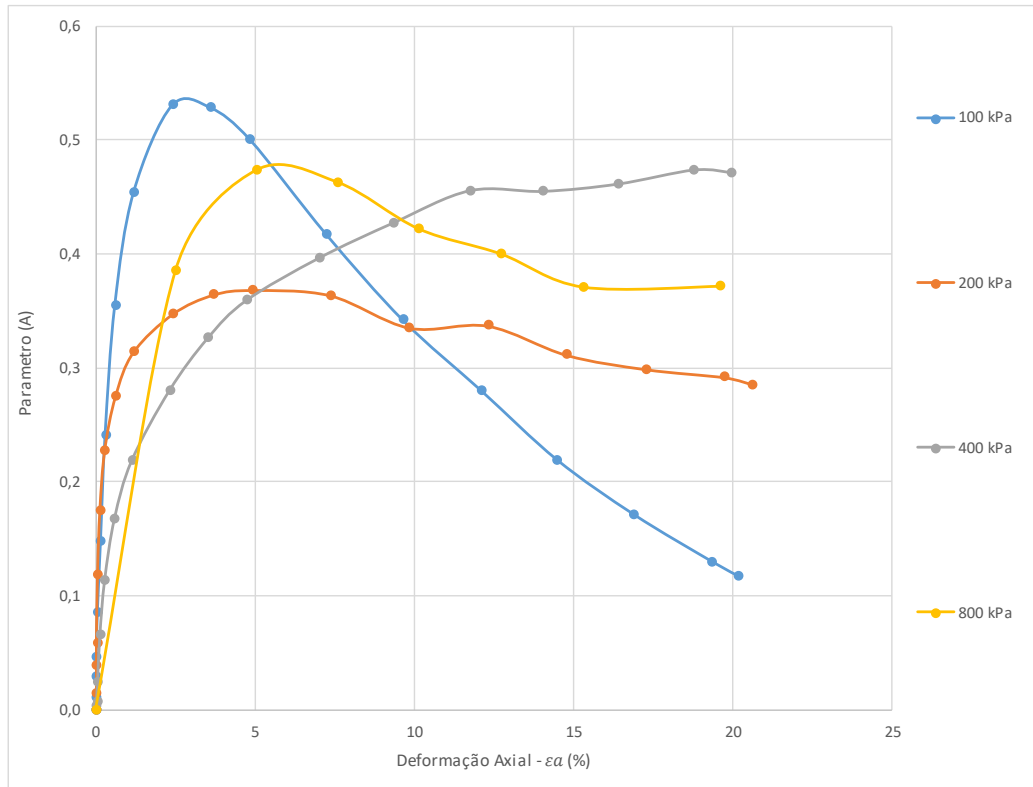


Figura 8.50 – Parâmetro A x Deformação da amostra SM10-AM03.

No que tange ao parâmetro A de Skempton, o qual associa a variação de poropressão com a variação de tensões desviadoras, nos ensaios executados na amostra SM10-AM03 sob tensão confinante de 100 kPa, 200 kPa e 800 kPa (Figura 8.50), nota-se o aumento do parâmetro A no início do ensaio, seguido da sua queda, após a redução da variação de poropressão. A amostra sob tensão confinante de 400 kPa apresentou aumento constante do parâmetro A ao longo de todo o ensaio.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**77/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

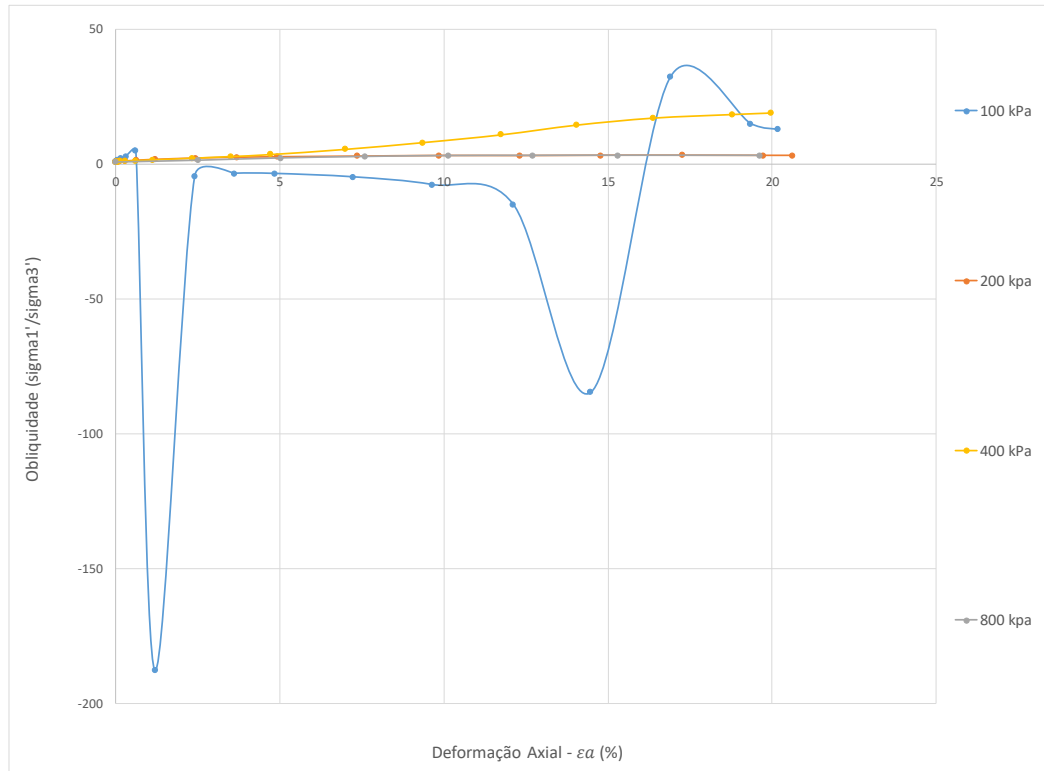


Figura 8.51 – Obliquidade x Deformação da amostra SM10-AM03.

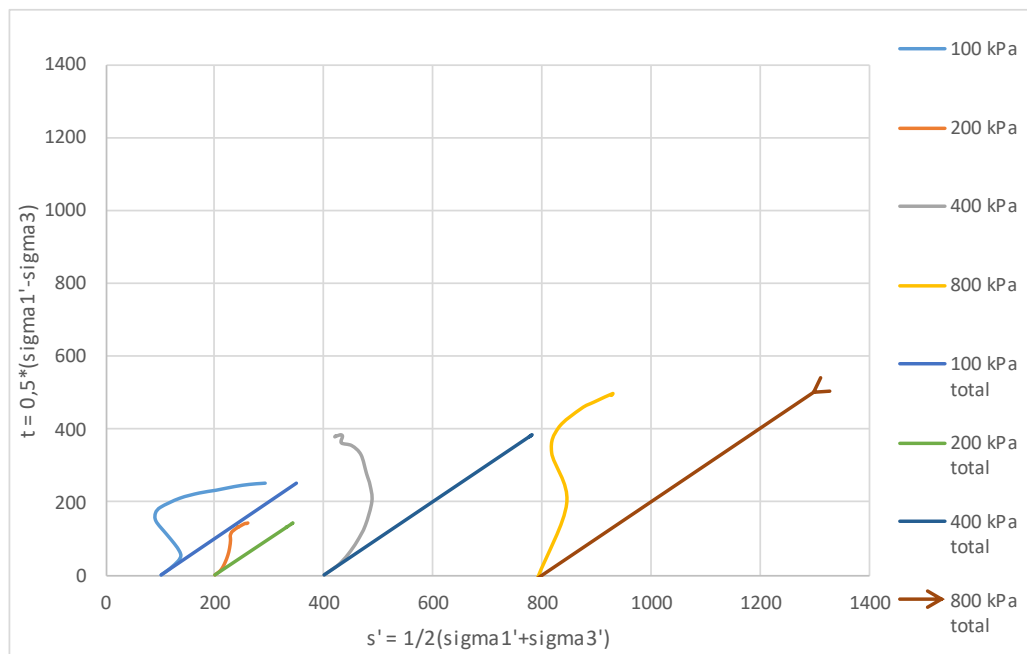




Figura 8.52 – Trajetória de tensões efetivas e totais da amostra SM10-AM03.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>78/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

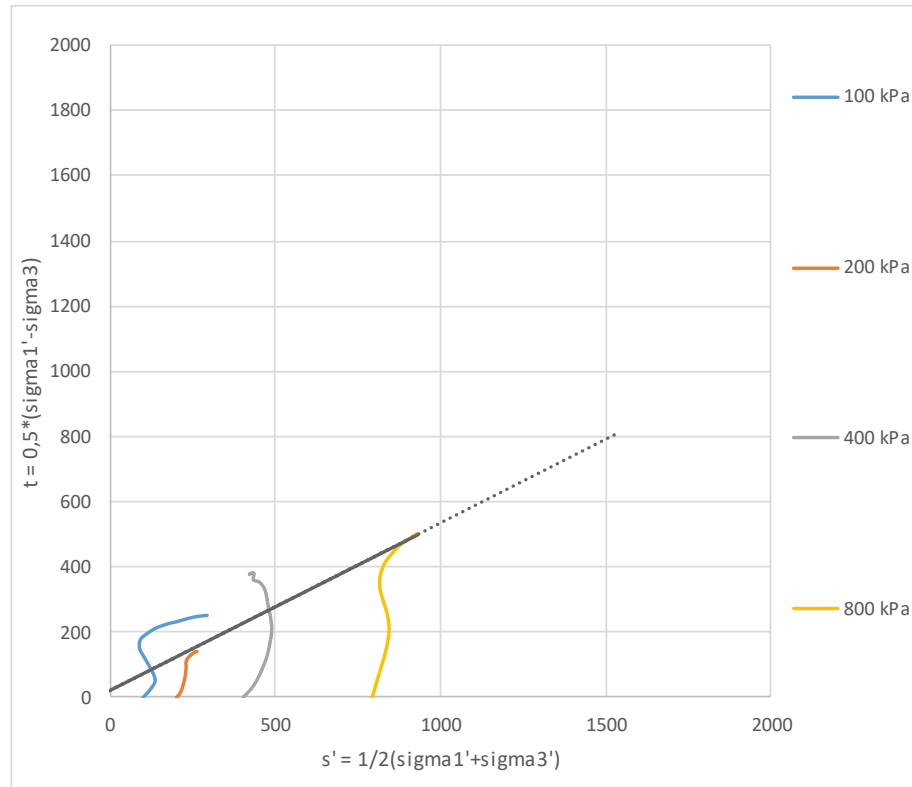




Figura 8.53 – Trajetória de tensões efetivas e envoltória pelo ajuste da amostra SM10-AM03.

No que tange as trajetórias de tensões efetivas (Figura 8.53), optou-se por utilizar os CP's sob tensão confinante de 100 e 400 kPa para traçar a envoltória de resistência, uma vez que o CP sob tensão confinante de 100 kPa apresentou tensão desvio máxima maior que o CP sob tensão confinante de 200 kPa, o que não condiz com a literatura, estando a favor da segurança.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>79/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

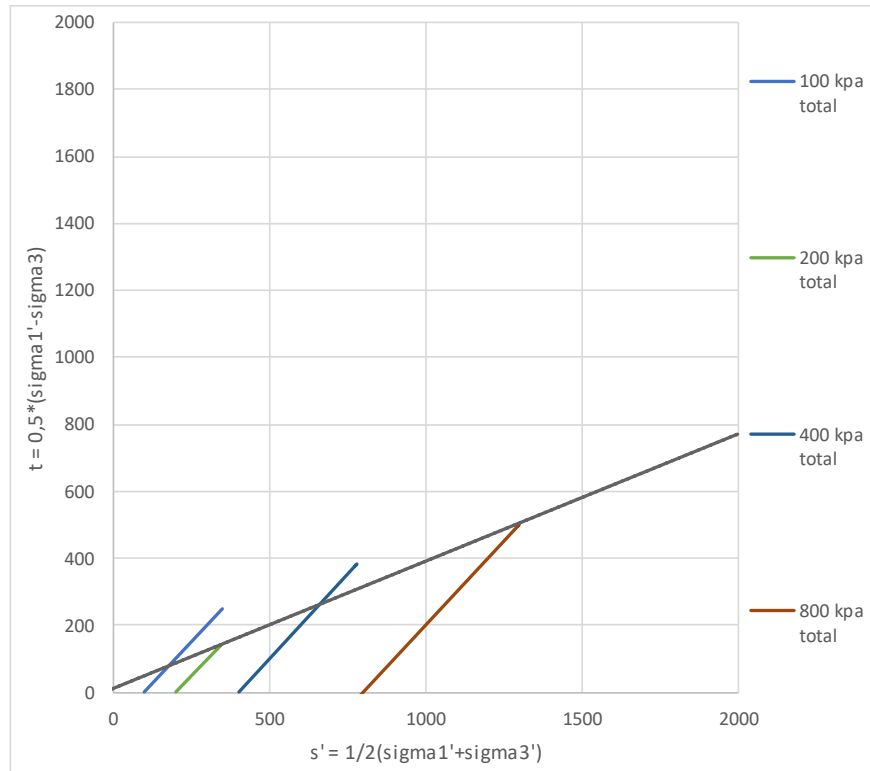


Figura 8.54 – Trajetória de tensões totais e envoltória pelo ajuste da amostra SM10-AM03.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**80/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

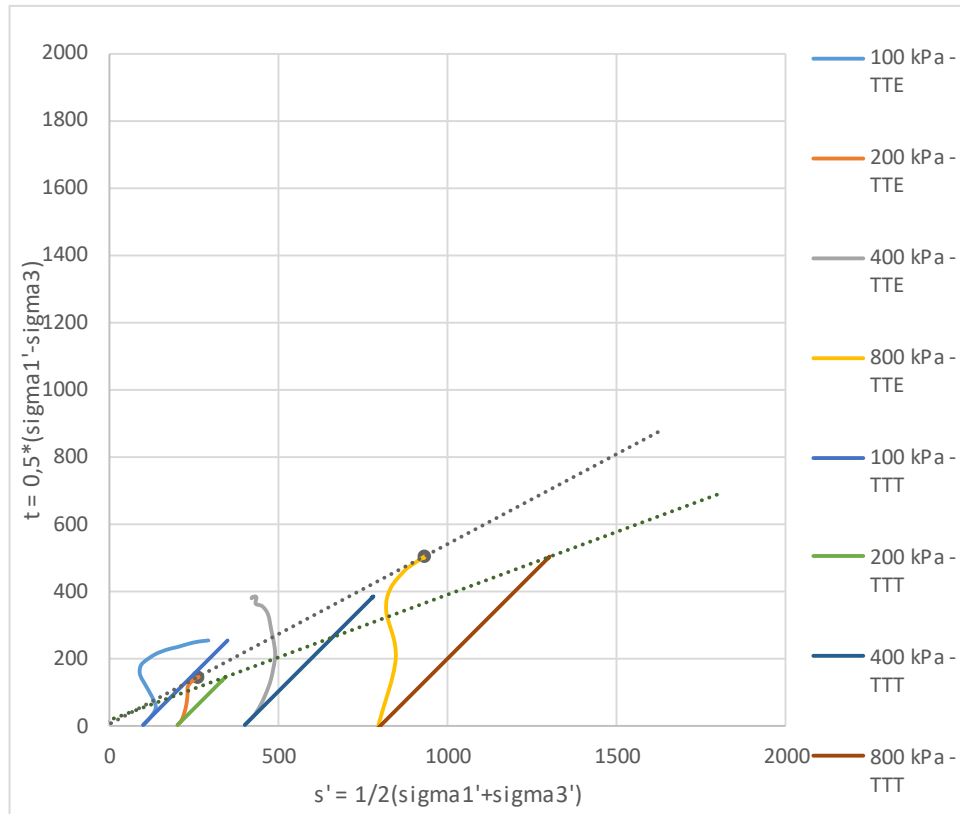


Figura 8.55 – Máxima desviadora (parâmetro efetivo e total) da amostra SM10-AM03.

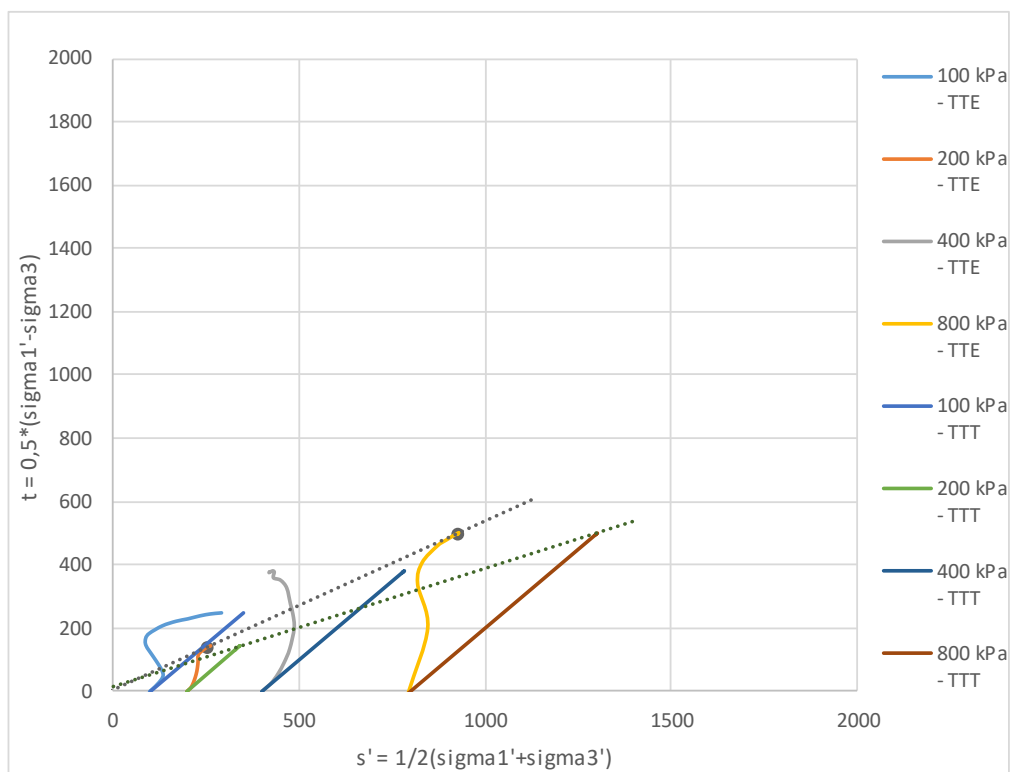




Figura 8.56 – Máxima obliquidade (parâmetro efetivo e total) da amostra SM10-AM03.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>81/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

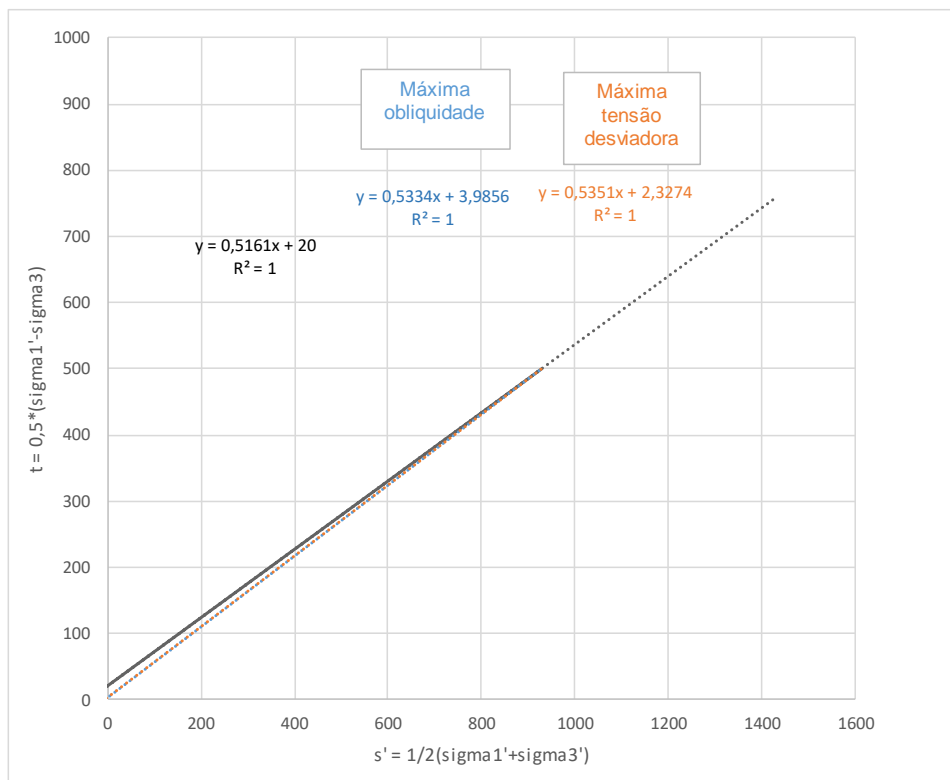


Figura 8.57 – Máxima desviadora, máxima obliquidade e trajetória de tensão total da amostra SM10-AM03.

A seguir serão apresentadas as análises do SM11-AM02.

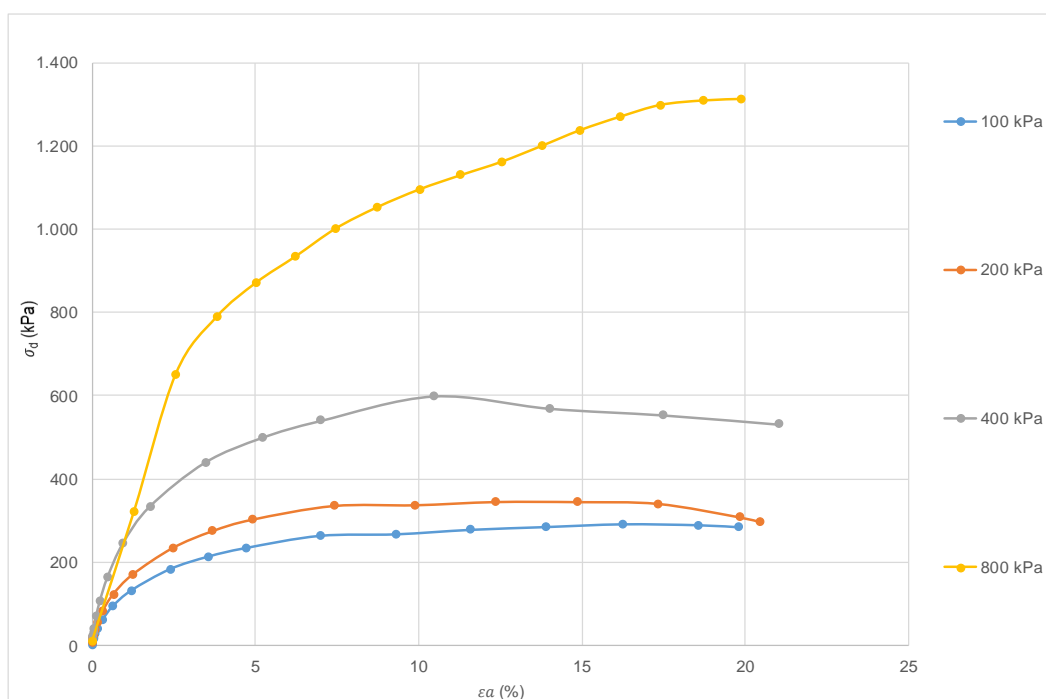




Figura 8.58 – Tensão x Deformação da amostra SM11-AM02.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>82/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Ao analisar as tensões desviadoras para a amostra SM11-AM02 (Figura 8.58) é possível notar que nenhum dos corpos de prova ensaiados apresentou um pico de resistência acentuado, o que assemelha o material ao comportamento de areias fofas ou argilas normalmente adensadas.

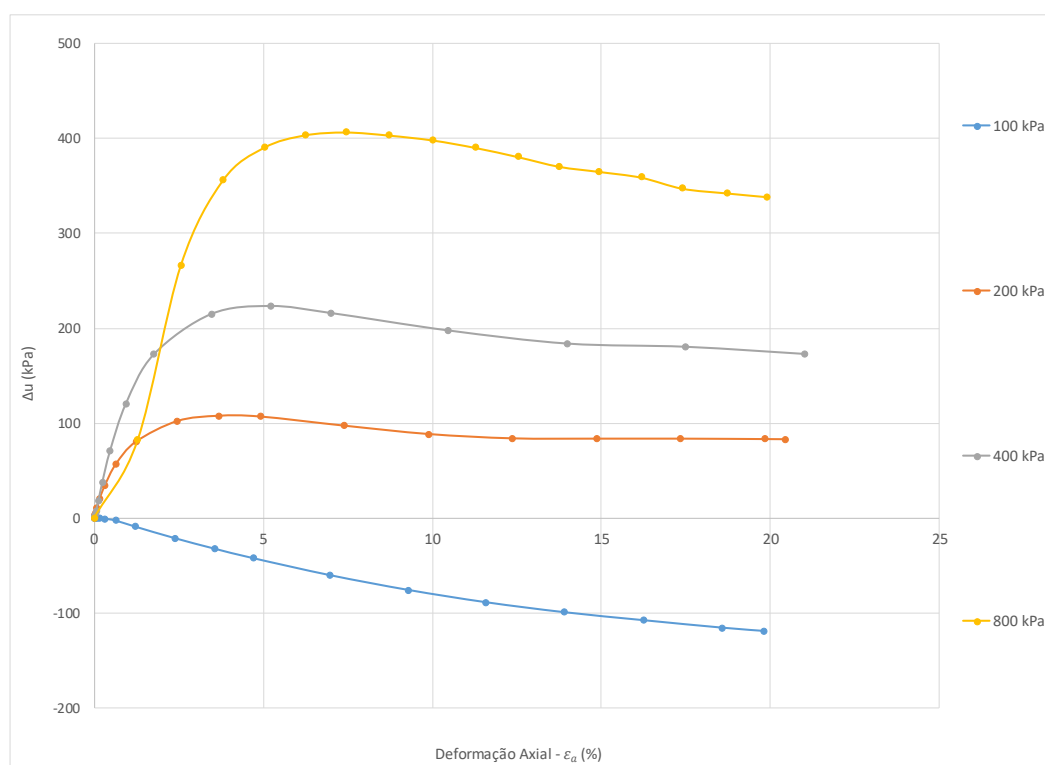


Figura 8.59 – Poropressão x Deformação da amostra SM11-AM02.

No que se refere à variação de poropressão nos ensaios da amostra SM11-AM02 (Figura 8.59), percebe-se no CP sob tensão confinante de 100 kPa, no início do ensaio, o aumento da poropressão com o aumento da tensão desviadora, e logo em seguida, apresentaram uma leve redução. A amostra sob tensão confinante de 100 kPa apresentou poropressão negativa ao longo de todo o ensaio.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**83/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

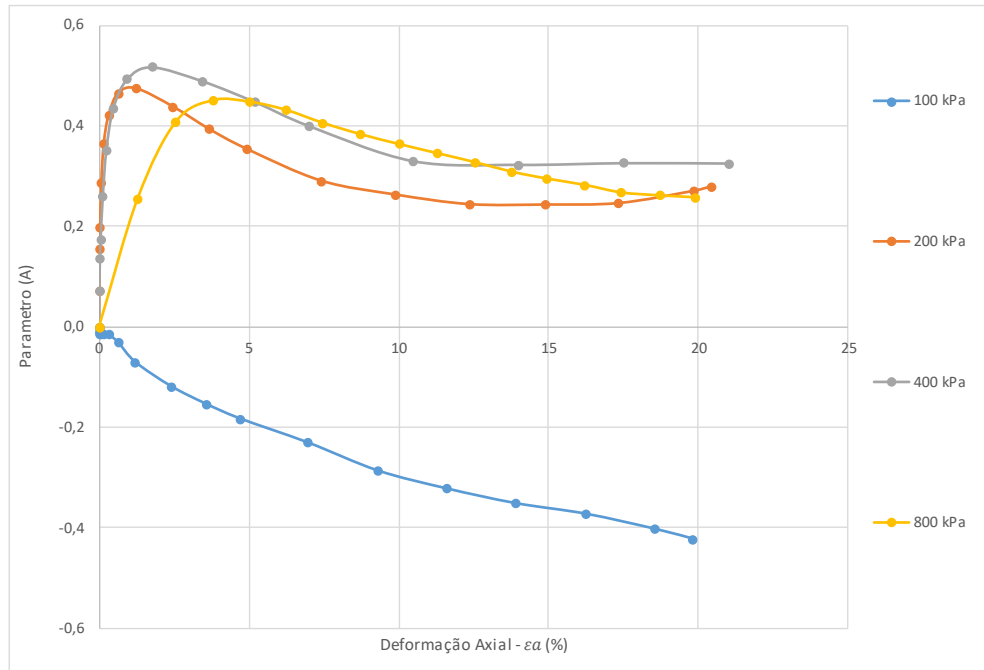


Figura 8.60 – Parâmetro A x Deformação da amostra SM11-AM02.

No que tange ao parâmetro A de Skempton, o qual associa a variação de poropressão com a variação de tensões desviadoras, nos ensaios executados na amostra SM11-AM02 sob tensão confinante de 200 kPa, 400 kPa e 800 kPa (Figura 8.60), nota-se o aumento do parâmetro A no início do ensaio, seguido da sua queda, após a redução da variação de poropressão. A amostra sob tensão confinante de 100 kPa apresentou parâmetro A negativo ao longo de todo o ensaio.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**84/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

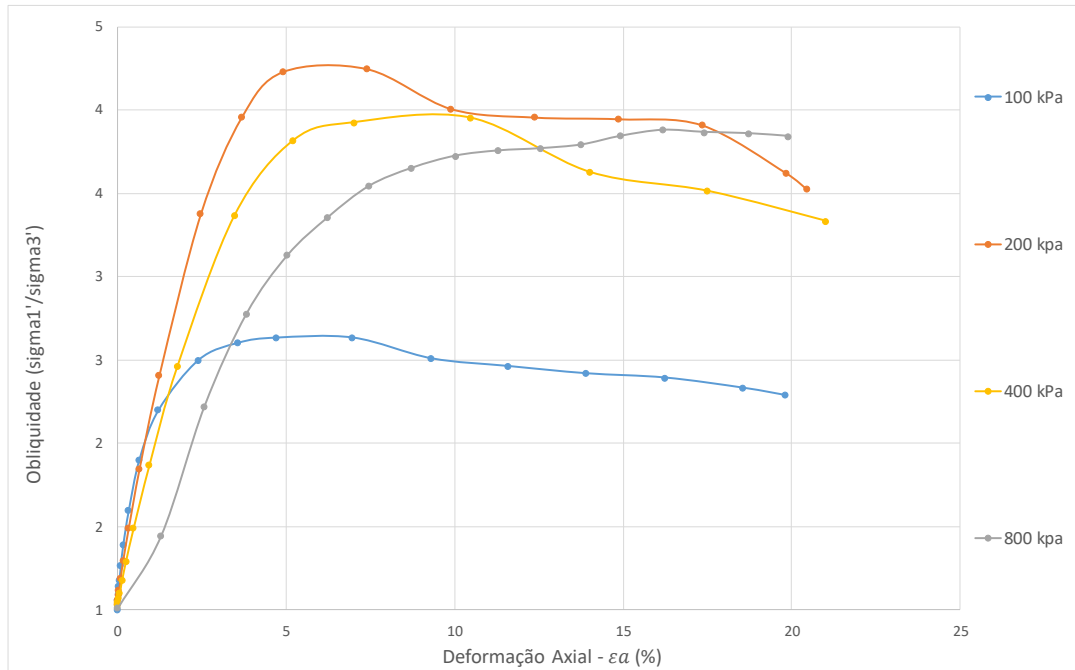


Figura 8.61 – Obliquidade x Deformação da amostra SM11-AM02.

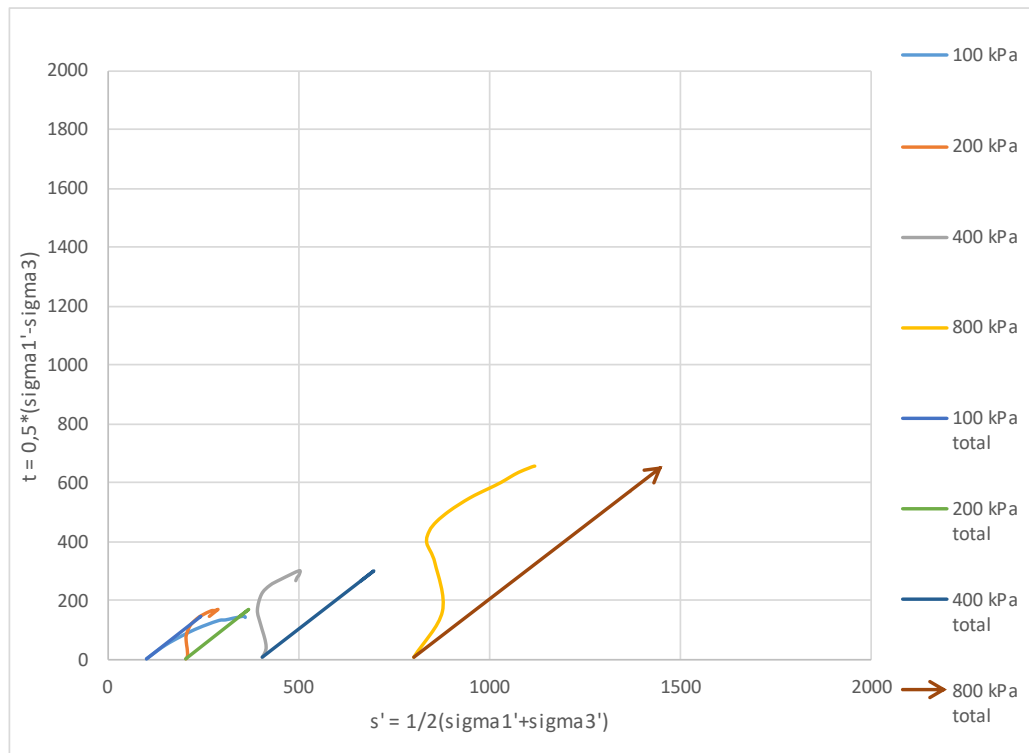




Figura 8.62 – Trajetória de tensões efetivas e totais da amostra SM11-AM02.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>85/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

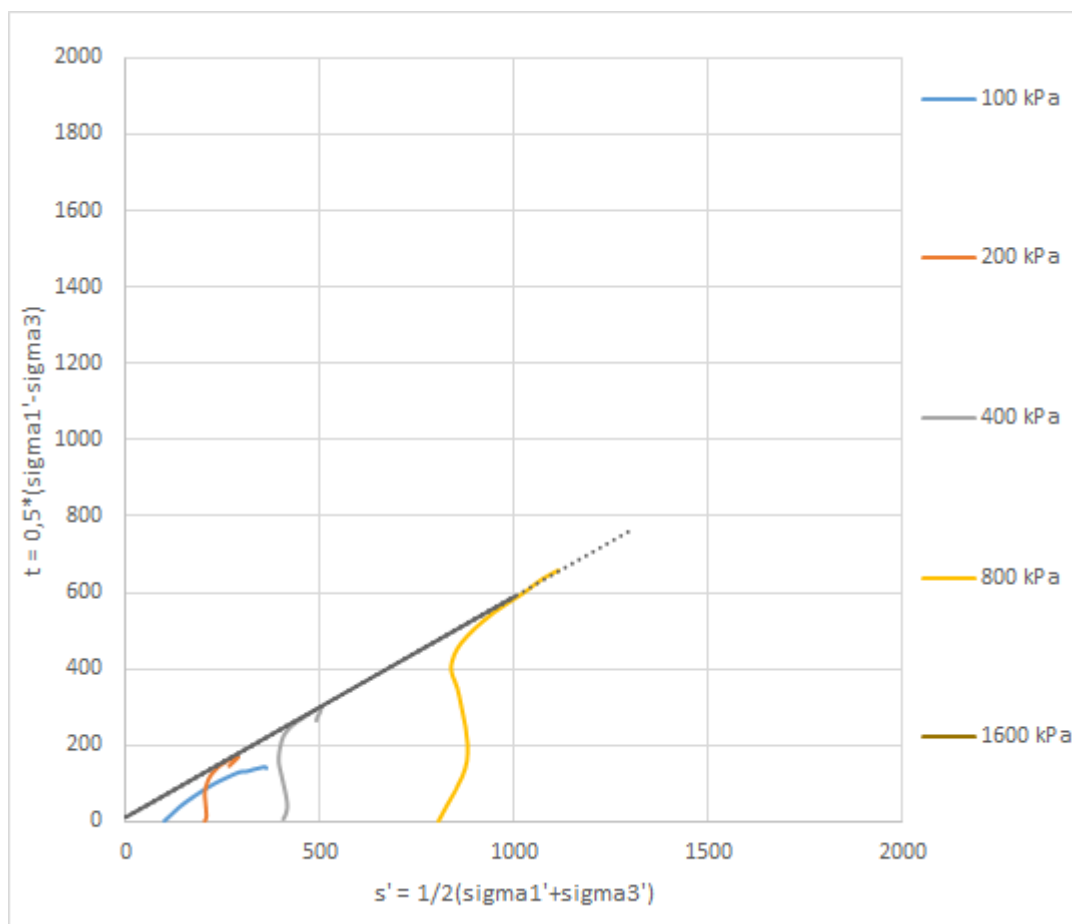




Figura 8.63 – Trajetória de tensões efetivas e envoltória pelo ajuste da amostra SM11-AM02.

No que tange as trajetórias de tensões efetivas (Figura 8.63), optou-se por utilizar os CP's sob tensão confinante de 100 kPa para traçar a envoltória de resistência, uma vez que o CP sob tensão confinante de 100 kPa apresentou tensão desvio máxima que não condiz com a literatura, estando a favor da segurança.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>86/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

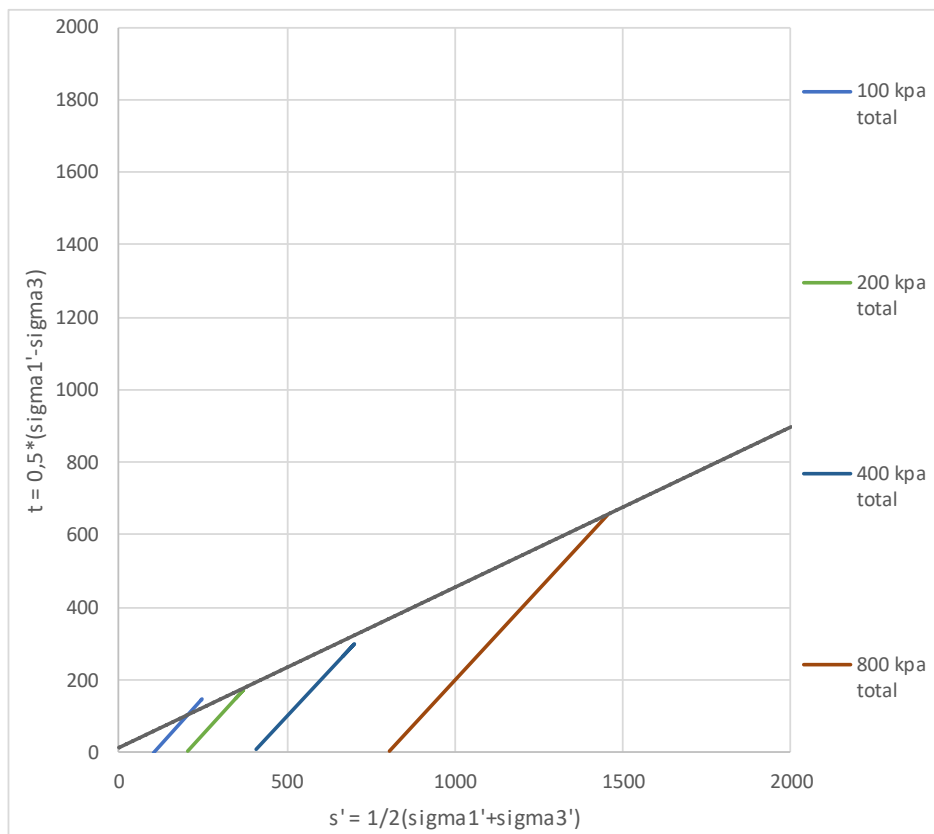


Figura 8.64 – Trajetória de tensões totais e envoltória pelo ajuste da amostra SM11-AM02.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**87/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

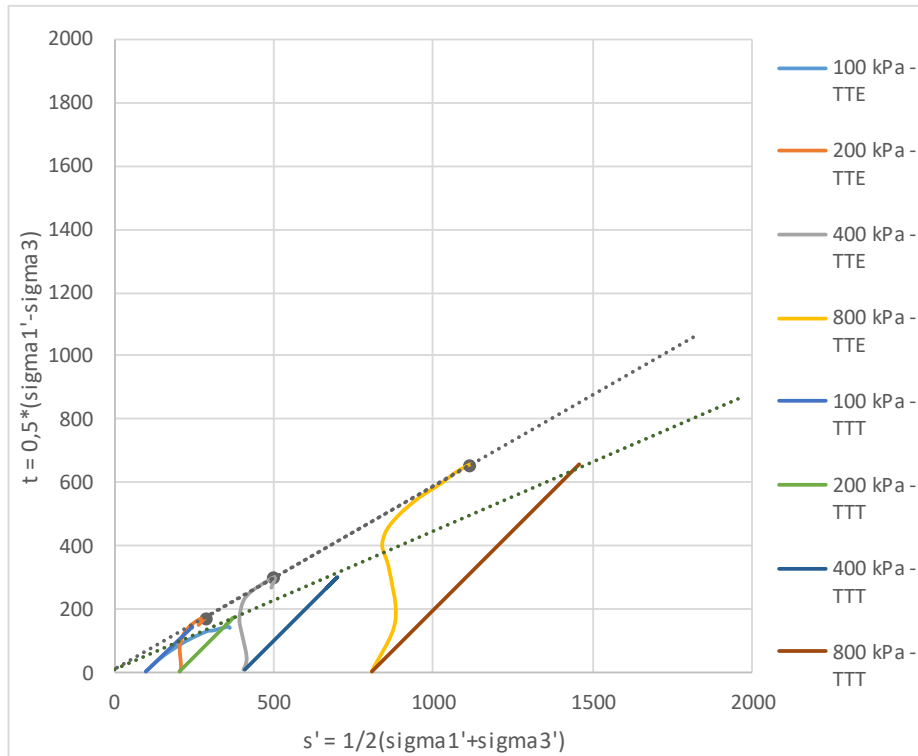


Figura 8.65 – Máxima desviadora (parâmetro efetivo e total) da amostra SM11-AM02.

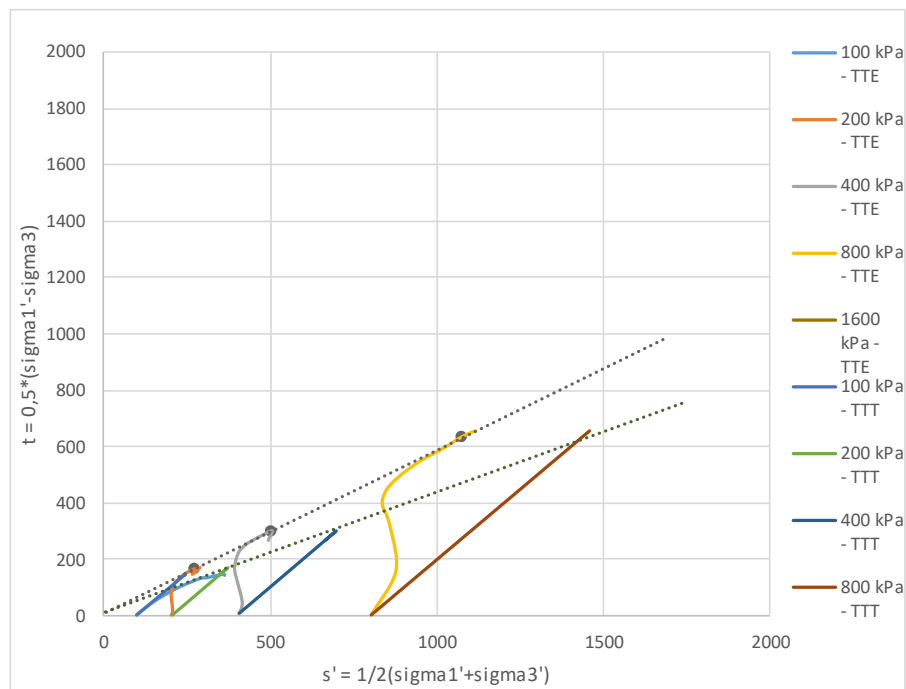




Figura 8.66 – Máxima obliquidade (parâmetro efetivo e total) da amostra SM11-AM02.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>88/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

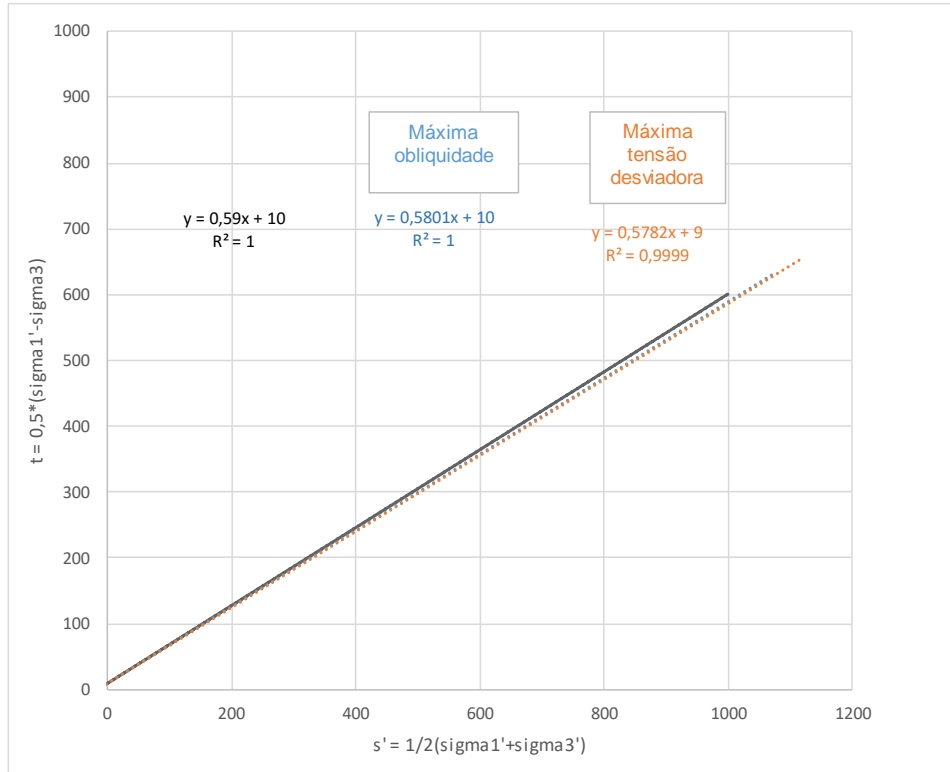


Figura 8.67 – Máxima desviadora, máxima obliquidade e trajetória de tensão total da amostra SM11-AM02.

A seguir serão apresentadas as análises do corpo de prova SM-04-AM01.

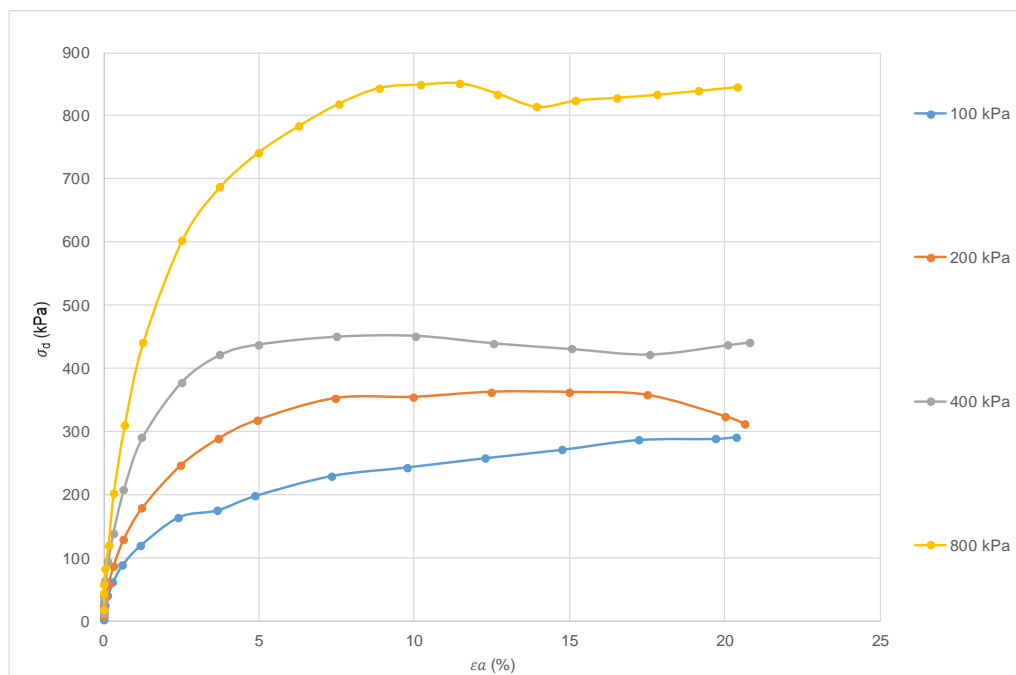




Figura 8.68 – Tensão x Deformação da amostra SM14-AM01.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>89/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Ao analisar das tensões desviadoras para a amostra SM14-AM01 (Figura 8.68) é possível notar que nenhum dos corpos de prova ensaiados apresentou um pico de resistência acentuado, exceto os CP's sob tensão confinante de 400 kPa e 800 kPa, que apresentaram leve pico, o que assemelha o material ao comportamento de areias fofas ou argilas normalmente adensadas.

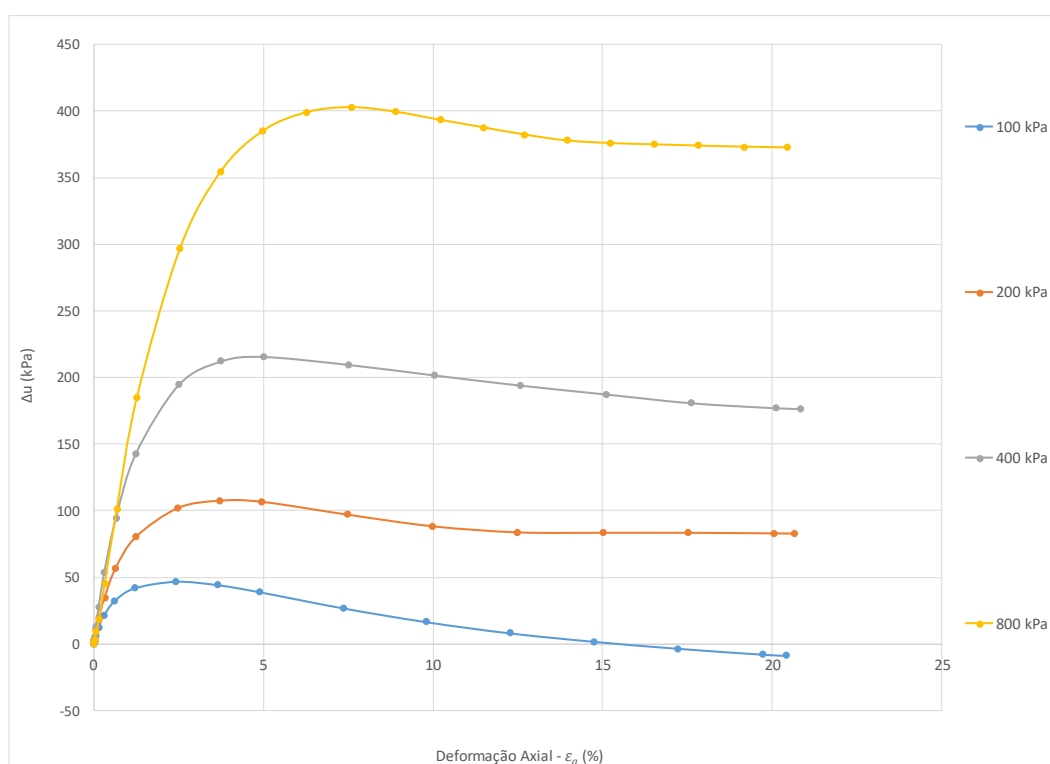


Figura 8.69 – Poropressão x Deformação da amostra SM14-AM01.

No que se refere à variação de poropressão nos ensaios da amostra SM14-AM01 (Figura 8.69), percebe-se no início do ensaio, o aumento da poropressão com o aumento da tensão desviadora, e logo em seguida, apresentaram uma leve redução. A amostra sob tensão confinante de 100 kPa apresentou poropressão negativa no final do ensaio.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**90/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

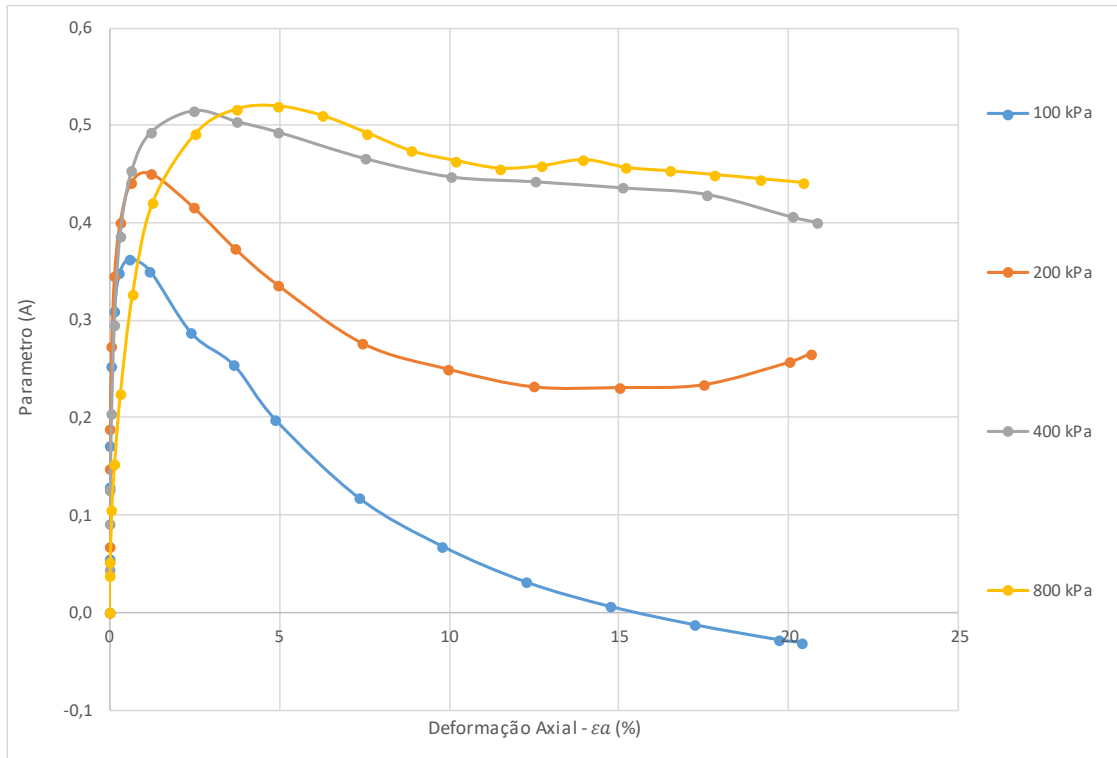


Figura 8.70 – Parâmetro A x Deformação da amostra SM14-AM01.

No que tange ao parâmetro A de Skempton, o qual associa a variação de poropressão com a variação de tensões desviadoras, nos ensaios executados na amostra SM14-AM01, nota-se o aumento do parâmetro A no início do ensaio, seguido da sua queda, após a redução da variação de poropressão. A amostra sob tensão confinante de 100 kPa apresentou parâmetro A negativo no final do ensaio.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**91/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

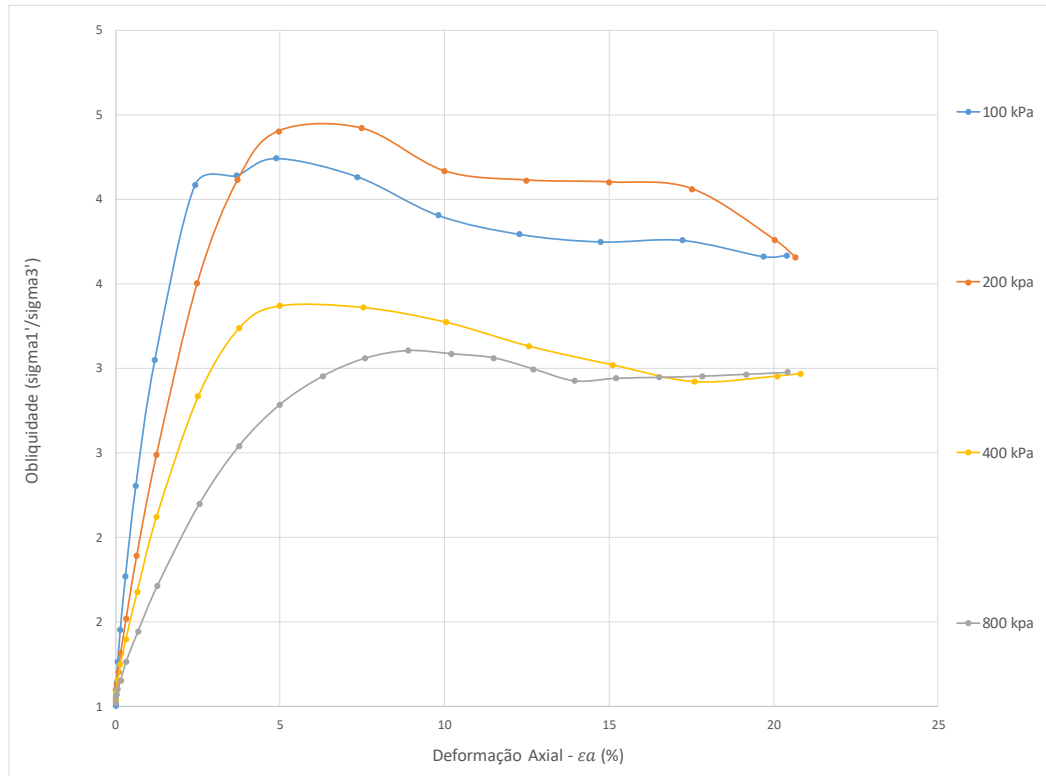


Figura 8.71 – Obliquidade x Deformação da amostra SM14-AM01.

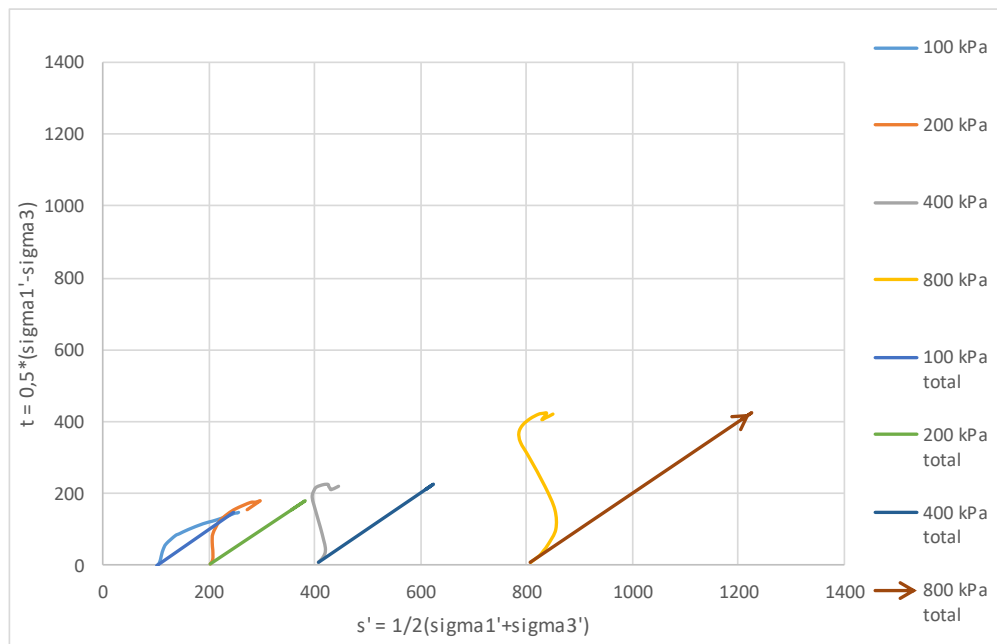




Figura 8.72 – Trajetória de tensões efetivas e totais da amostra SM14-AM01.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>92/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

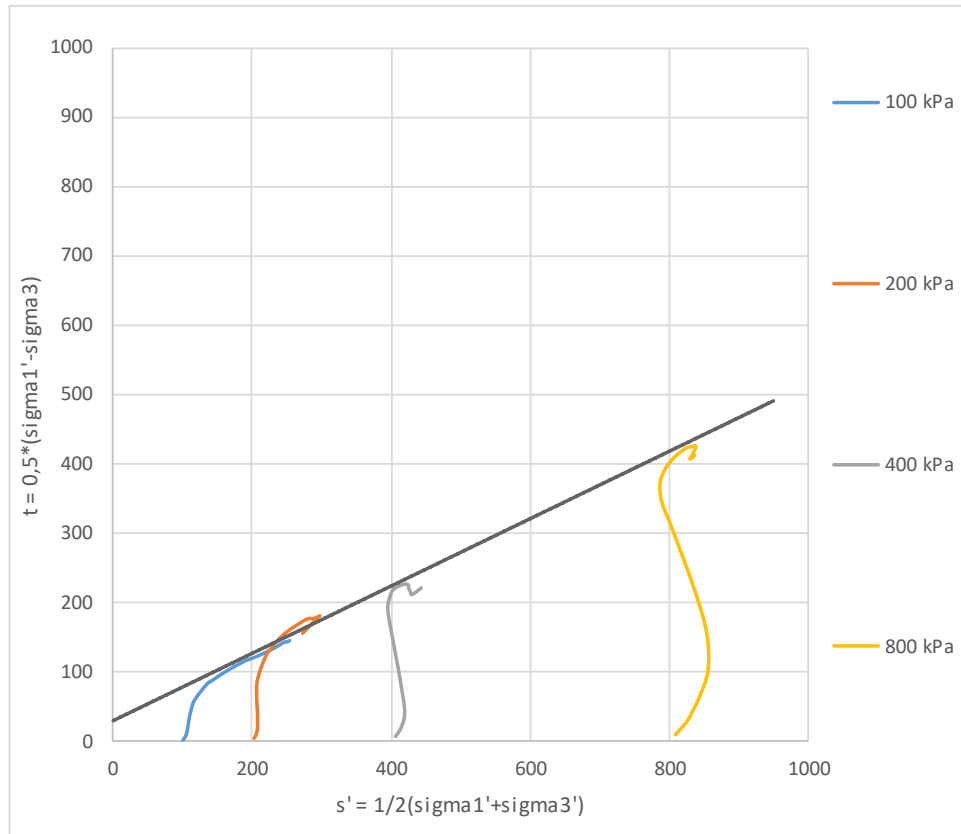




Figura 8.73 – Trajetória de tensões efetivas e envoltória pelo ajuste da amostra SM14-AM01.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>93/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

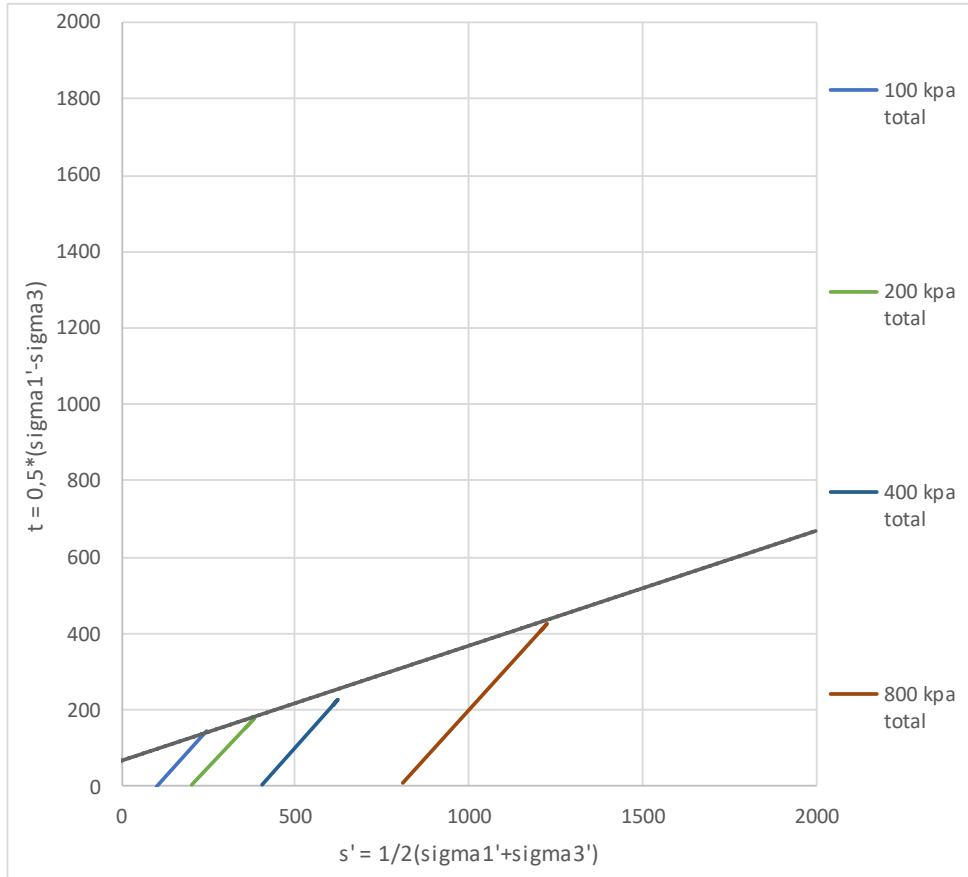


Figura 8.74 – Trajetória de tensões totais e envoltória pelo ajuste da amostra SM14-AM01.

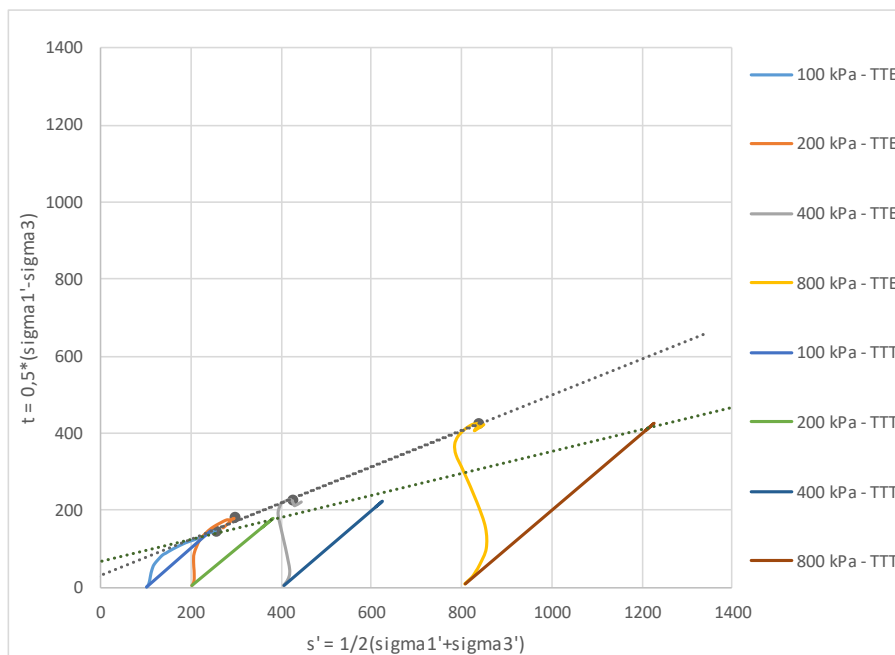


Figura 8.75 – Máxima desviadora (parâmetro efetivo e total) da amostra SM14-AM01.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**94/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

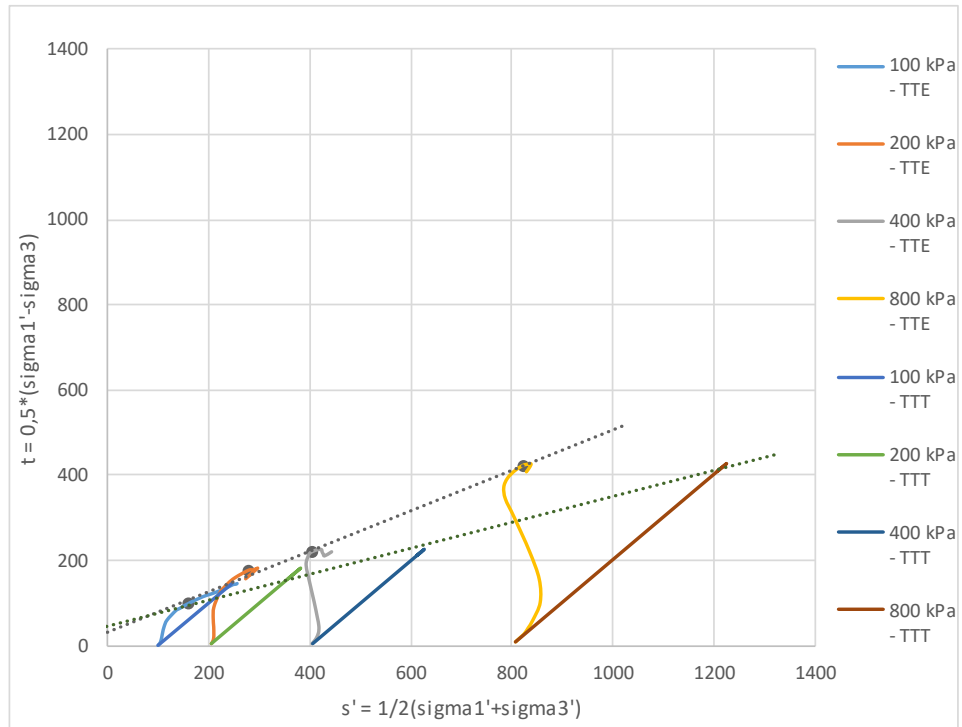


Figura 8.76 – Máxima obliquidade (parâmetro efetivo e total) da amostra SM14-AM01.

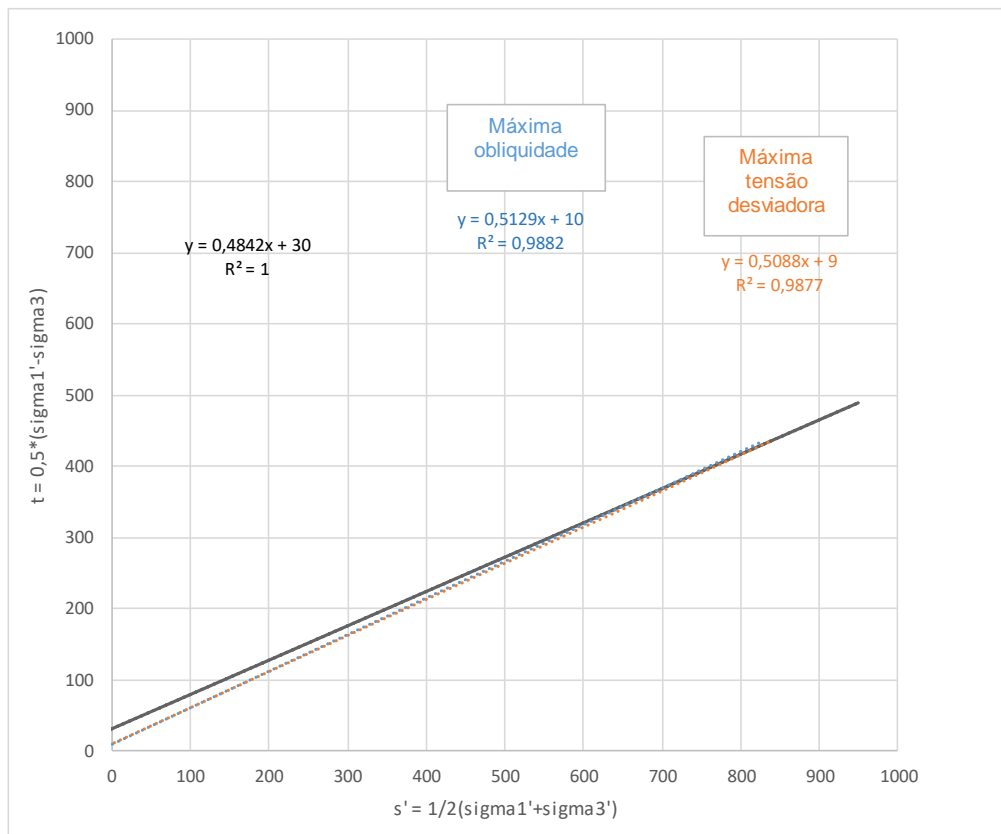




Figura 8.77 – Máxima desviadora, máxima obliquidade e trajetória de tensão total da amostra SM14-AM01.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>95/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Por meio da análise dos resultados obtidos nos ensaios CIU, os parâmetros de resistência dos materiais da fundação da Pilha PDM2 são apresentados na Tabela 8-11.

Tabela 8-11 – Parâmetros de resistência efetivos da fundação da Pilha PDM2.

IDENTIFICAÇÃO	CAMADA	PESO ESPECÍFICO APARENTE NATURAL (KN/m <sup>3</sup> )	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA	
			c' (kPa)	Φ' (°)
PDM2-SM04-AM01	Solo residual de Xisto	19,12	23,01	29,62
PDM2-SM14-AM01	Solo residual de Xisto	18,52	34,29	28,96
PDM2-SM11-AM02	Saprolito de Xisto	17,33	12,39	36,16

É válido ressaltar que neste relatório é mostrado o tratamento de dados do SM-01AM03 e SM-10AM03, entretanto não se estabeleceu parâmetros de resistência dos ensaios visto que os mesmos apresentam apenas duas amostras que são compatíveis com a envoltória de ruptura esperada para os materiais com tais granulometrias.

Já a amostra SM09-AM04 não foi analisada visto que, dos 4 CP's ensaiados 2 CP's (100 kPa e 800 kPa) apresentam-se fora do estabelecido pela normativa de triaxiais.



Desta maneira, a Walm recomenda a repetição dos ensaios de 400 kPa e 800 kPa do SM-01-AM03. Já para amostra SM-10AM03 recomenda-se a repetição dos ensaios de 100 kPa e 400 kPa. Por fim, recomenda-se a realização de todos os CP's da amostra SM-09-AM04.

Após estas análises foram definidos os parâmetros dos materiais de fundação amostrados na região da PDM-2.

Em relação ao Saprolito de Xisto foram realizados três ensaios triaxiais. Todavia, a envoltória de resistência de Mohr-Coulomb da amostra SM10-AM03 foi traçada considerando apenas dois corpos de provas, em função dos outros corpos de provas apresentarem inconsistências discutidas ao longo desse documento. As amostras SM09-AM04 e SM11-AM03 embora tenham a mesma litologia, apresentam distribuição granulométrica distintas e características e aparência visualmente distintas. Entretanto, conforme relatado acima o SM09-AM04 apresenta dois de seus corpos de prova ensaiados fora do padrão normativo, sendo assim os parâmetros do Saprolito de Xisto foram associados ao SM11-AM03.

No que tange ao Saprolito de rocha intrusiva alcalina de Xisto foi realizado apenas um ensaio triaxial. A envoltória de resistência de Mohr-Coulomb da amostra SM01-AM03 foi traçada considerando apenas dois corpos de provas, em função dos outros corpos de provas apresentarem inconsistências discutidas ao longo desse documento. Sendo assim, optou-se por não utilizar esse ensaio. Os parâmetros de resistência adotados do material foram em função da experiência do corpo técnico da Walm.

No que se refere ao Solo residual de Xisto foram realizados dois ensaios triaxiais, amostras SM04-AM01 e SM14-AM01. Optou-se por utilizar os parâmetros de resistência mais

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>96/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

conservadores, ou seja, os parâmetros da camada de Solo residual de Xisto da amostra SM04-AM01.

A Tabela 8-12 apresenta o resumo dos parâmetros de resistência adotados dos materiais da fundação.

Tabela 8-12 – Parâmetros de resistência efetivos da fundação da Pilha PDM2.

IDENTIFICAÇÃO	CAMADA	PESO ESPECÍFICO APARENTE NATURAL (KN/m <sup>3</sup> )	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA	
			c' (kPa)	Φ' (°)
PDM2-SM11-AM02	Saprolito de Xisto	17,33	12,39	36,16
PDM2-SM01-AM03	Saprolito de rocha intrusiva alcalina	19,98	10,11	37,70
PDM2-SM04-AM01	Solo residual de Xisto	19,12	23,01	29,62

#### 8.2.1.9 Adensamento

Foram realizados ensaios de adensamento com determinação da permeabilidade nas duas amostras indeformadas coletadas (SM04-AM02, SM06-AM01, SM09-AM02, SM10-AM03, SM11-AM01, SM11-AM02 e SM14-AM01), com a finalidade de verificar as propriedades compressíveis dos materiais, bem como determinar os parâmetros geotécnicos referentes ao histórico de tensões da fundação da barragem, ou seja, tensão de pré-adensamento.

Os resultados obtidos estão apresentados nas Figura 8.78 a Figura 8.86.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**97/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

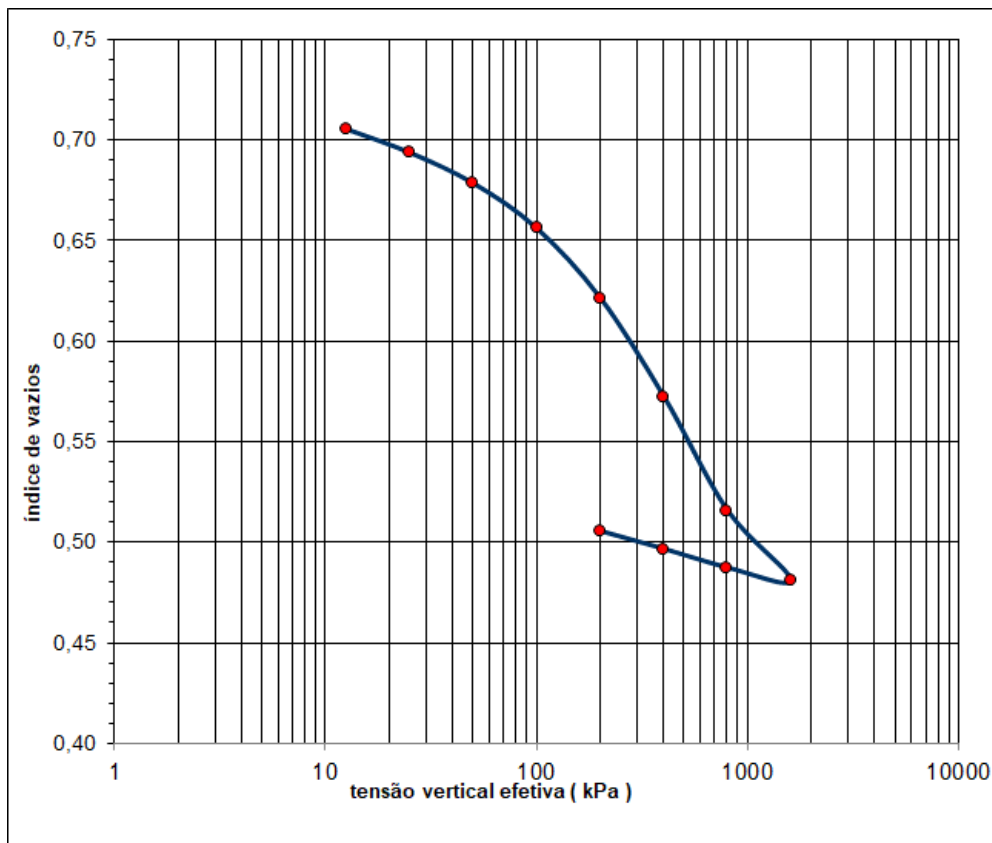


Figura 8.78 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM09-AM02.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**98/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

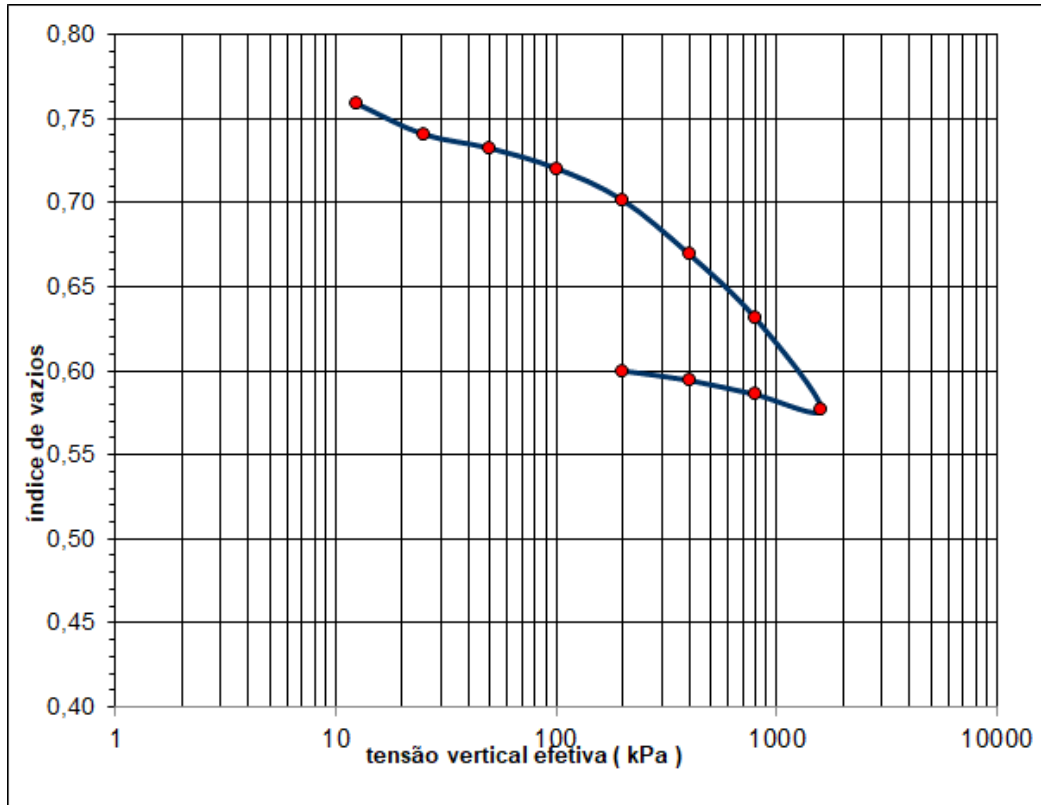


Figura 8.79 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM10-AM03.

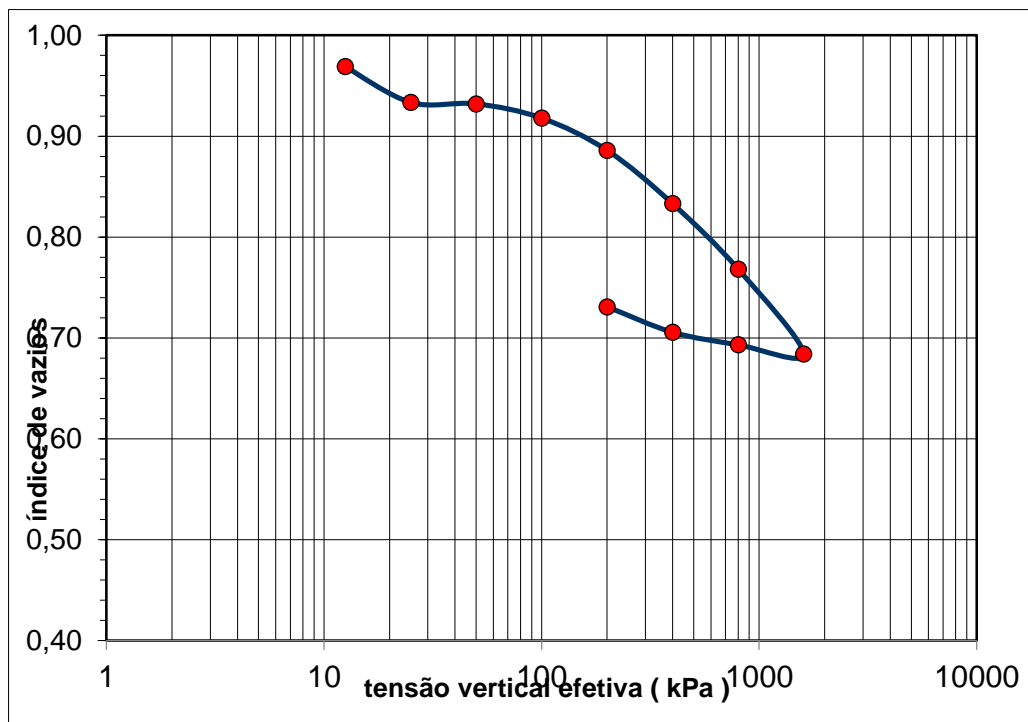


Figura 8.80 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM04-AM02.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**99/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

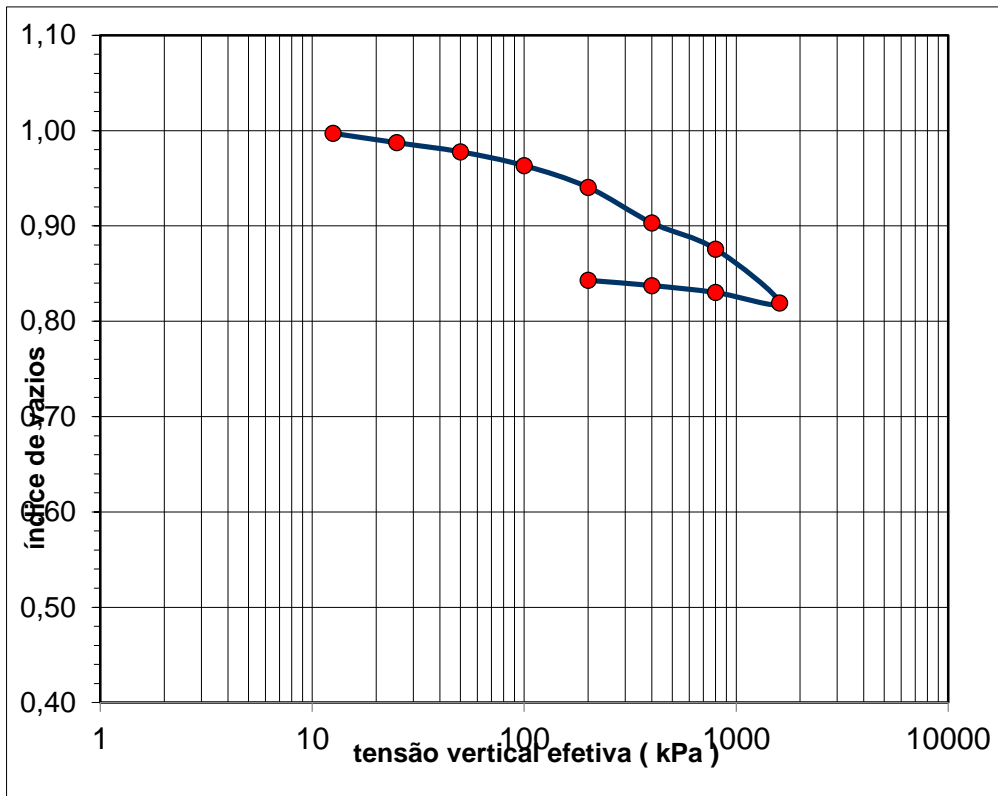


Figura 8.81 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM06-AM01.

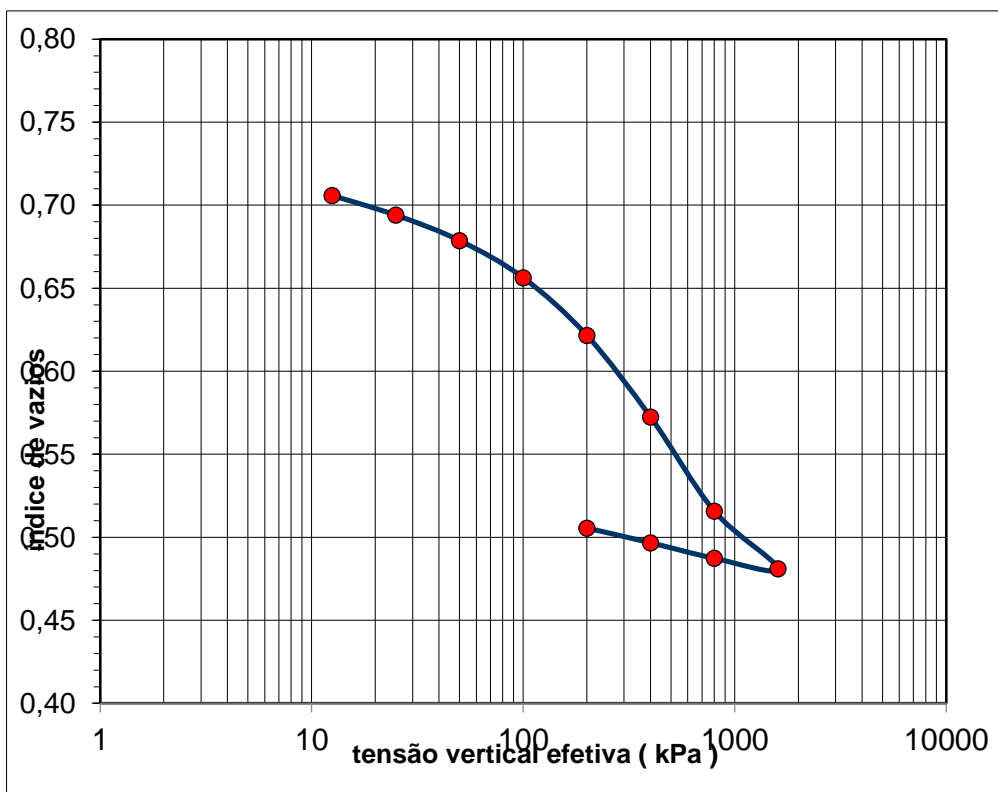


Figura 8.82 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM09-AM02.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**100/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

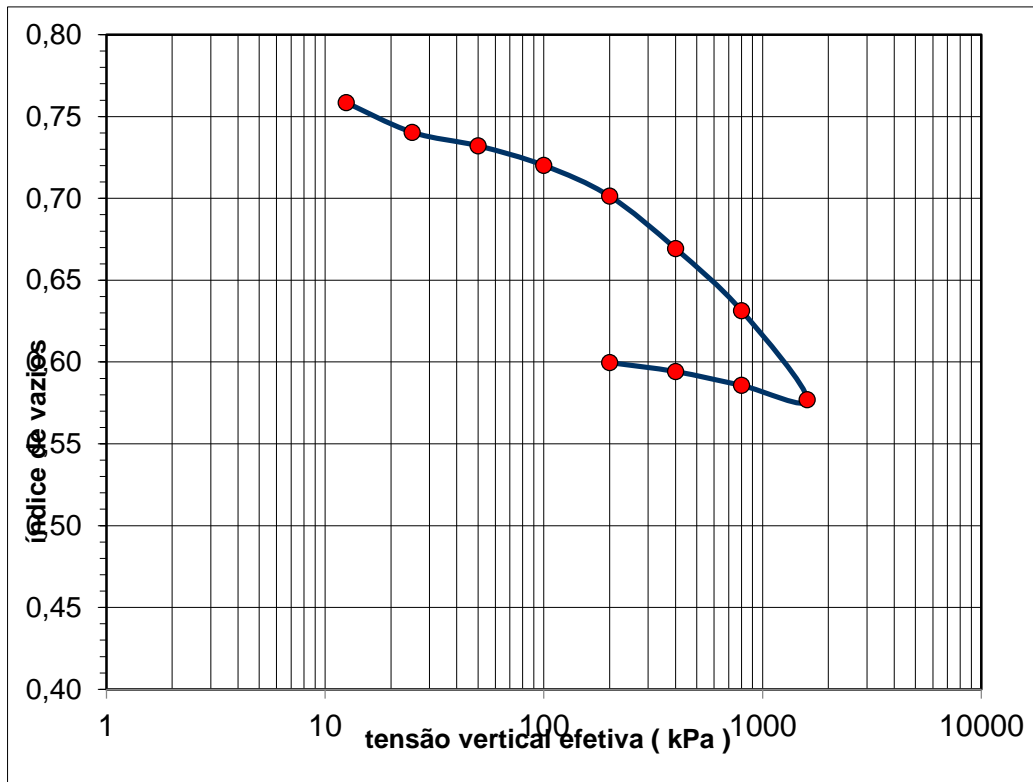


Figura 8.83 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM10-AM03.

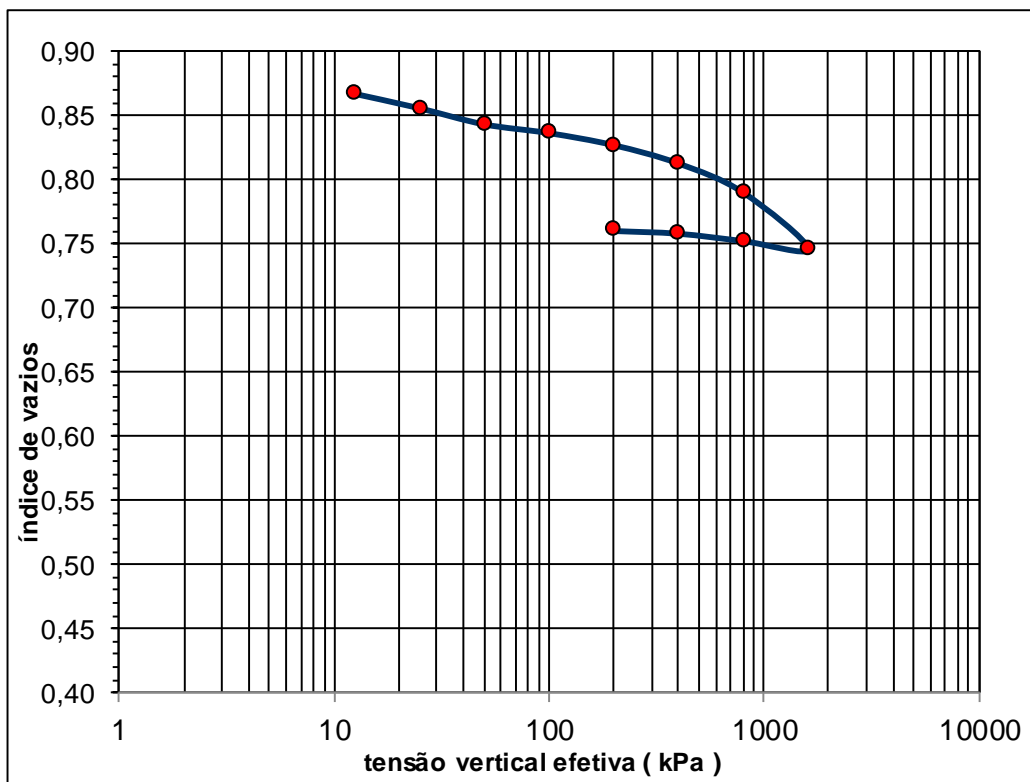


Figura 8.84 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM11-AM01.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**101/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

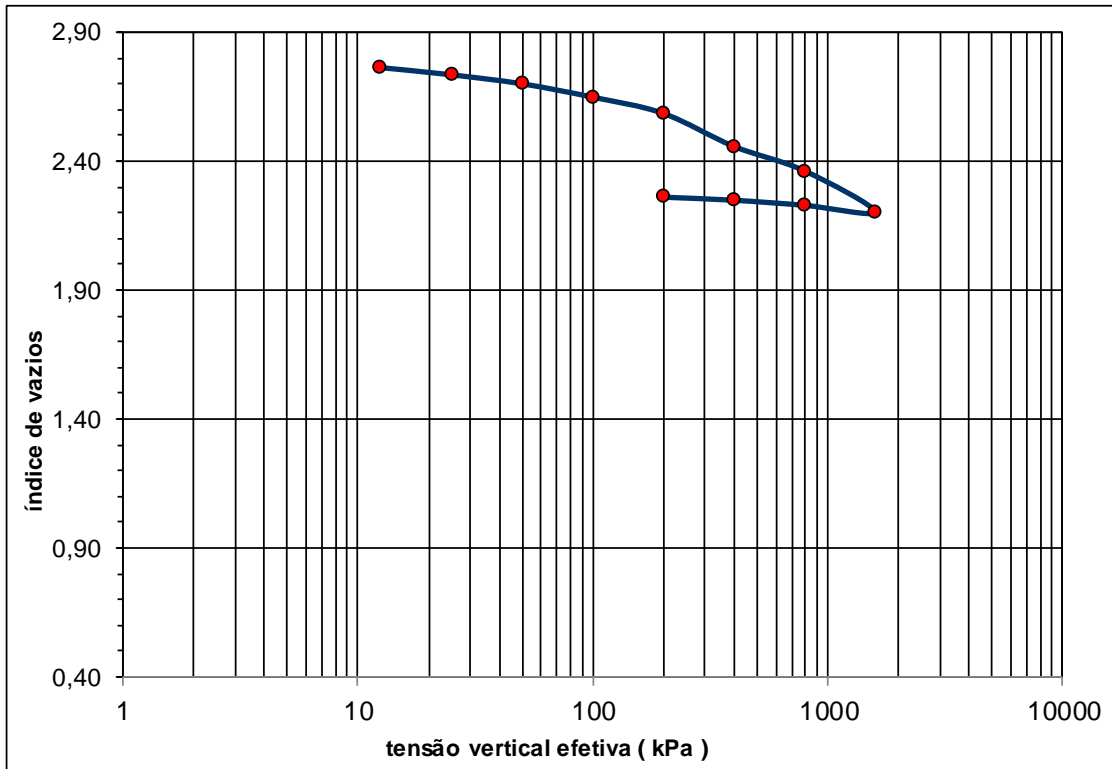


Figura 8.85 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM11-AM02.

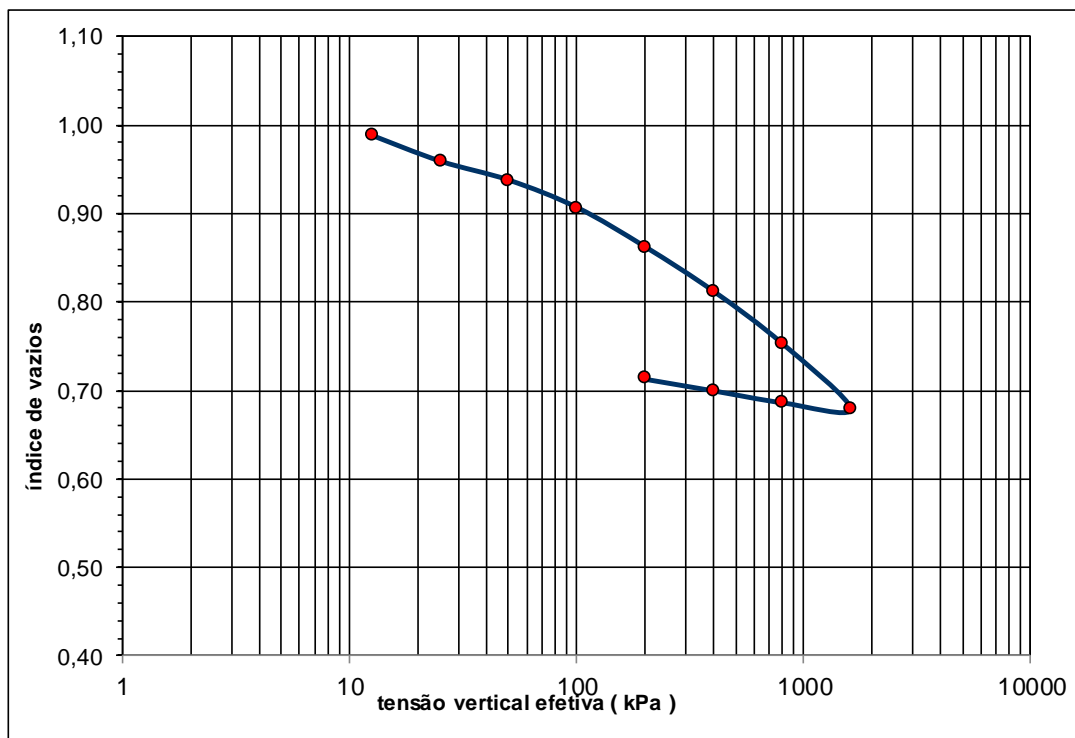




Figura 8.86 - Resultado do adensamento oedométrico da amostra SM14-AM01.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>102/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

A partir dos gráficos apresentados acima, foram obtidos o coeficiente de compressão ( $C_c$ ), o índice de vazios de pré-adensamento e a tensão de pré-adensamento de cada amostra. Esses parâmetros são apresentados na Tabela 8-13, assim como o índice de vazios inicial.

Tabela 8-13 – Resultado dos ensaios de adensamento oedométrico.

IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO - ADENSAMENTO				
FURO	ID. LAB	PROF. (m)	TENSÃO DE PRÉ-ADENSAMENTO	ÍNDICE DE VAZIOS DE PRÉ-ADENSAMENTO	COEFICIENTE DE COMPRESSÃO	COEFICIENTE DE RECOMPRESSÃO	ÍNDICE DE VAZIOS INICIAL
			(KPa)	(e)	(Cc)	(Cr)	(e <sub>0</sub> )
PDM2-SM04-AM02	17838	16,00 a 17,00 m	194,00	0,25	0,06	0,85	1,00
PDM2-SM06-AM01	17842	30,00 a 31,00 m	120,00	0,13	0,02	0,96	1,02
PDM2-SM09-AM02	17741	26,00 a 27,00 m	70,00	0,67	0,16	0,03	0,78
PDM2-SM09-AM02	17741	30,00 a 31,00 m	69,24	0,67	0,15	0,03	0,78
PDM2-SM10-AM03	17746	36,00 a 37,00 m	294,00	0,69	0,18	0,02	0,78
PDM2-SM11-AM01	17839	24,00 a 25,00 m	400,00	0,14	0,01	0,82	0,90
PDM2-SM11-AM02	17844	38,00 a 39,00 m	115,00	0,42	0,05	2,63	2,84
PDM2-SM14-AM01	17833	14,00 a 15,00 m	130,00	0,24	0,04	0,88	1,06

Na Tabela 8-14 é apresentada a classificação da compressibilidade do solo segundo os estudos propostos por Coduto (2001).

Tabela 8-14 – Classificação da Compressibilidade do Solo (Fonte: Coduto, 2001).

$C_r / (1+e_0)$ ou $C_c / (1+e_0)$	CLASSIFICAÇÃO
0,00-0,05	Muito levemente Compressível
0,05-0,10	Levemente Compressível
0,10-0,20	Moderadamente Compressível
0,20-0,35	Altamente Compressível
> 0,35	Muito altamente Compressível

Com os resultados obtidos no ensaio oedométrico foi possível classificar os materiais quanto a sua compressibilidade, apresentado na Tabela 8-15.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>103/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 8-15 – Relação entre coeficiente de compressão ou recompressão e índice de vazios inicial para as amostras da Pilha PDM2.

AMOSTRA	$C_c / (1+e_0)$	$C_r / (1+e_0)$
PDM2-SM04-AM02	0,031	0,420
PDM2-SM06-AM01	0,008	0,470
PDM2-SM09-AM02	0,087	0,016
PDM2-SM09-AM02	0,090	0,017
PDM2-SM10-AM03	0,099	0,014
PDM2-SM10-AM03	0,101	0,013
PDM2-SM11-AM01	0,007	0,430
PDM2-SM11-AM02	0,014	0,680
PDM2-SM14-AM01	0,021	0,430

Tendo como base os estudos de Coduto (2001), todas as amostras podem ser classificadas como muito leve compressível, adotando os valores para cálculo do coeficiente de compressão ( $C_c$ ), exceto a amostra PDM2-SM10-AM03 que é moderadamente compressível.

### 8.3 ENSAIOS DE CPTU

Para caracterização do material também foi proposto pela Walm a realização de CPTU's na magnetita atualmente disposta e na região onde foram mapeados solos moles.

Os ensaios foram realizados pela Geocontrole conforme documento Relatório PDM2\_CMT\_CPTu- rev0.

A Tabela 8-16 mostra os ensaios CPTU's já realizados.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>104/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 8-16 – CPTU's executados em PDM-2.



Nome	Coordenadas (Sirgas 2000)		Elevação (m)
	Leste	Norte	
PDM2-S-CPTU-03	7.804.098,01	306.748,99	1.188,85
PDM2-S-CPTU-05	7.804.367,99	306.875,00	1.191,60
PDM2-S-CPTU-06	7.804.711,98	306.845,01	1.191,77
PDM2-S-CPTU-07	7.804.758,85	306.982,37	1.173,54
PDM2-S-CPTU-07a	7.804.758,85	306.982,37	1.173,54

#### 8.4 ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Os critérios e premissas de projeto consideradas nas análises de estabilidade da PDM-2 foram:

- Análises de estabilidade realizadas com Software Slide2;
- Parâmetros de resistência dos materiais de fundação e maciço obedeceram aos critérios de ruptura de Mohr-Coulomb;
- Ruptura Global do talude do tipo circular;
- Teoria do Equilíbrio Limite;
- Método de análise de estabilidade proposto por Spencer, Bishop e GLE Morgenstern Price;
- Os materiais adotados e presentes na estrutura foram considerados isotrópicos e homogêneos.

Foram adotados os critérios de aceitação para as análises de estabilidade estabelecidos pela Norma Técnica Brasileira de Pilhas de Estéril, NBR 13.029 (ABNT, 2017), que considera:

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>105/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Operação Normal: Análise de estabilidade considerando ruptura do maciço e/ou fundação, no talude geral e/ou entre bermas e superfície freática normal. Para essa condição de contorno prevê-se que:
  - Todos os sistemas de drenagem interna estão em perfeito funcionamento ou em operação normal; e
  - Fator de Segurança mínimo igual a 1,50.
- Superfície Freática Crítica: Nesta situação será considerado que o dreno de fundo da pilha está parcialmente colmatado, ou que tenha ocorrido saturação parcial do estéril devido a um evento de chuva intensa:
  - Fator de Segurança mínimo igual a 1,30.

De modo a ampliar os estudos sobre a estabilidade da PDM-2, também foram realizadas análises pseudo-estáticas. Visto a falta de critério específico pela NBR 13.029 (2017) para análise sísmica, a mesma foi executada segundo as recomendações dos “Critérios de Projeto Civil de Usinas da Eletrobrás” elaborado em outubro de 2013 que considera a avaliação das condições da barragem face a sismos naturais ou induzidos adotando-se cargas sísmicas correspondentes a aceleração de 0,05 g na direção horizontal e de 0,03 g na direção vertical.

O fator de segurança mínimo adotado foi o previsto na NBR 13.028 (2018), com valor igual a 1,10.

A presente pilha tem como sua principal premissa ser uma estrutura não susceptível a liquefação, desta forma, não será realizada análises deste cunho, visto que não se aplicará a estrutura.



Os critérios e diretrizes operacionais, especificados em projetos (grau de compactação e umidade ótima) deverão ser confirmados em ensaios de laboratório e controlados durante toda operação da pilha pela equipe de controle tecnológico.

No que tange a análise de estabilidade durante as escavações para limpeza de fundação (retirada de material mole e magnetita) foram adotados os critérios de aceitação para as análises de estabilidade estabelecidos pela Norma Técnica Brasileira de Estabilidade de Encostas, NBR 11.682 (ABNT, 2009).

A NBR 11.682 considera diferentes valores para o fator de segurança mínimo, de acordo com a combinação do risco apresentado a danos materiais e ambientais, e do risco a vidas humanas. Para este projeto, considerou-se baixo risco de danos materiais e ambientais e médio risco a vidas humanas, que corresponde a um fator de segurança mínimo de 1,3.

#### 8.4.1 Seções Analisadas

Para os estudos de estabilidade da PDM 2 foram analisadas 4 seções, em que a seção B-B é de maior altura na fase final. Já para fase inicial foram analisadas 3 seções, em que a seção B-B da fase também é a de maior altura.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>106/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

As seções geológicas geotécnicas apresentadas no projeto executivo foram elaboradas a partir de uma campanha de ensaios geológicos-geotécnicos executada pela Geocontrole nos anos de 2021 e 2022, conforme documento 5300012777\_e\_5300012778\_Geocontrole\_CMT\_SOP00.

No entanto, as sondagens previstas para a parte leste da pilha, conforme documento WA12217280-1-GT-ETC-0001, não foram realizadas devido baixa capacidade de suporte do solo e dificuldades de acesso. Os acessos para sanar as dificuldades de adentrar na região não foram executados devido à falta de licenciamento ambiental para a supressão vegetal. Além disto, durante a campanha executada foi mapeada uma região com grande profundidade de colúvio mole.

Devido estas particularidades, após o licenciamento e supressão vegetal de toda área da pilha se faz necessário a execução de uma campanha complementar de ensaios, conforme especificado pela Walm no WA02821014-1-GT-ETC-0002. Esta campanha tem como objetivo mapear a extensão do colúvio mole na fundação da pilha, confirmar os parâmetros de resistência e compressibilidade do colúvio de maior resistência e investigar os materiais de fundação da porção leste.

O nível d' água utilizado nas análises de estabilidade para a condição normal foram inferidos nas seções baseado nas características geológicas dos materiais da PDM 2, considerando o contato maciço-fundação. Para a condição crítica, o nível d' água foi traçado considerando a saturação parcial da pilha, tendo em vista a permeabilidade da magnetita e a topografia apresentada.

Ressalta-se que as extensões dos materiais das seções apresentadas foram inferidas, visto que, devido dificuldades de acessos, parte dos furos inicialmente locados tiveram que ser deslocados.

A Figura 8.87 e Figura 8.88 apresenta as seções analisadas em planta.

No que diz respeito às análises de estabilidade para execução da fundação, considerou-se a inclinação de talude de 1H:3V para regiões onde são encontrados solos moles com profundidade até 5,0 m. Já para profundidades de 10,0 m considerou-se talude com inclinação de 1H:3,5V.





**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**108/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

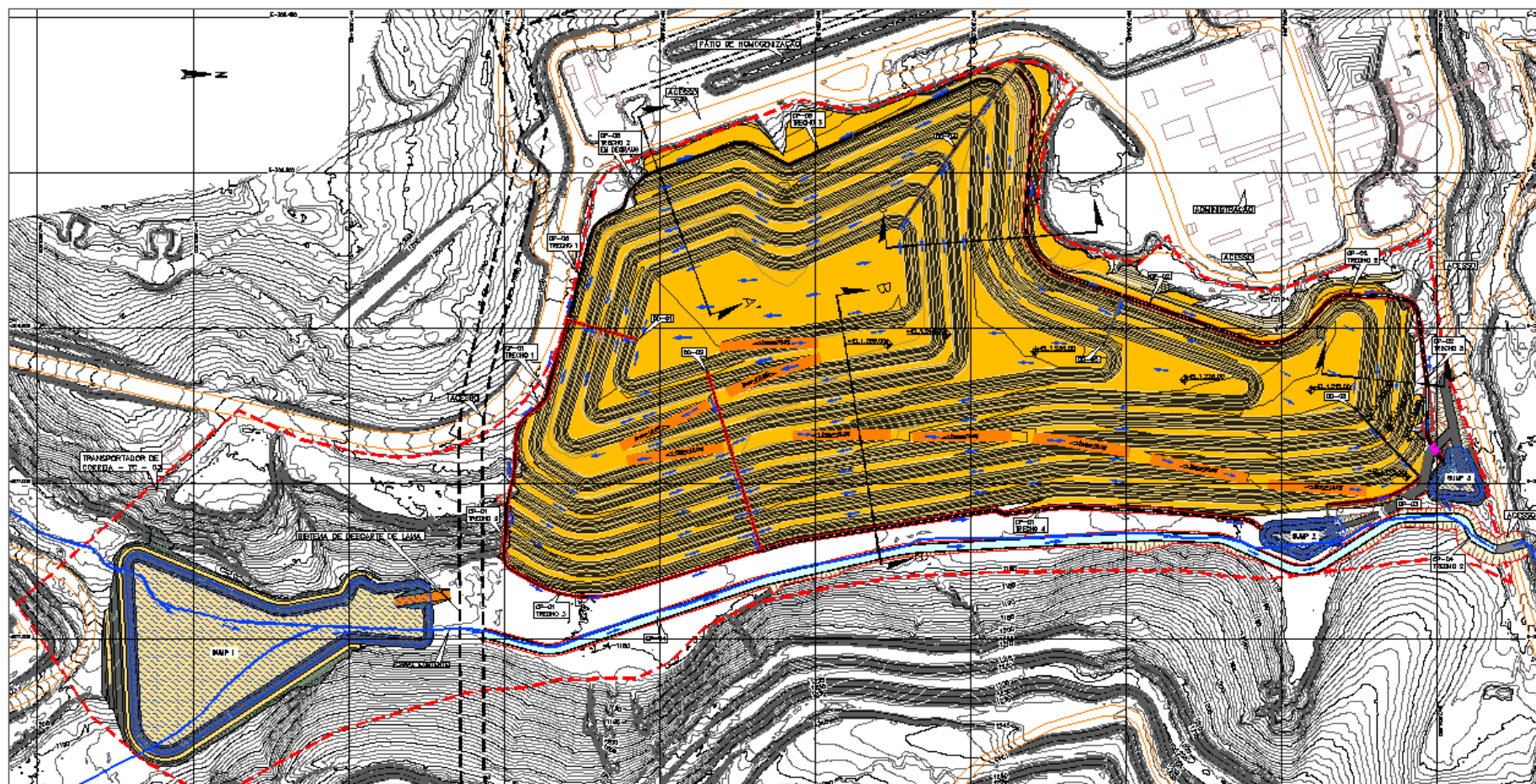




Figura 8.88 – Seções PDM-2 – Fase Final.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>109/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.4.2 Resultados das Análises de Estabilidade

Para as análises de estabilidade do projeto executivo serão utilizados parâmetros da magnetita obtidos por meio de projetos executados na barragem BR, localizada também no complexo de Tapira. Estes projetos apresentam ensaios de laboratório e em campo na magnetita.

Os parâmetros dos saprolito de xisto, saprolito de rocha intrusiva alcalina e solo residual de xisto foram estabelecidos a partir dos ensaios triaxiais realizados na campanha de 2021/2022, conforme mostrado no item 8.2.1.8.

Os parâmetros da fundação não mapeados durante a campanha de ensaios, foram estabelecidos tendo como referência os valores de  $N_{spt}$  e correlações trazidas pela literatura para obtenção dos parâmetros de resistência, balizada pela experiência do corpo técnico da Walm.

No entanto, após a execução da campanha complementar dos ensaios de laboratório da PDM-2, conforme proposto nas especificações técnicas elaboradas pela Walm em 2022, WA02821014-1-GT-ETC-0002 estes parâmetros podem ser revistos.



A campanha complementar de ensaios também visa mapear a extensão do colúvio incompetente em toda a área da pilha, além de maiores estudos no que tange a compressibilidade do colúvio resistente da fundação.

Ressalta-se que a premissa básica do projeto é que a estrutura tenha comportamento dilatante, sendo que está deverá ser garantida no momento da execução através do controle tecnológico de compactação realizado.

Para as análises de estabilidade deste relatório serão utilizados os parâmetros geotécnicos mostrados na Tabela 8-17.

Tabela 8-17 – Parâmetros de resistência.

Material	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)
Magnetita <sup>(1)</sup>	29	0	37
Colúvio Mole	18	2	19
Colúvio	19	5	23

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>110/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Material	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\phi'$ (°)
Solo Residual de Rocha Alcalina	21	10	24
Saprolito de Rocha Alcalina	20	10	28
Solo Residual de Xisto	19	23	29
Saprolito de Xisto	20	6	33
Xisto Alterado	20	-(2)	-(2)
Rocha Intrusiva Alcalina	20	-(2)	-(2)

(1) Parâmetro obtido conforme documento nº WA00821005-1-GT-RTE-0014 e WA00821005-1-GT-RTE-0015.

(2) Este material possui alta resistência, conforme campanha de investigação realizada, diferindo de forma significativa dos demais materiais da fundação. Desta maneira, não foram utilizados parâmetros de Mohr Coulomb.

#### 8.4.2.1 Escavações

Nesta seção serão apresentadas as análises de estabilidade para condição drenada durante a fase de escavação na fundação da PDM-2. É importante ressaltar que as escavações devem ser realizadas na condição não drenada, mantendo o nível freático a pelo menos 2,0 m da linha de escavação.

A Figura 8.89 apresenta a análise de estabilidade da escavação temporária com altura de 6,0 m e inclinação de talude 1,0V;3,0H em colúvio mole.

Já a Figura 8.90 apresenta a análise de estabilidade da escavação temporária com altura de 8,0 m e inclinação de talude 1,0V;3,0H em colúvio mole.

E A Figura 8.91 apresenta a análise de estabilidade da escavação temporária com altura de 10,0 m e inclinação de talude 1,0V;3,5H em colúvio mole.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

111/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

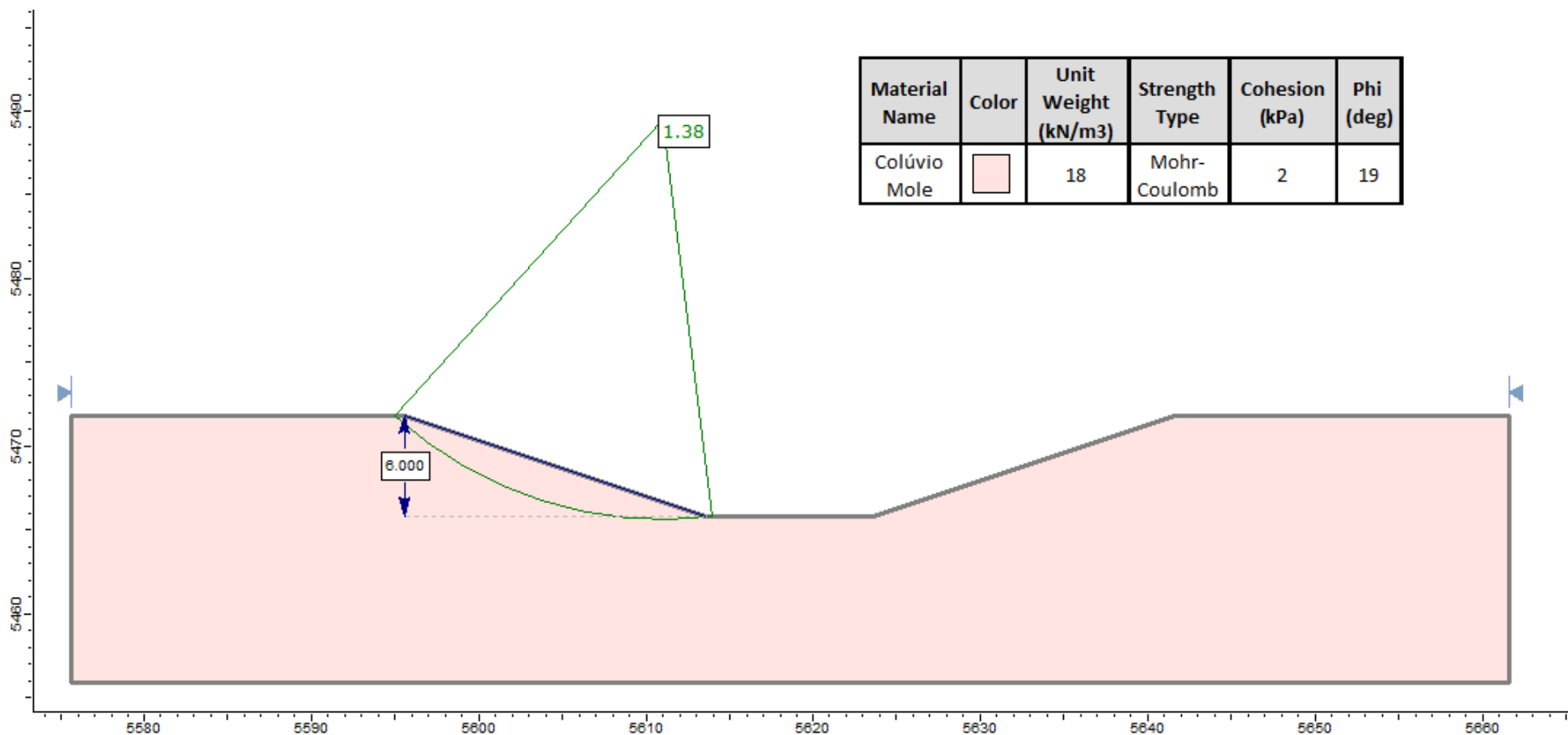


Figura 8.89 – Escavação temporária – Condição drenada – Talude 1,0V:3,0 H.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

112/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

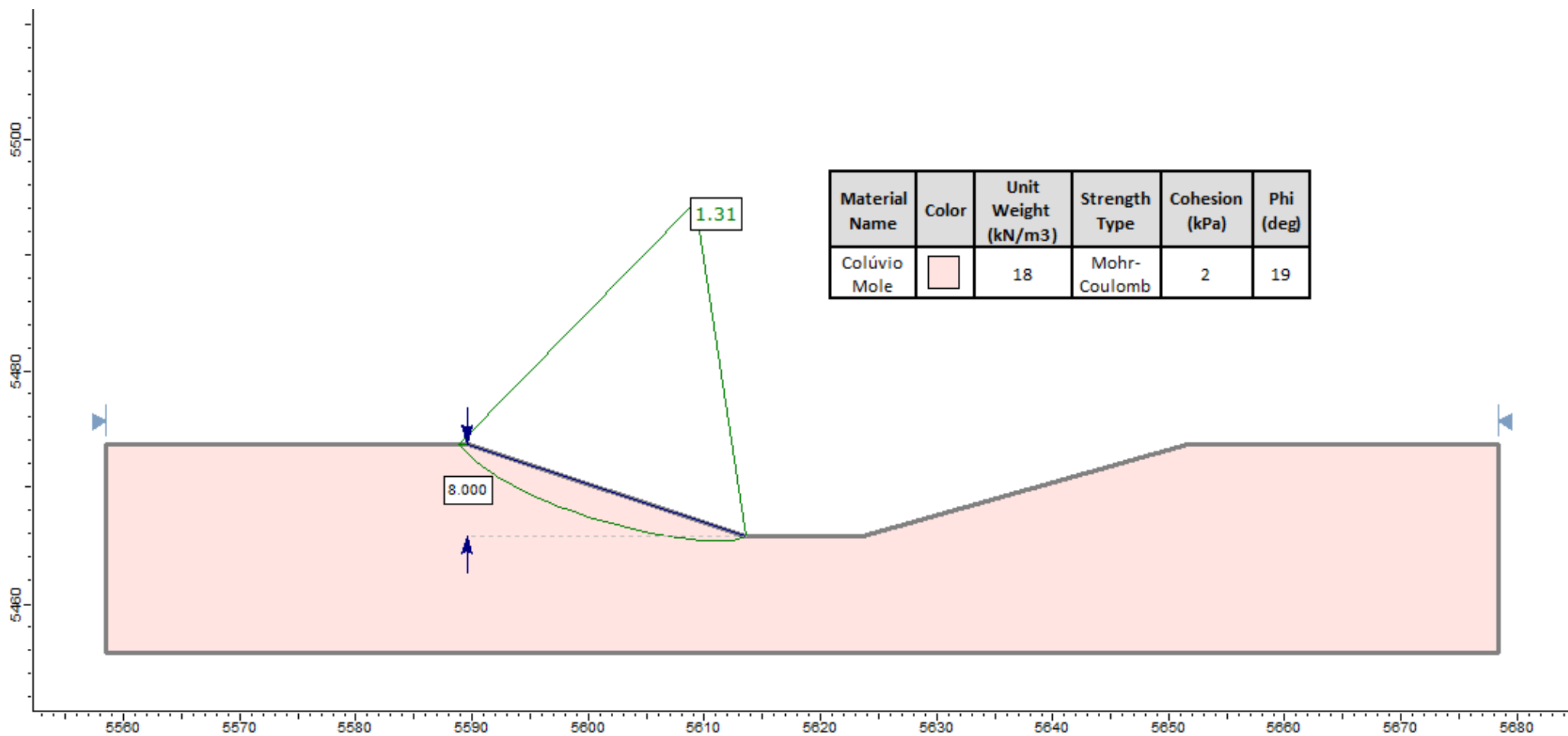


Figura 8.90 – Escavação temporária – Condição drenada – Talude 1,0V:3,0 H.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

113/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

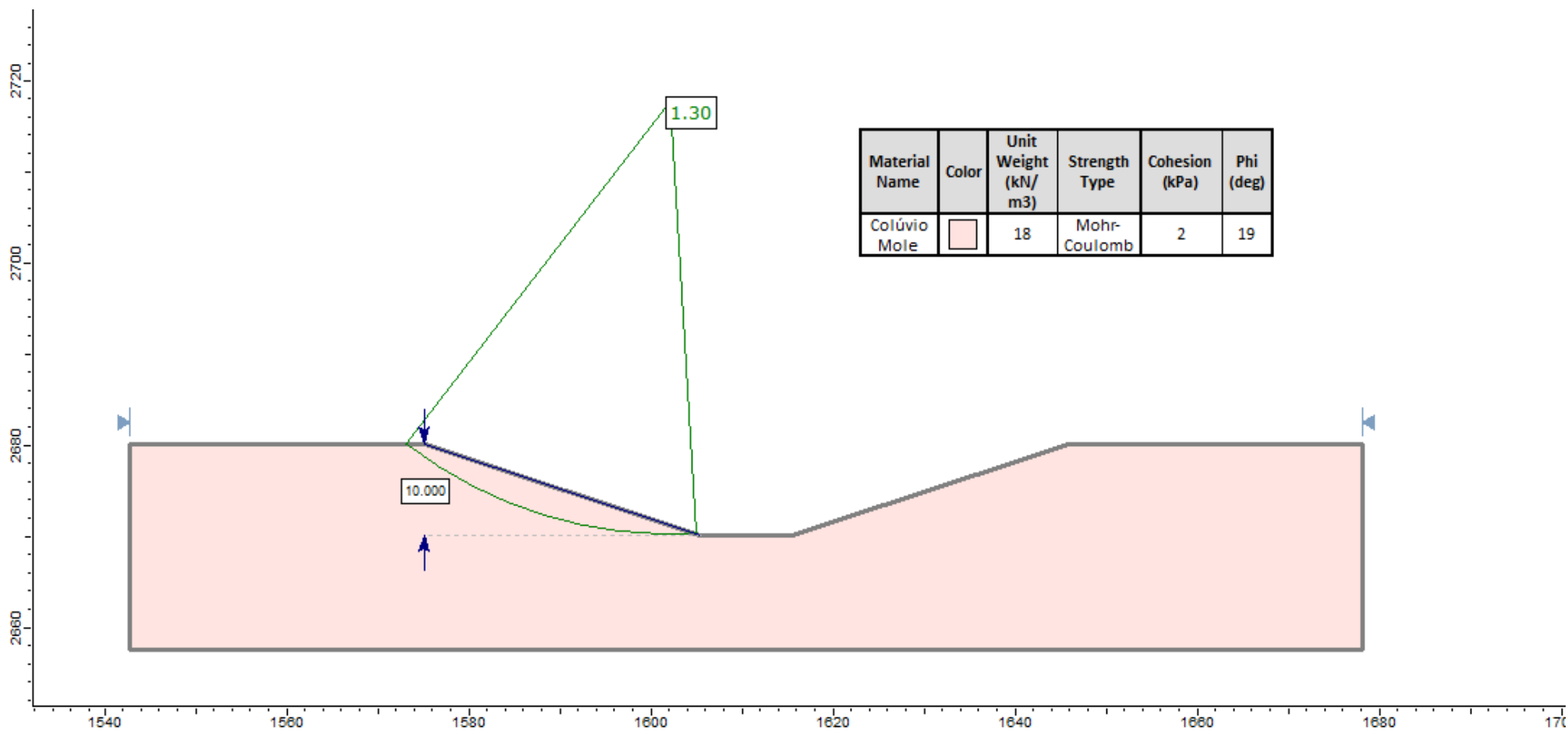




Figura 8.91 – Escavação temporária – Condição drenada – Talude 1,0V:3,5 H.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>114/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.4.2.2 Avaliação de Estabilidade da Estrutura – Condição Drenada

Nas figuras a seguir são apresentadas as análises de estabilidade para a condição drenada, considerando as condições críticas e normais para traçado manual da freática. Foram consideradas superfícies de ruptura circulares.

As Figura 8.92 a Figura 8.95 representam as análises das seções referentes à situação inicial da pilha. Já as Figura 8.96 a Figura 8.101 são referentes à condição final da pilha. Salienta-se que a seção D-D' se mantém a mesma nas condições inicial e final, portanto apresentou-se apenas uma análise para as duas condições nas Figura 8.102 e Figura 8.103.





**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**115/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

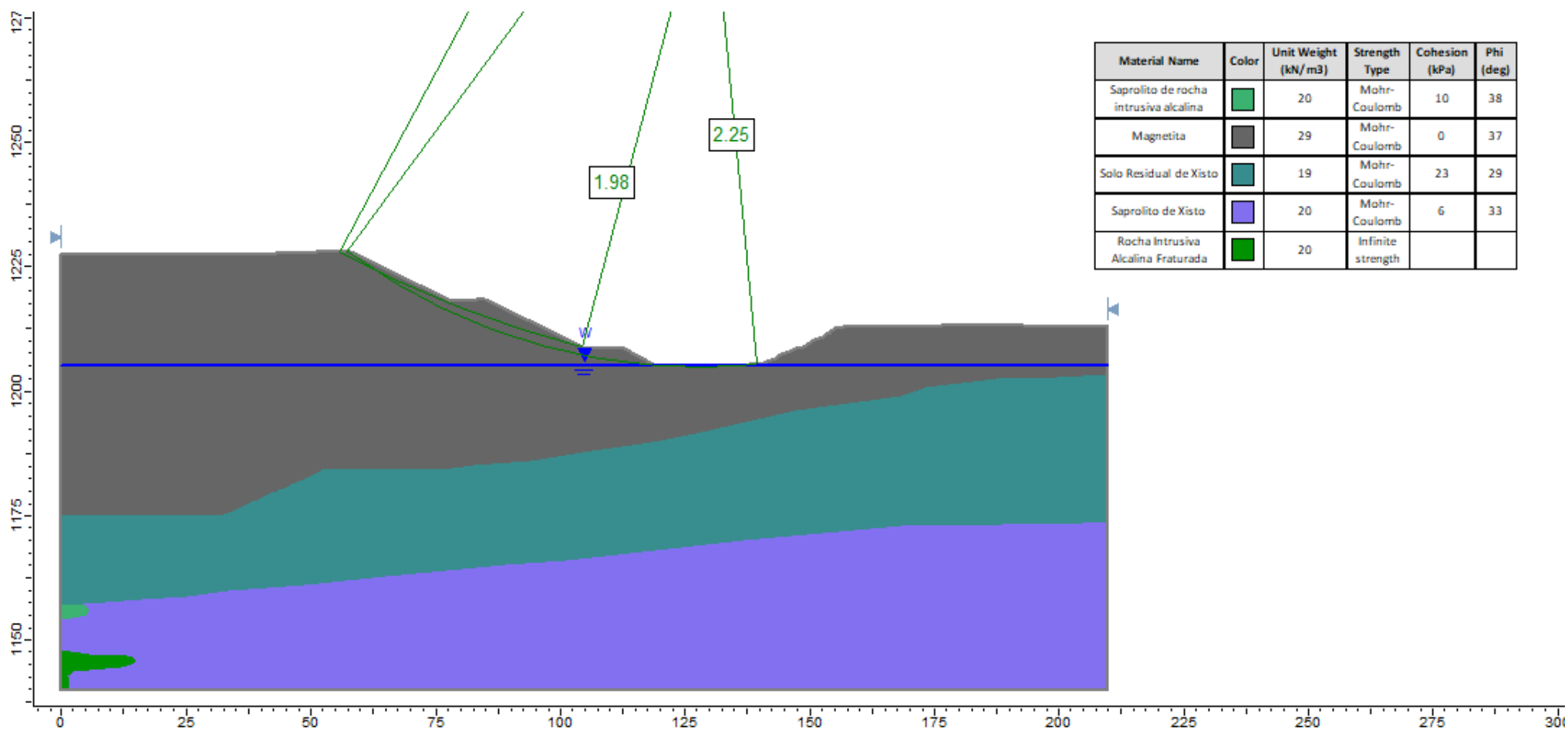


Figura 8.92 - Seção A-A' - Condição Inicial - Ruptura circular - Condição drenada - Condição normal



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**116/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

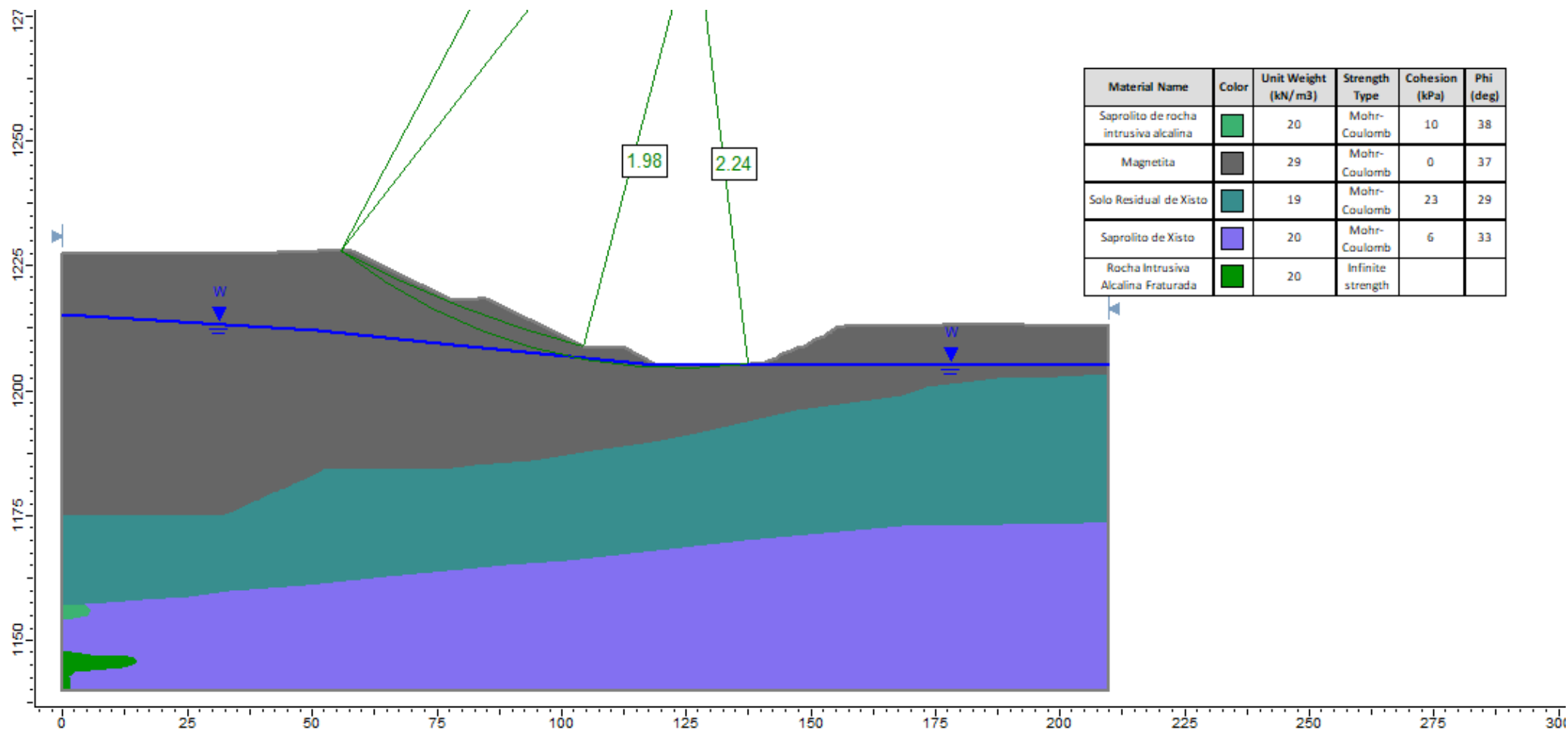


Figura 8.93 - Seção A-A' – Condição Inicial – Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**117/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

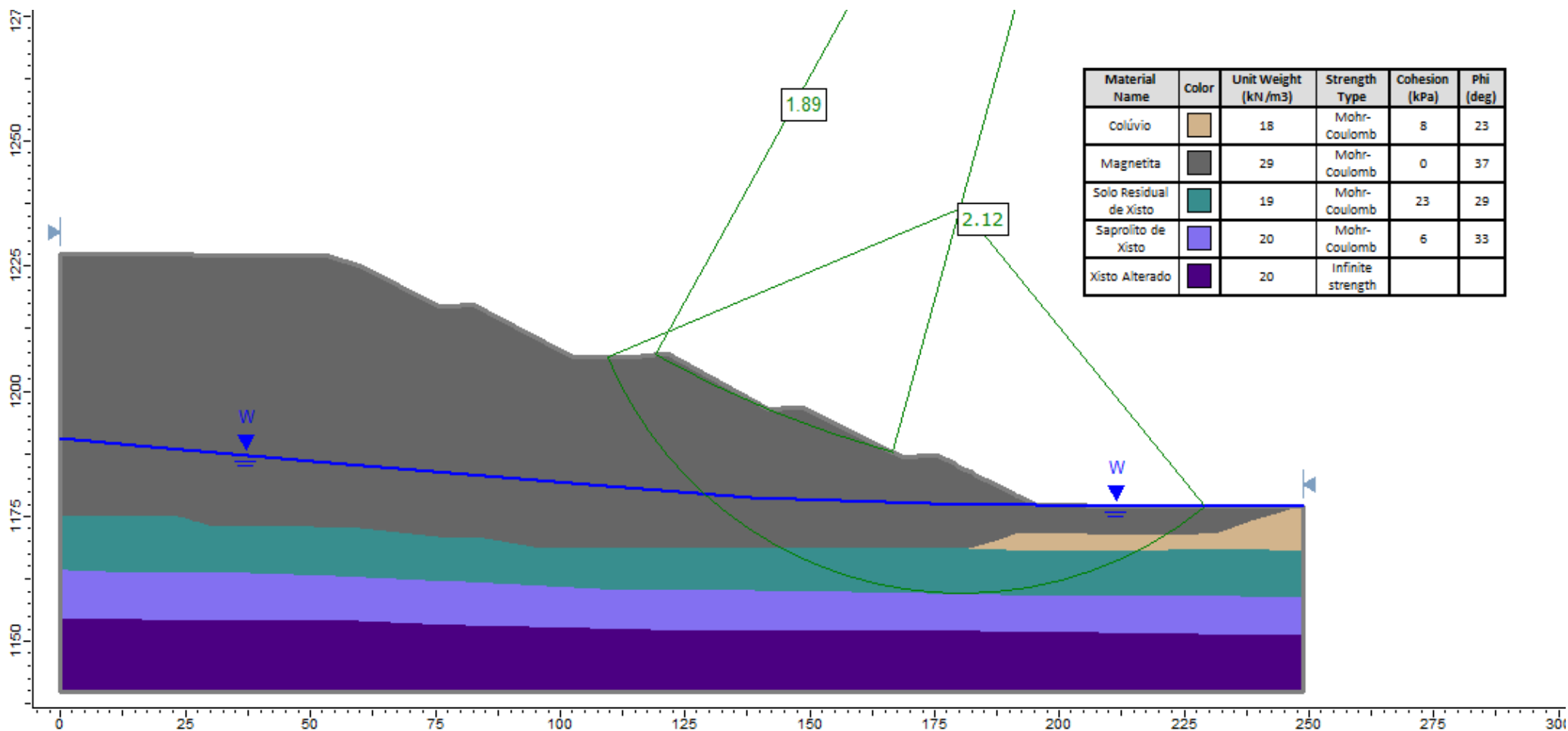


Figura 8.94 - Seção B-B' – Condição Inicial – Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**118/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

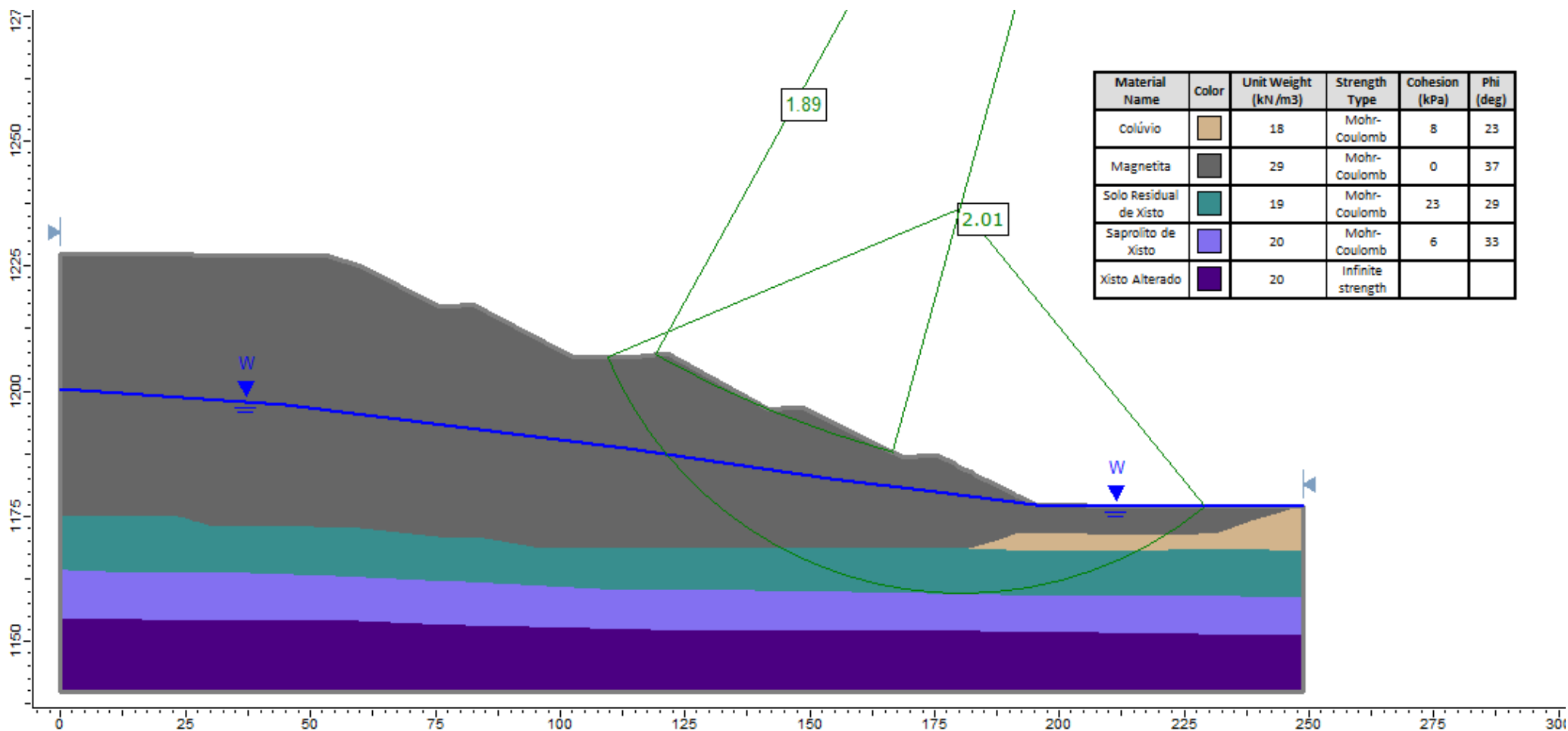


Figura 8.95 - Seção B-B' – Condição Inicial – Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**119/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

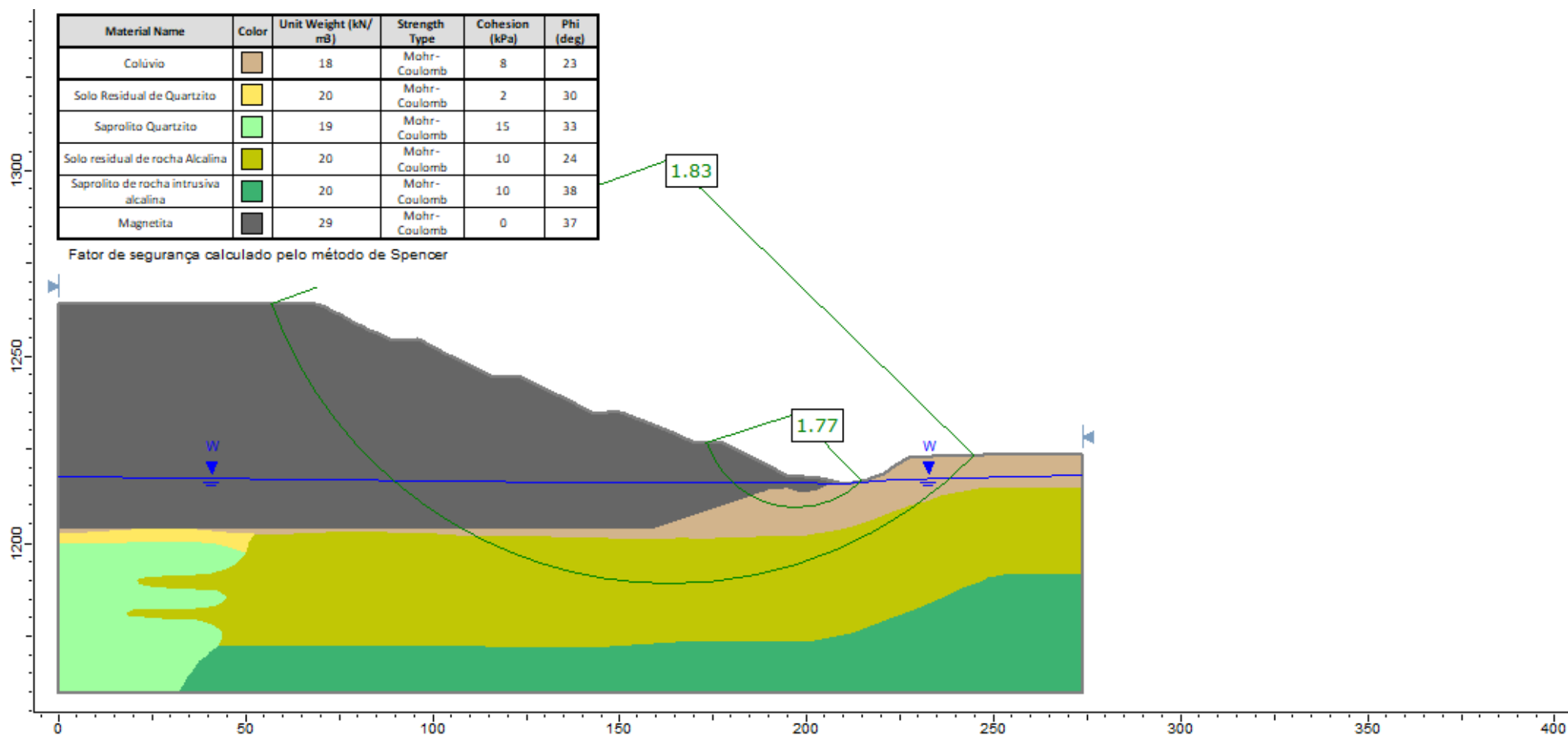


Figura 8.96 - Seção A-A' – Condição Final – Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**120/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

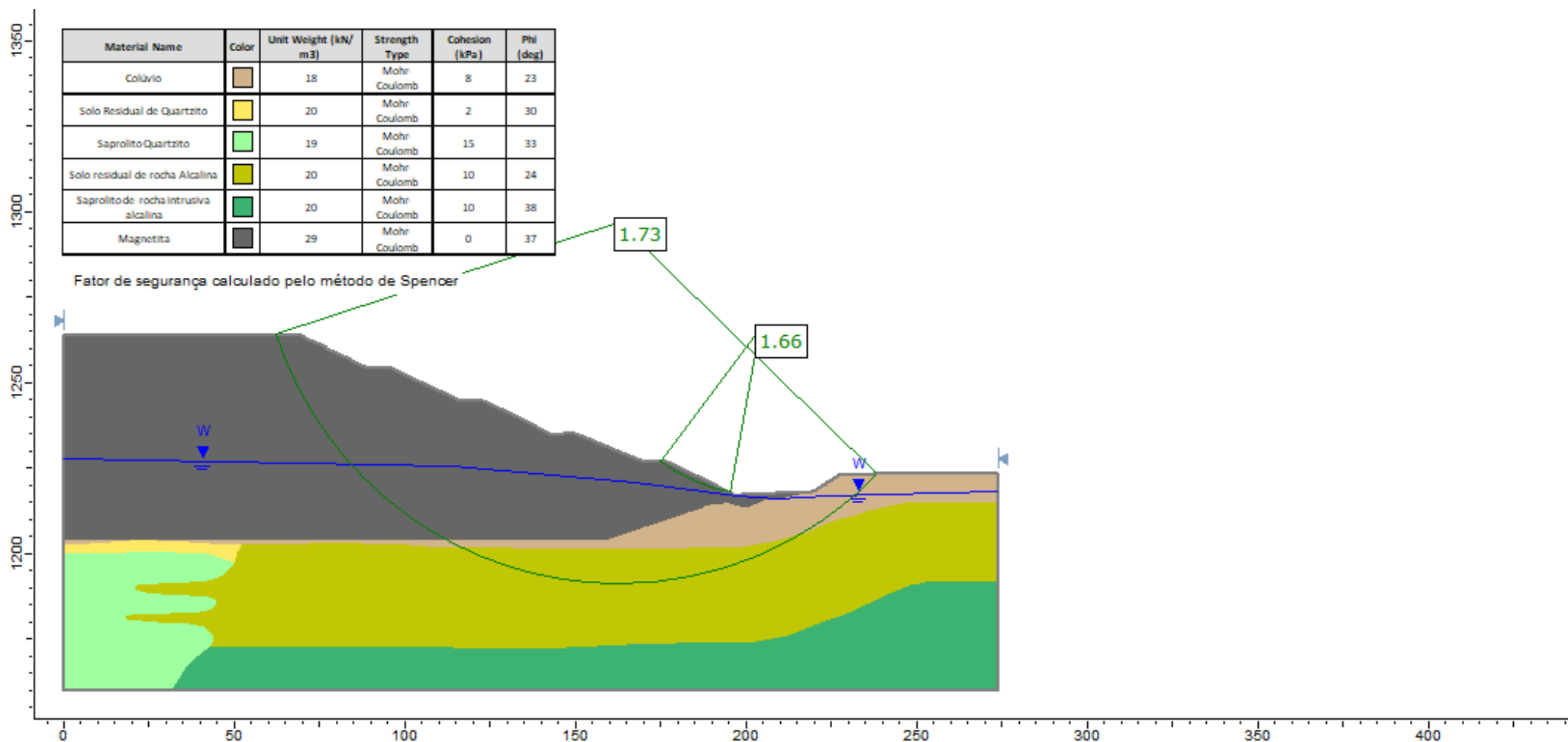


Figura 8.97 - Seção A-A' – Condição Final – Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**121/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

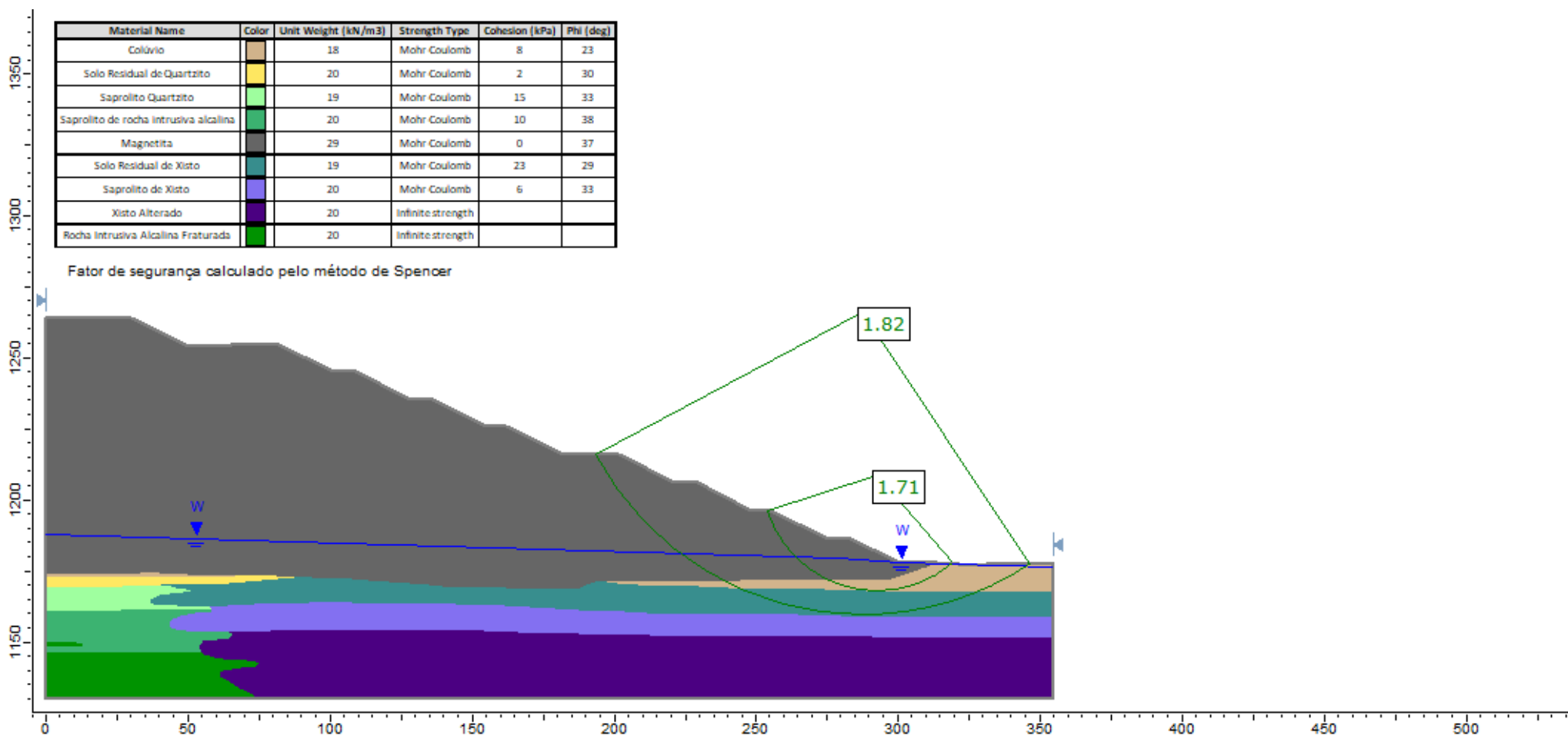


Figura 8.98 - Seção B-B' – Condição Final – Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**122/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
Colúvio		18	Mohr Coulomb	8	23
Solo Residual de Quartzito		20	Mohr Coulomb	2	30
Saprolito Quartzito		19	Mohr Coulomb	15	33
Saprolito de rocha intrusiva alcalina		20	Mohr Coulomb	10	38
Magnetita		29	Mohr Coulomb	0	37
Solo Residual de Xisto		19	Mohr Coulomb	23	29
Saprolito de Xisto		20	Mohr Coulomb	6	33
Xisto Alterado		20	Infinite strength		
Rocha Intrusiva Alcalina Fraturada		20	Infinite strength		

Fator de segurança calculado pelo método de Spencer

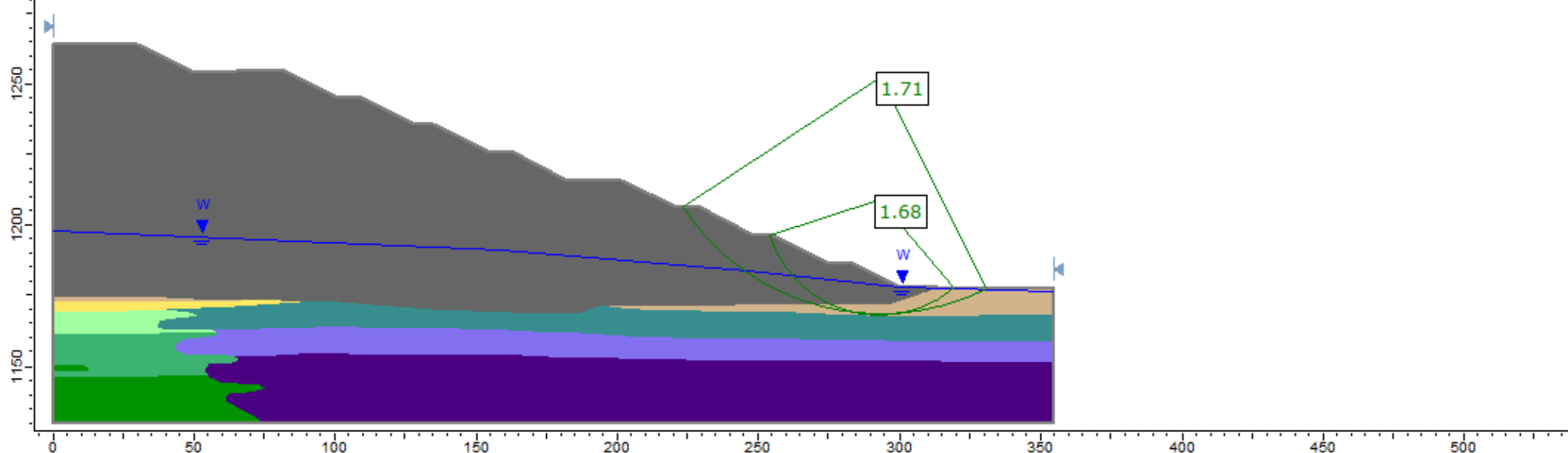


Figura 8.99 - Seção B-B' – Condição Final – Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.





**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**123/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

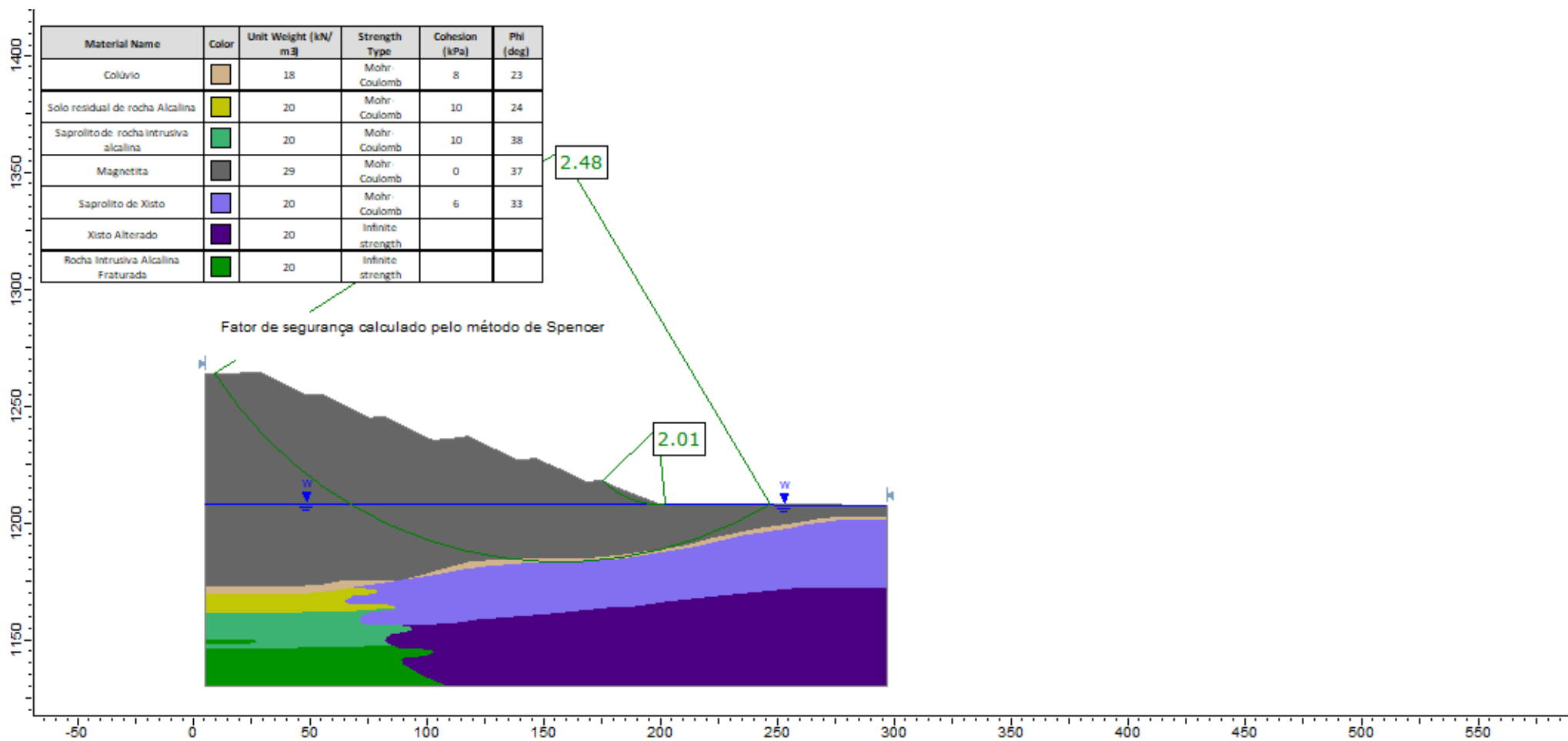


Figura 8.100 - Seção C-C' – Condição Final – Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**124/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

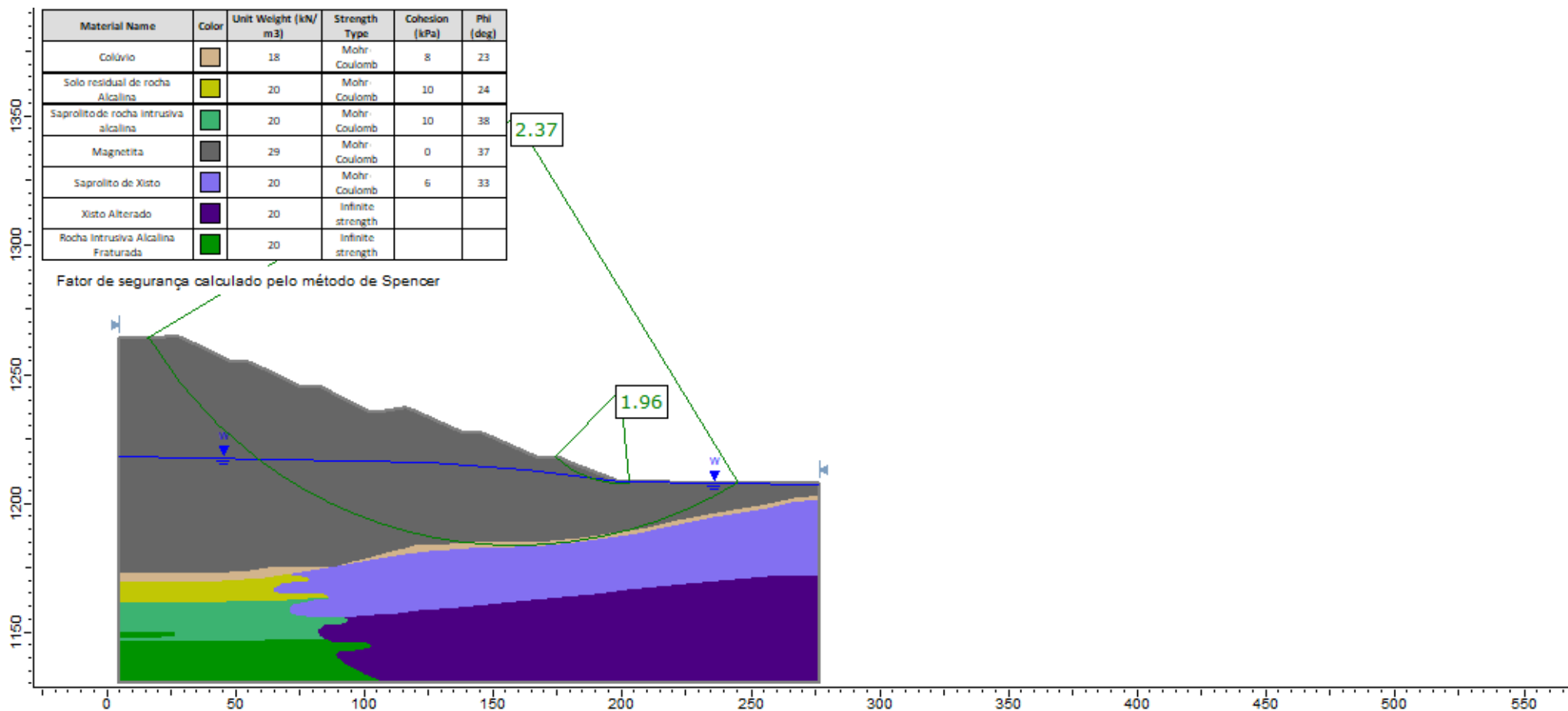


Figura 8.101 - Seção C-C' – Condição Final – Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**125/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

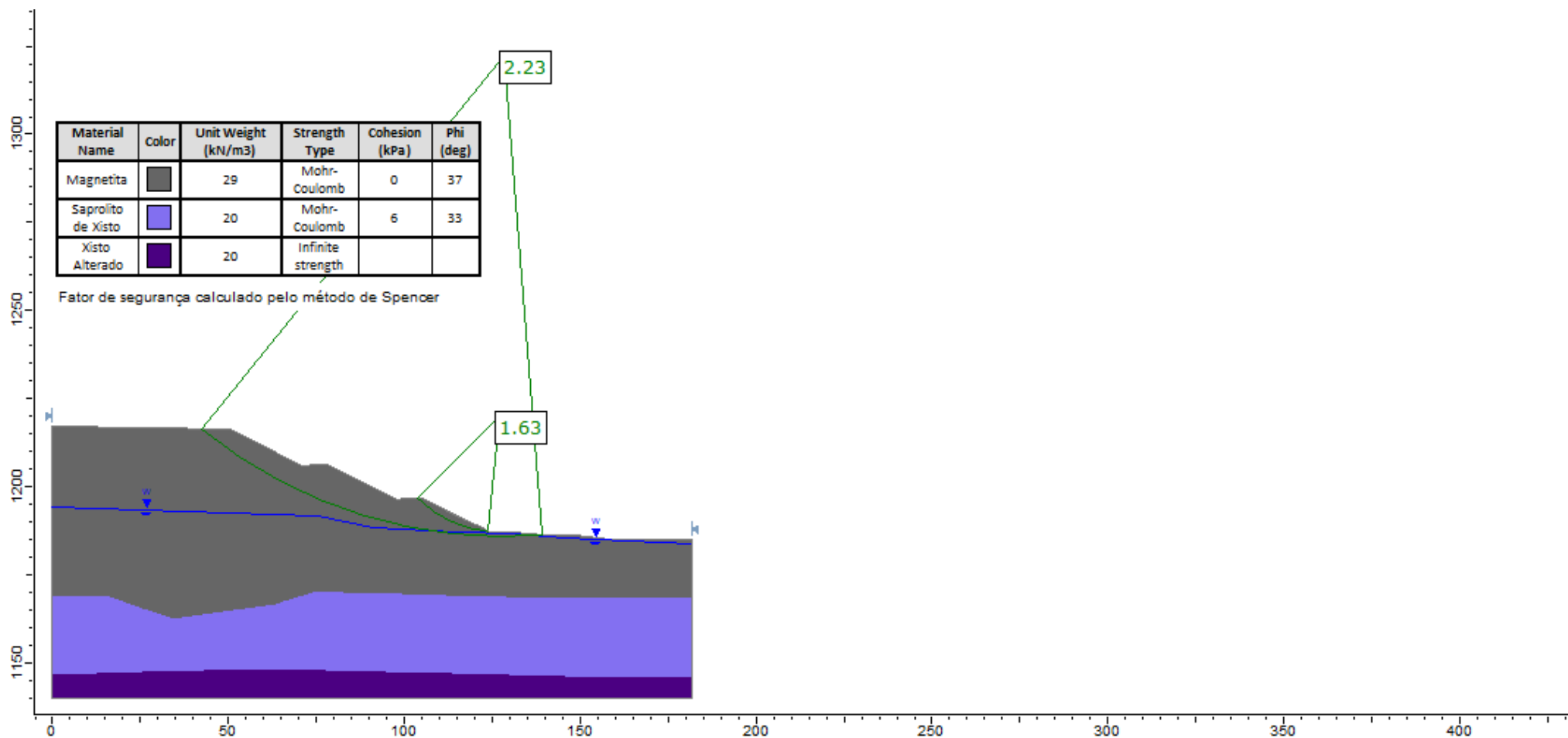


Figura 8.102 - Seção D-D' – Condição Inicial e Final – Ruptura circular – Condição drenada – Condição normal.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

126/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

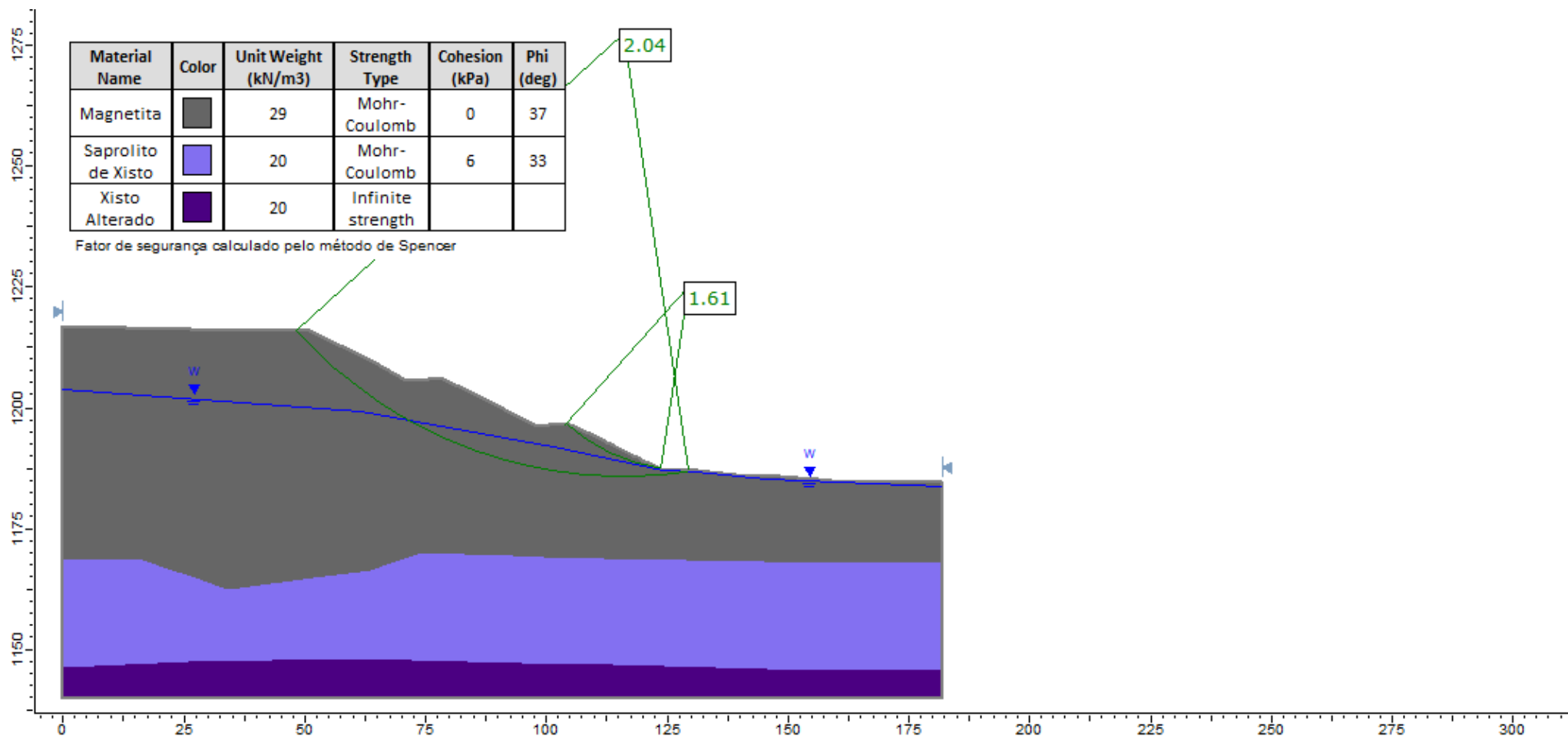




Figura 8.103 - Seção D-D' - Condição Inicial e Final - Ruptura circular - Condição drenada - Condição crítica.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>127/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.4.2.3 Avaliação de Estabilidade da Estrutura – Condição Pseudo Estática - Sismo Positivo

Nas figuras a seguir são apresentadas as análises de estabilidade para a condição drenada com solicitação sísmica positiva, considerando as condições normais e críticas para traçado da freática. Foram consideradas superfícies de ruptura circulares.

As Figura 8.104 a Figura 8.107 representam as análises nas seções referentes à situação inicial da pilha. Já as Figura 8.108 a Figura 8.113 são referentes à condição final da pilha. Salienta-se que a seção D-D' se mantém a mesma nas condições inicial e final, portanto apresentou-se apenas uma análise para as duas condições nas Figura 8.114 e Figura 8.115.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**128/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

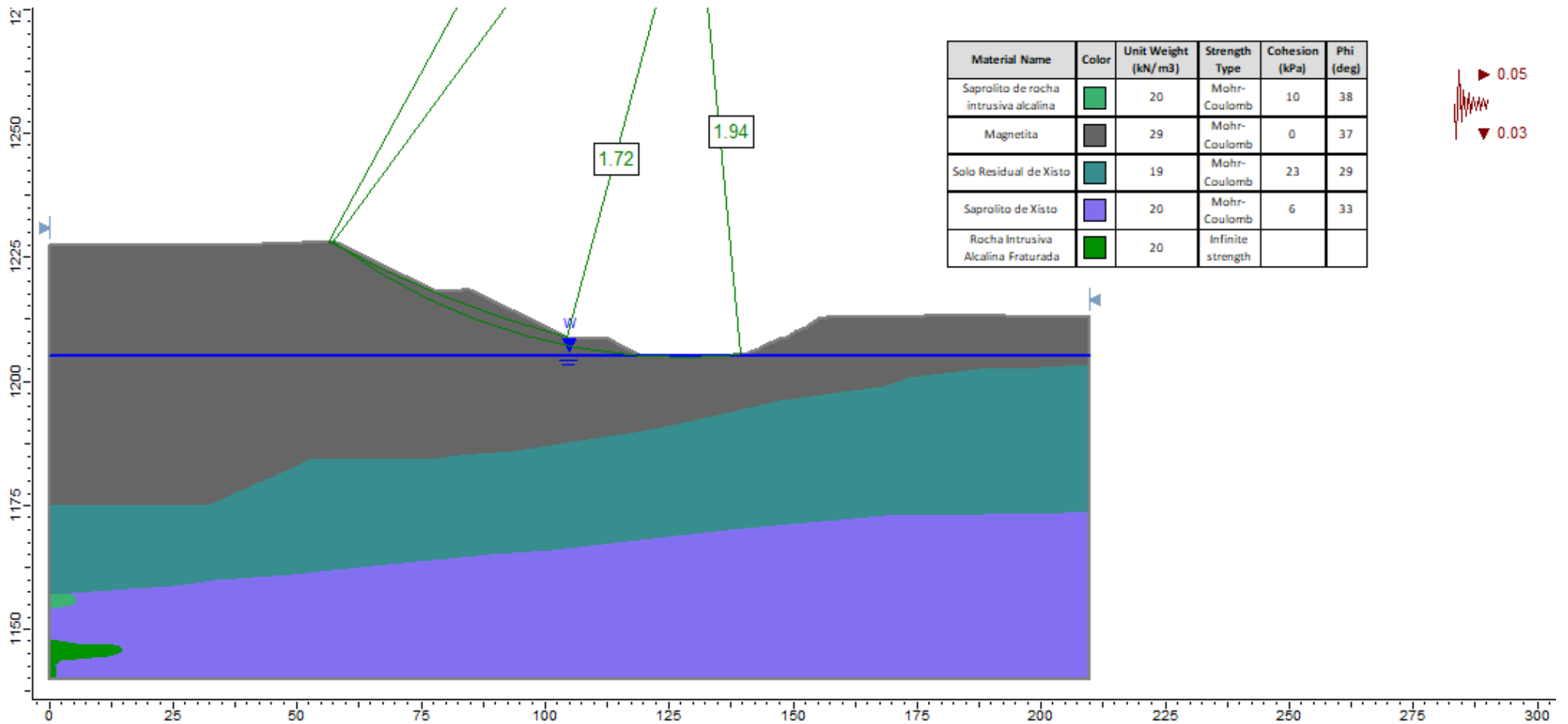


Figura 8.104 – Seção A-A' – Condição Inicial – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**129/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

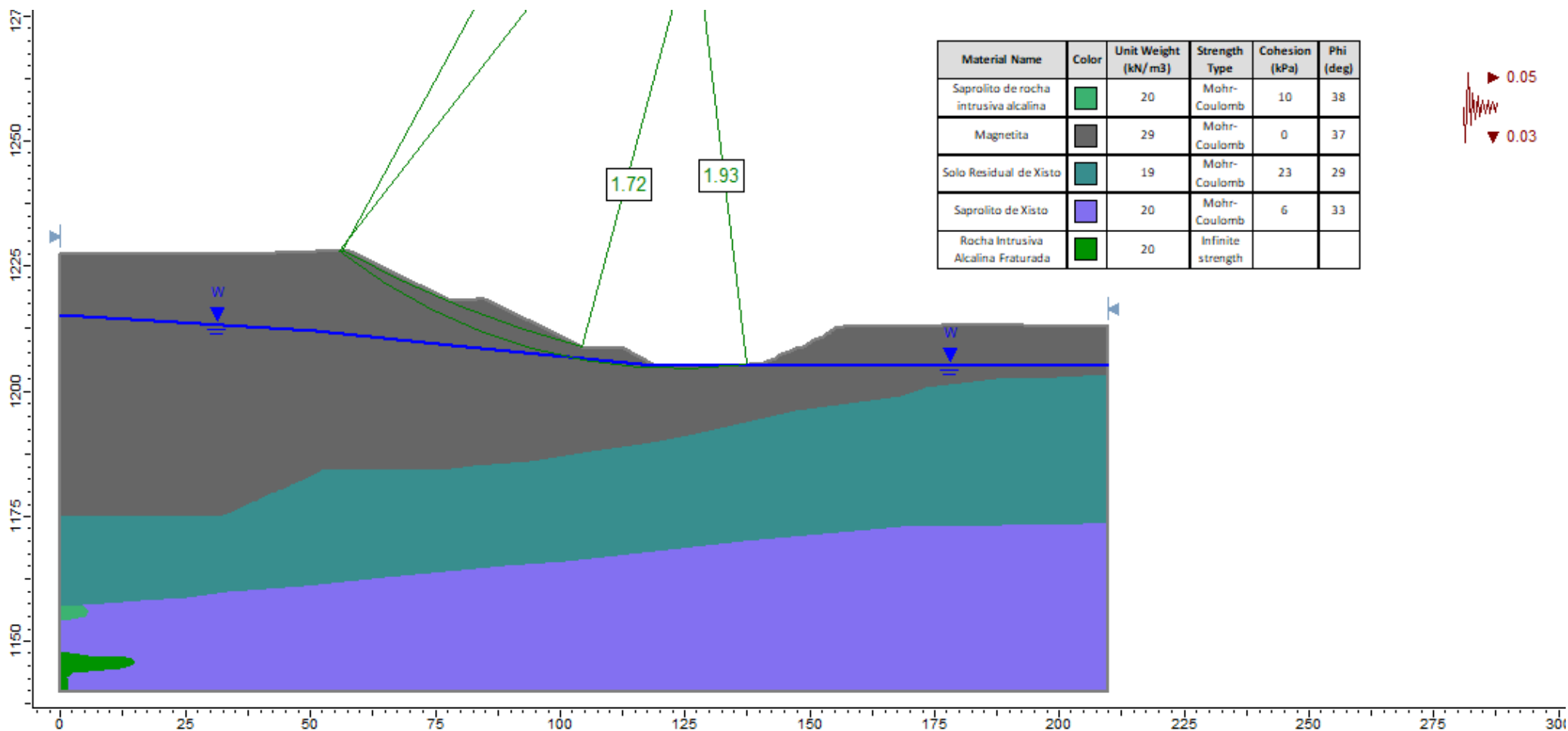


Figura 8.105 – Seção A-A' – Condição Inicial – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**130/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

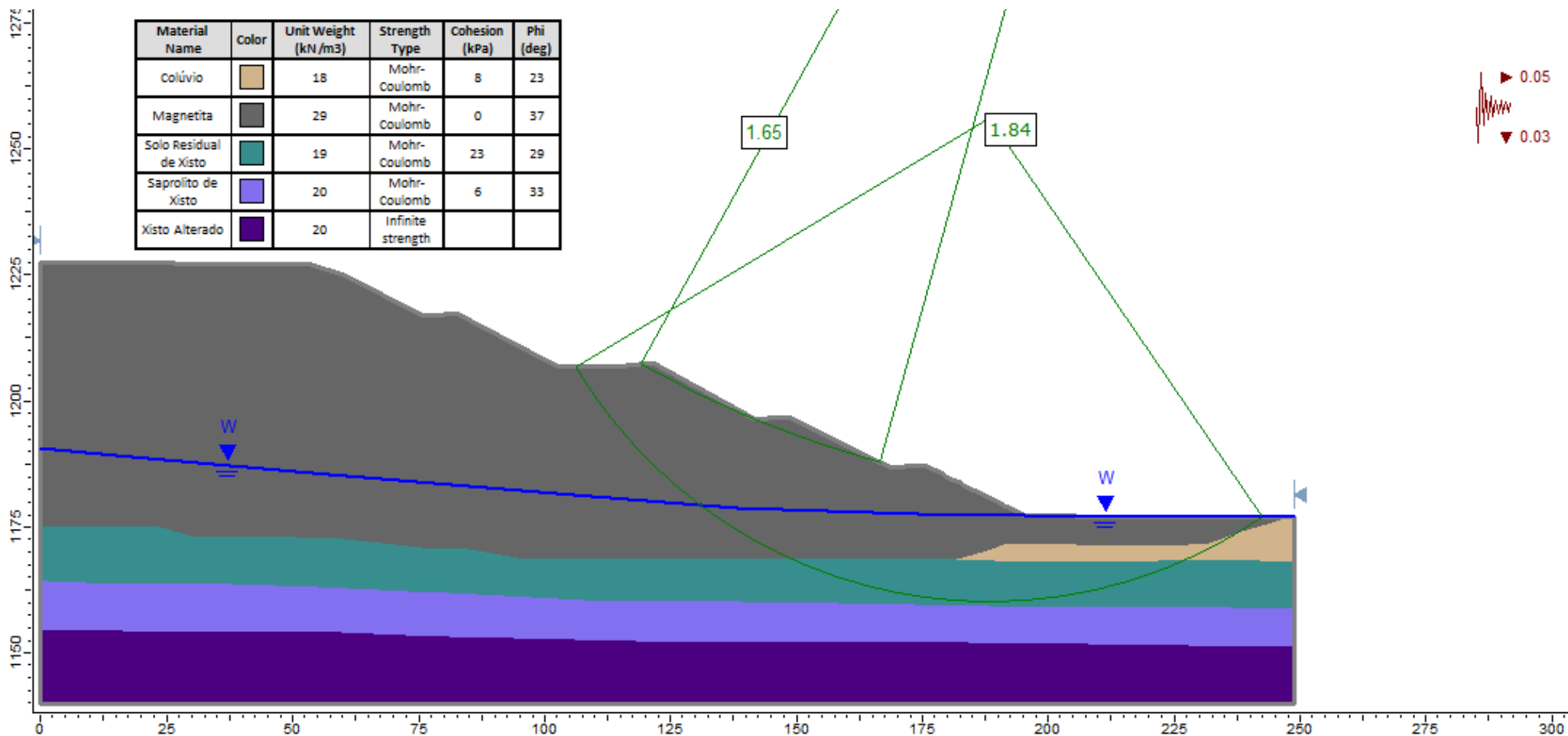


Figura 8.106 – Seção B-B' – Condição Inicial – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.





**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**131/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

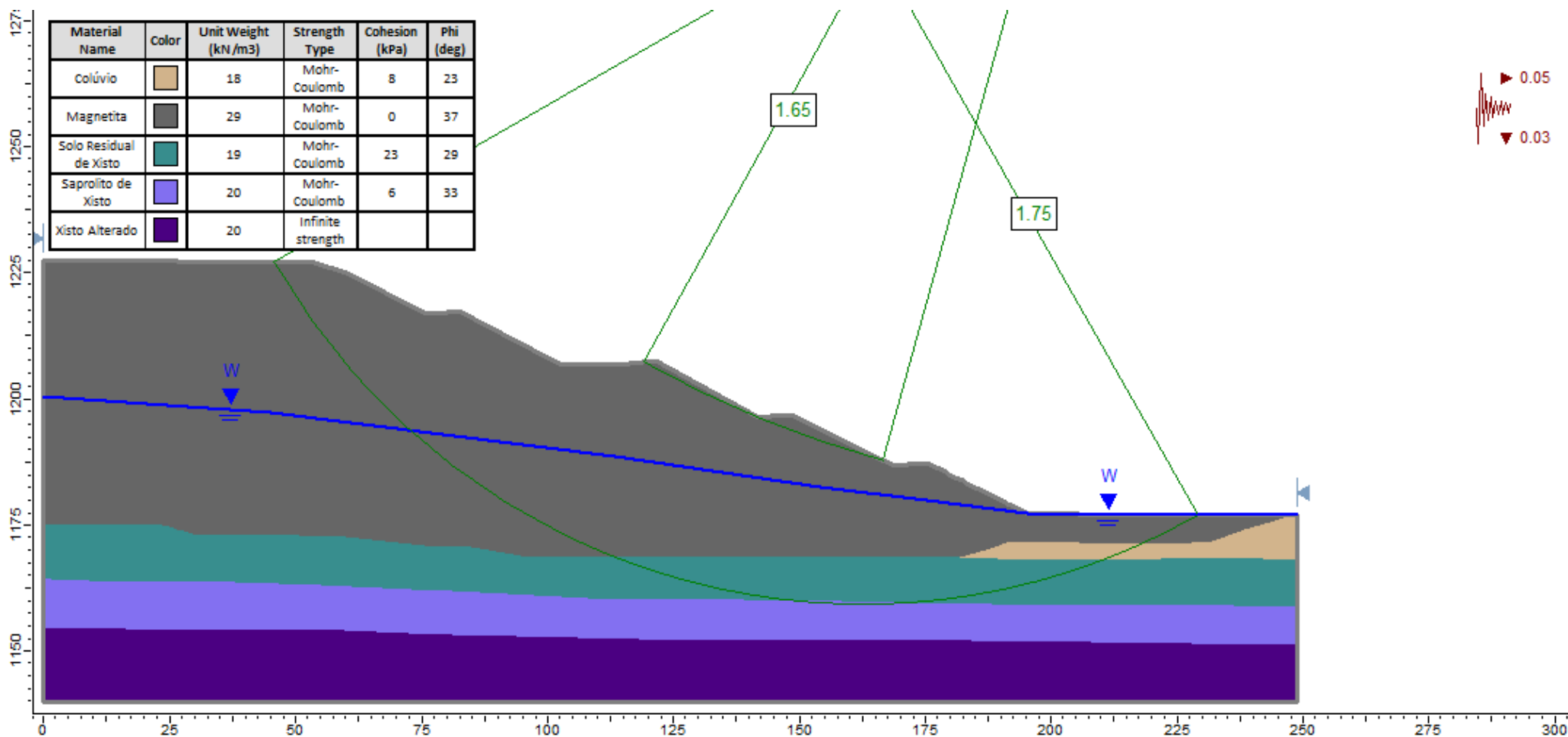


Figura 8.107 – Seção B-B' – Condição Inicial – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

**PROJETO DETALHADO**  
**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**  
**PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2**  
**RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**132/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

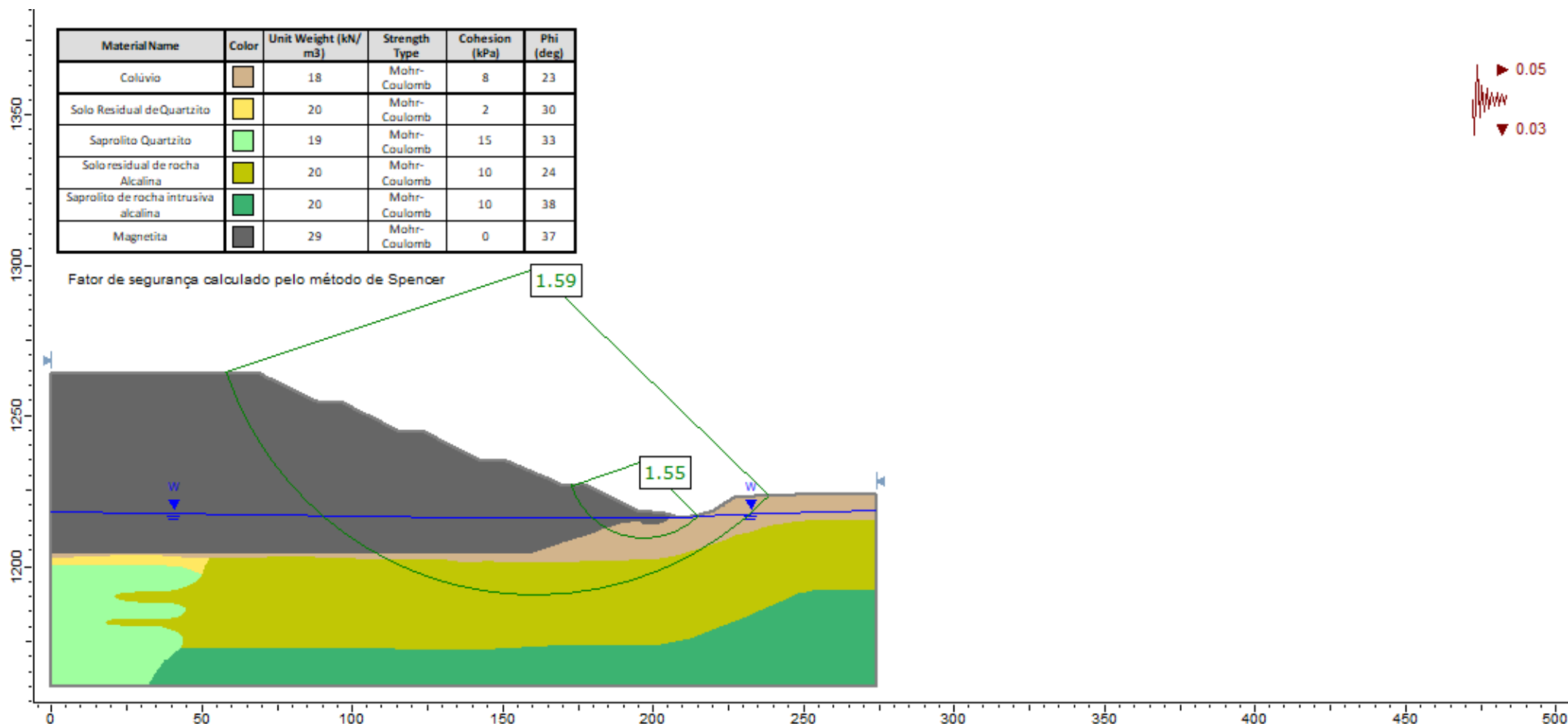


Figura 8.108 – Seção A-A' – Condição Final – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**133/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

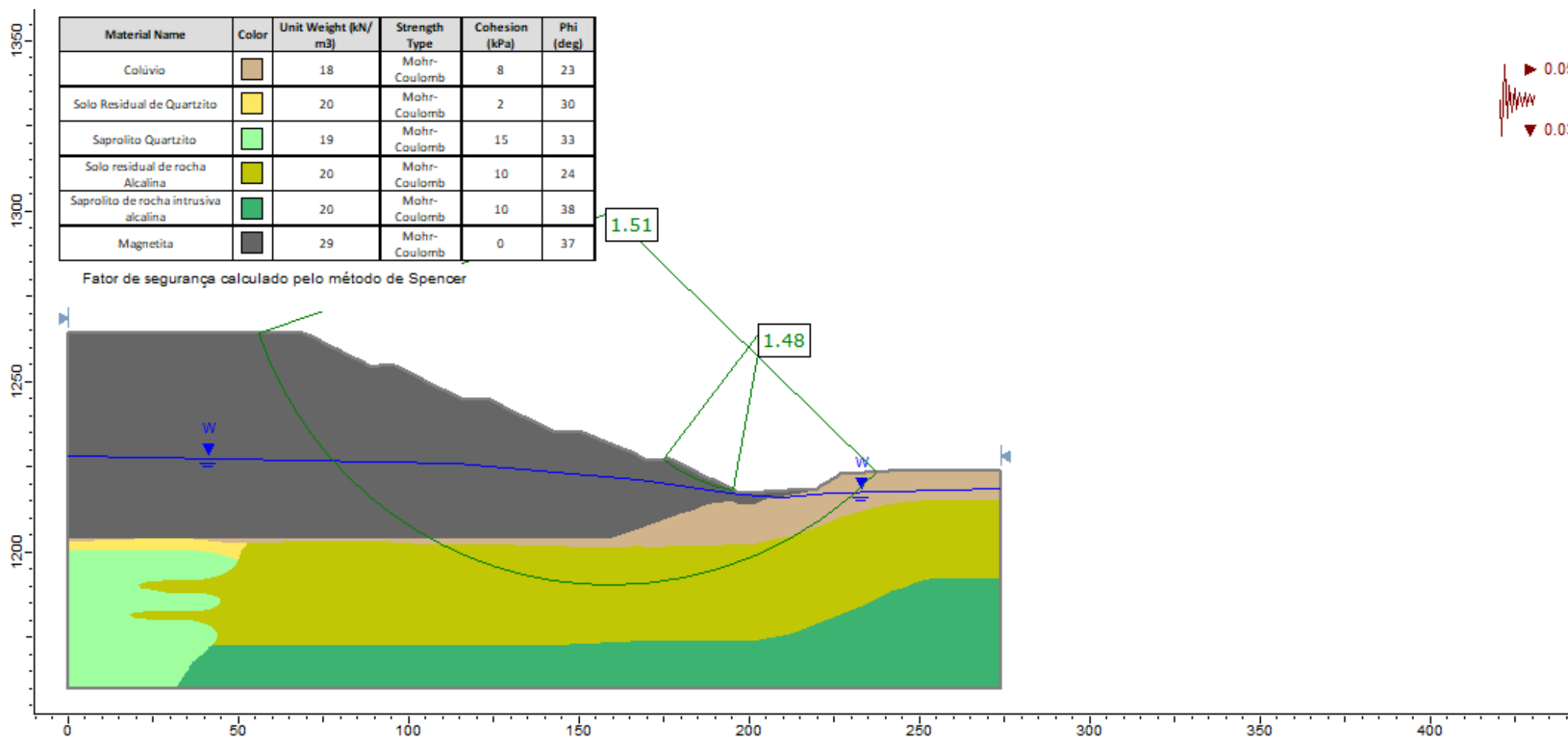


Figura 8.109 – Seção A-A' – Condição Final – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**134/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

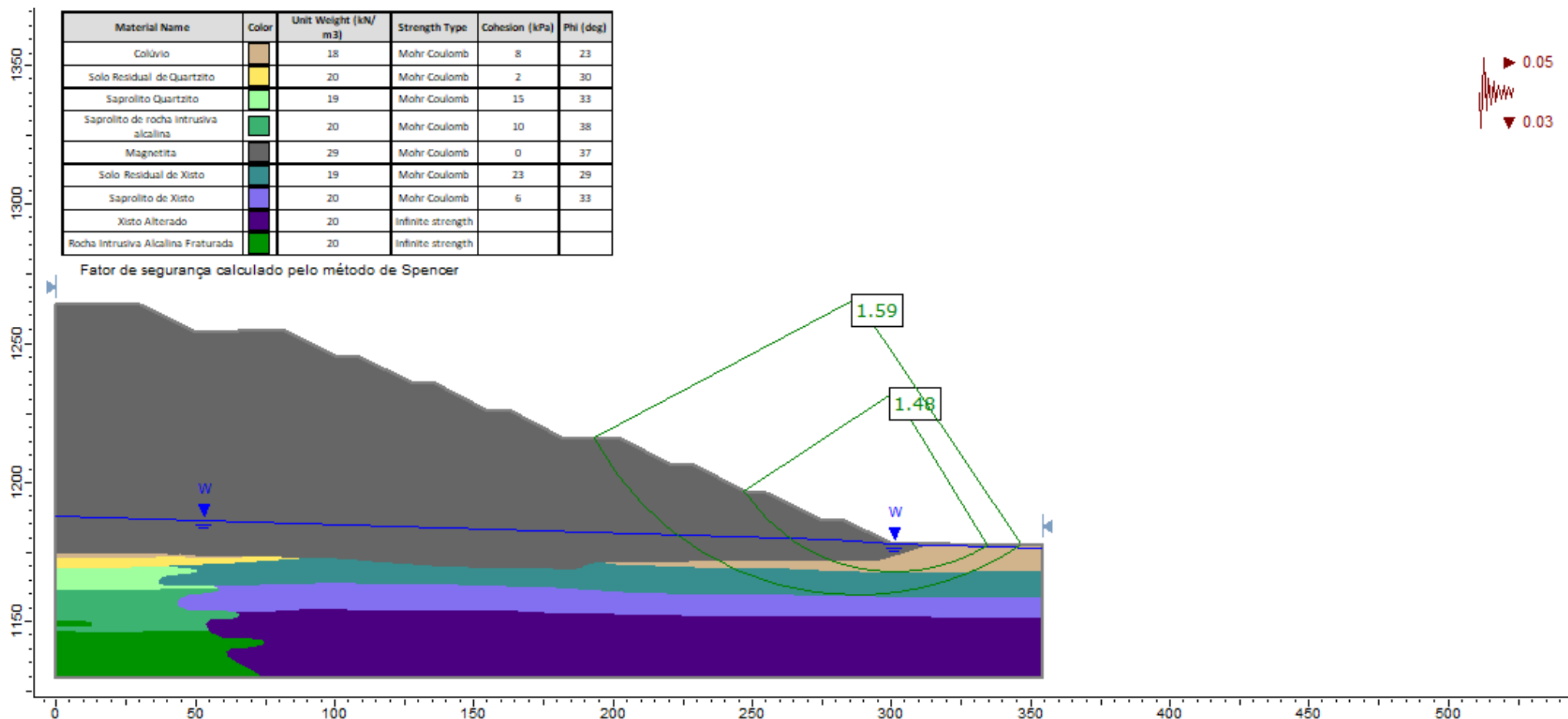


Figura 8.110 – Seção B-B' – Condição Final – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

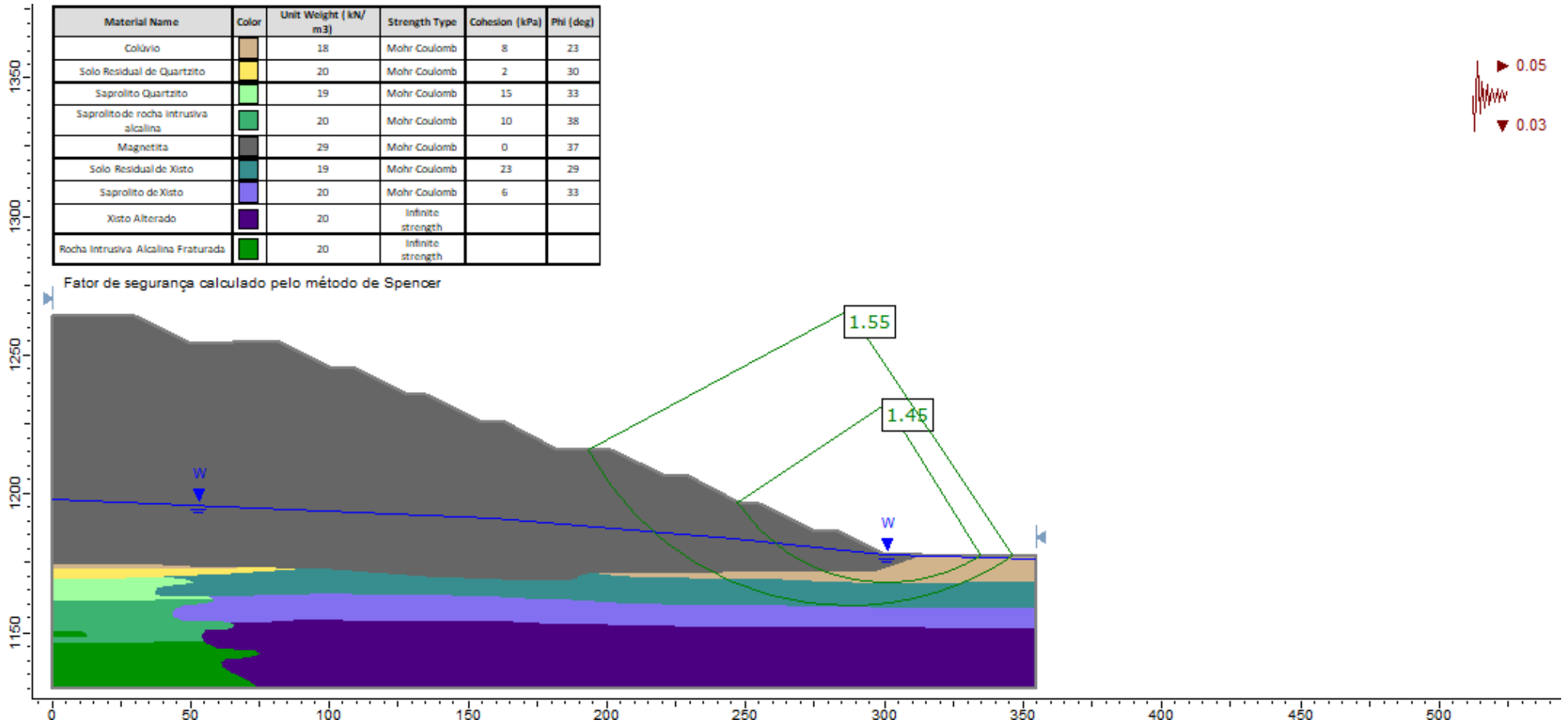
**135/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**136/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

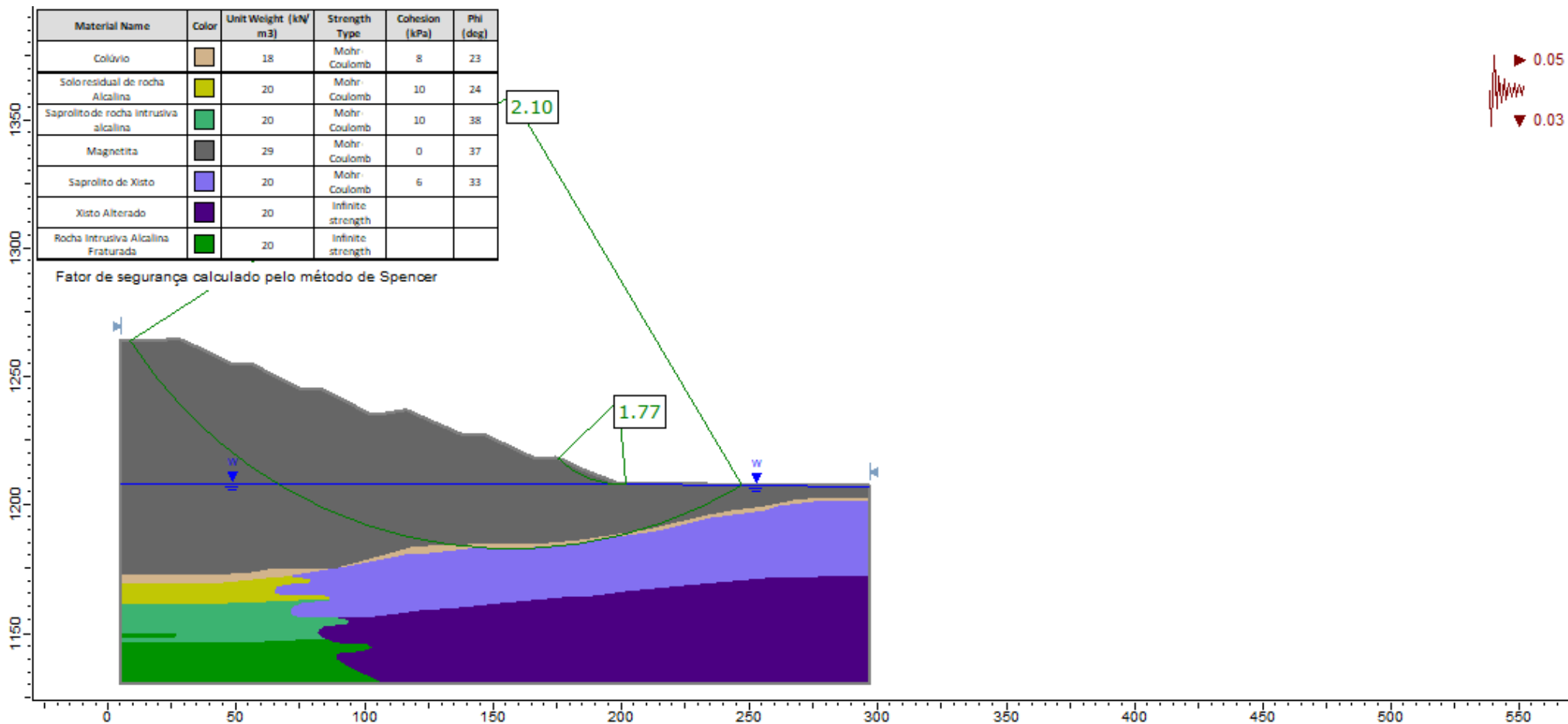


Figura 8.112 – Seção C-C' – Condição Final – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**137/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

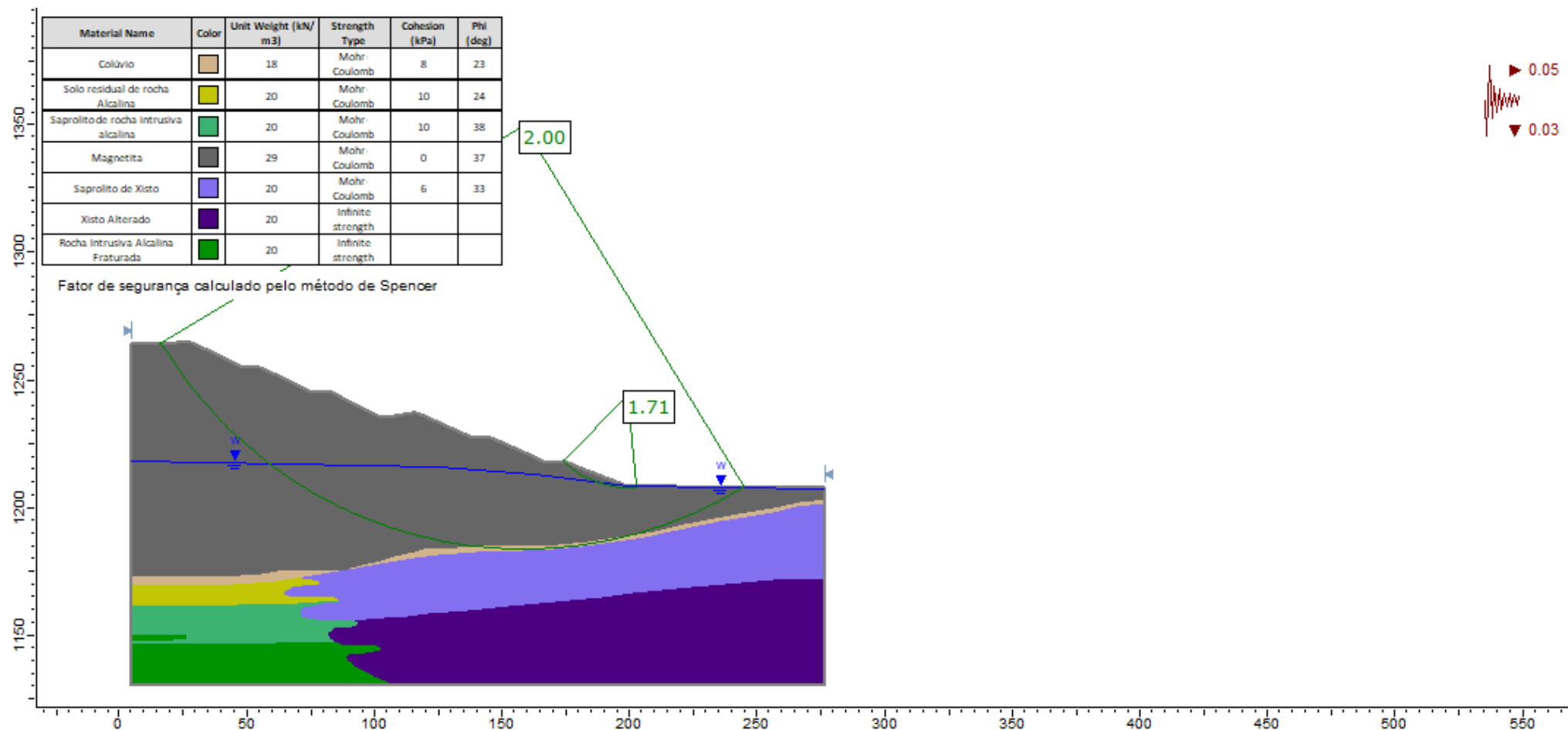


Figura 8.113 – Seção C-C' – Condição Final – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**138/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

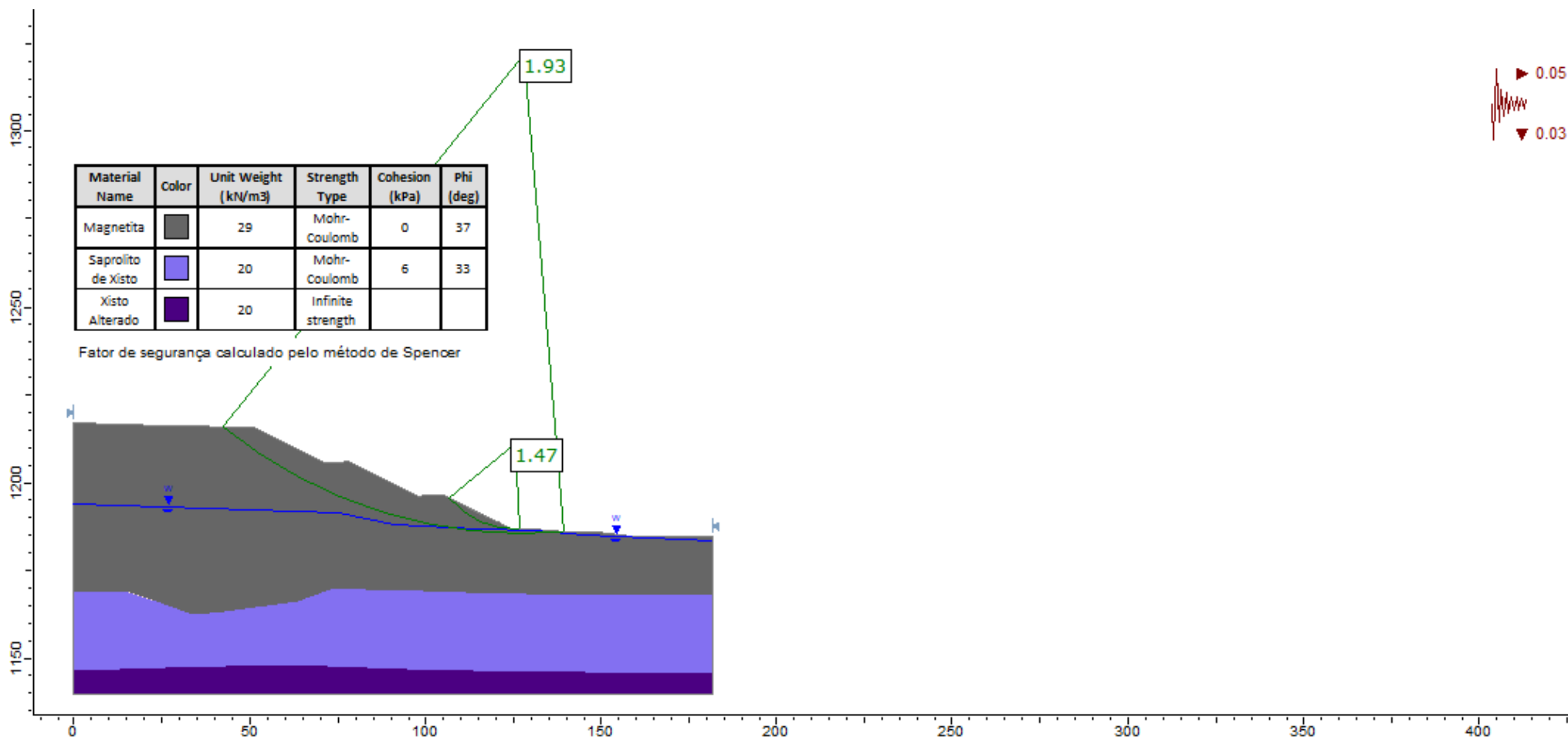


Figura 8.114 – Seção D-D' – Condição Inicial e Final – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.





**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**139/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

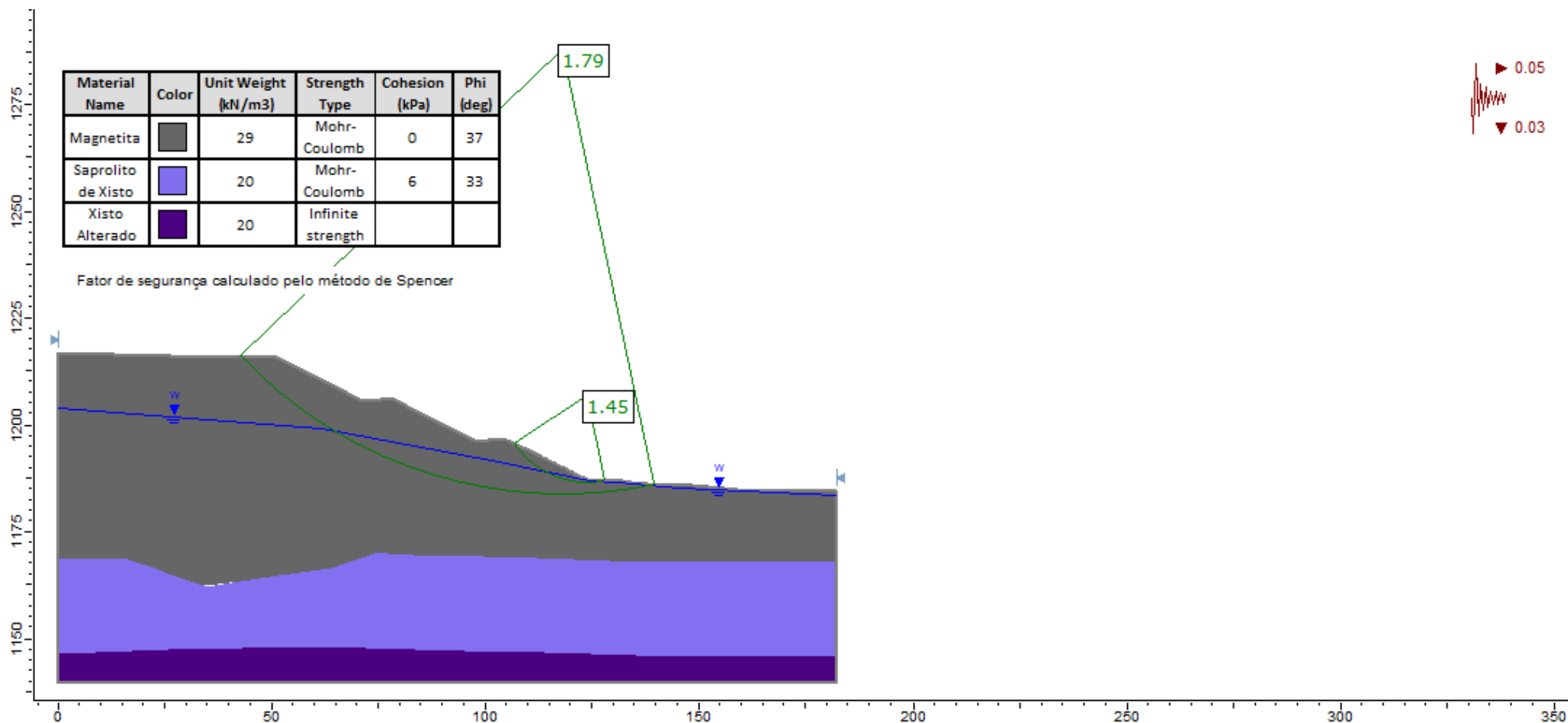




Figura 8.115 – Seção D-D' – Condição Inicial e Final – Sismo Positivo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>140/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.4.2.4 Avaliação de Estabilidade da Estrutura – Condição Pseudo Estática - Sismo Negativo

Nas figuras a seguir são apresentadas as análises de estabilidade para a condição drenada com solitação sísmica negativa, considerando as condições normais e críticas para traçado da freática. Foram consideradas superfícies de ruptura circulares.

As Figura 8.116 a Figura 8.119 representam as análises nas seções referentes à situação inicial da pilha. Já as Figura 8.120 a Figura 8.125 são referentes à condição final da pilha. Salienta-se que a seção D-D' se mantém a mesma nas condições inicial e final, portanto apresentou-se apenas uma análise para as duas condições nas Figura 8.126 e Figura 8.127.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**141/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

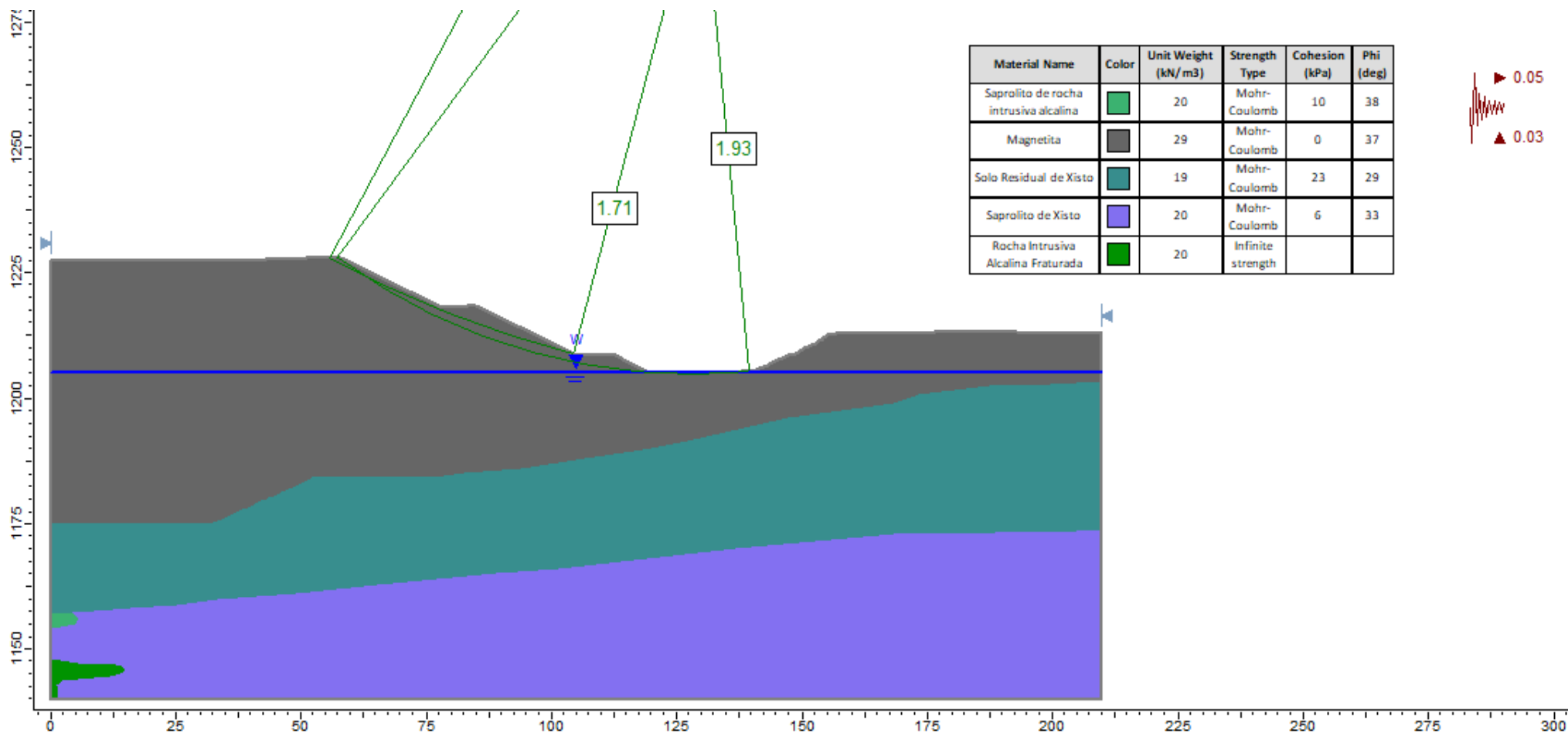


Figura 8.116 – Seção A-A' – Condição Inicial – Sismo Negativo – Ruptura circular – Condição drenada – Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**142/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

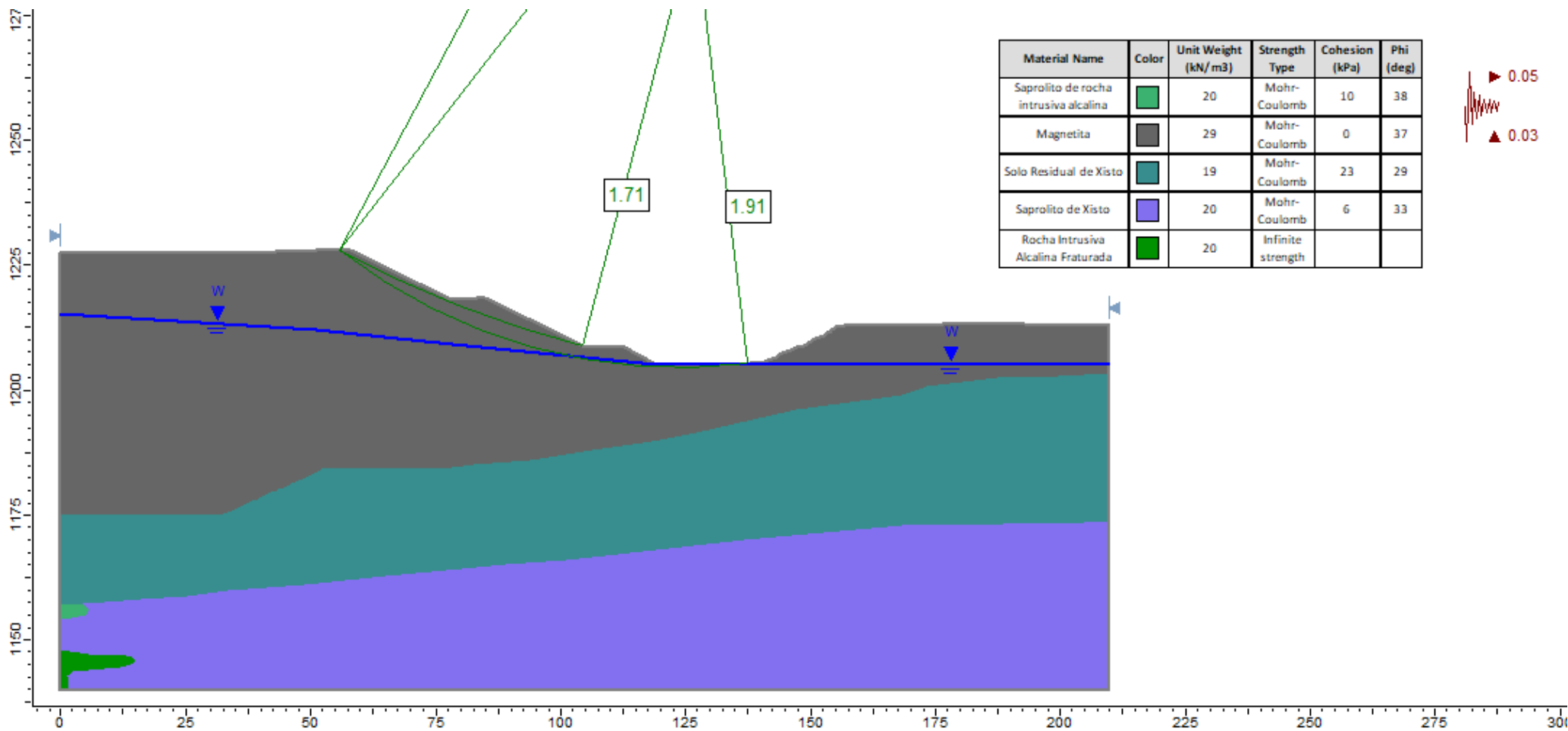


Figura 8.117 – Seção A-A' – Condição Inicial – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**143/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

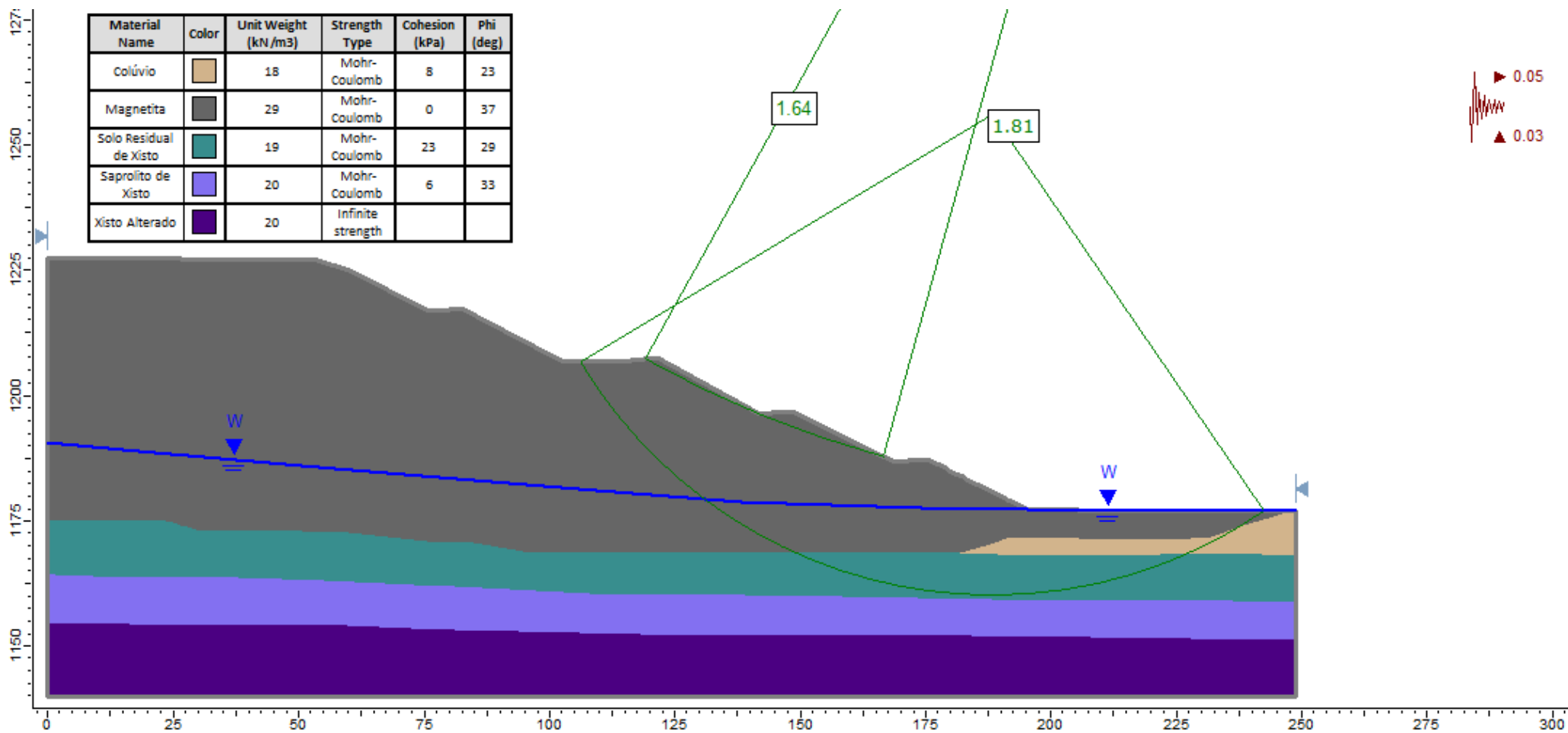


Figura 8.118 – Seção B-B' – Condição Inicial – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**144/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

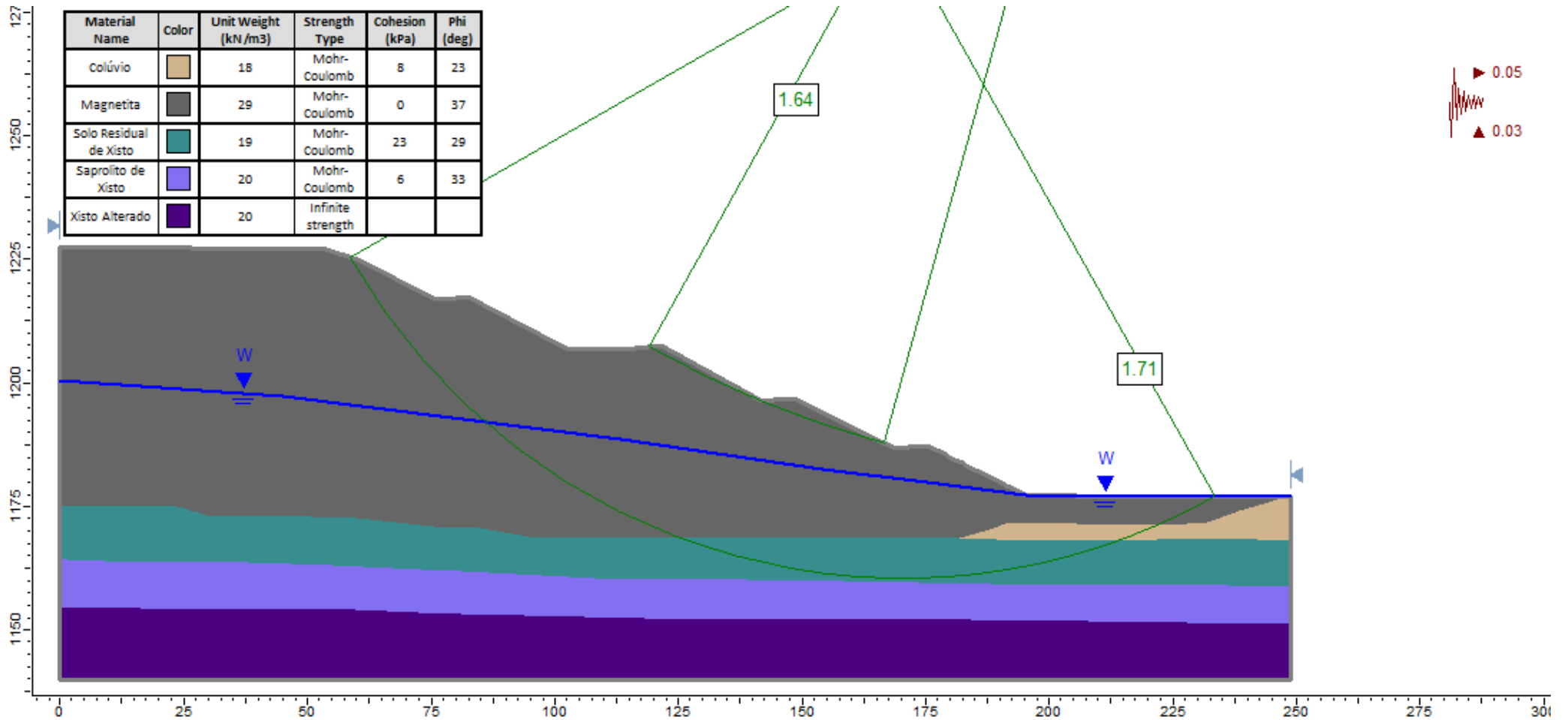


Figura 8.119 – Seção B-B' – Condição Inicial – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

## PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

145/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

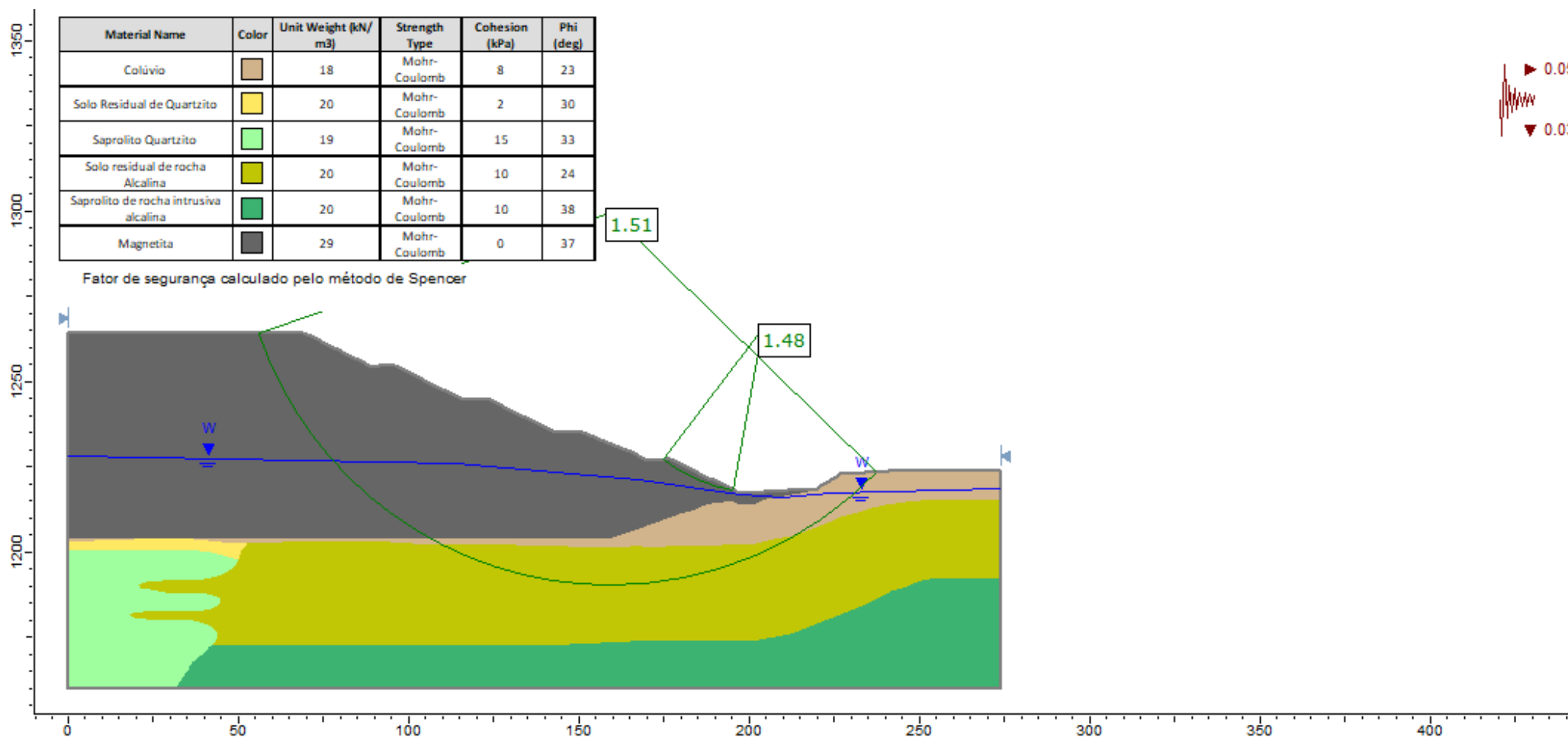


Figura 8.120 – Seção A-A' – Condição Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**146/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

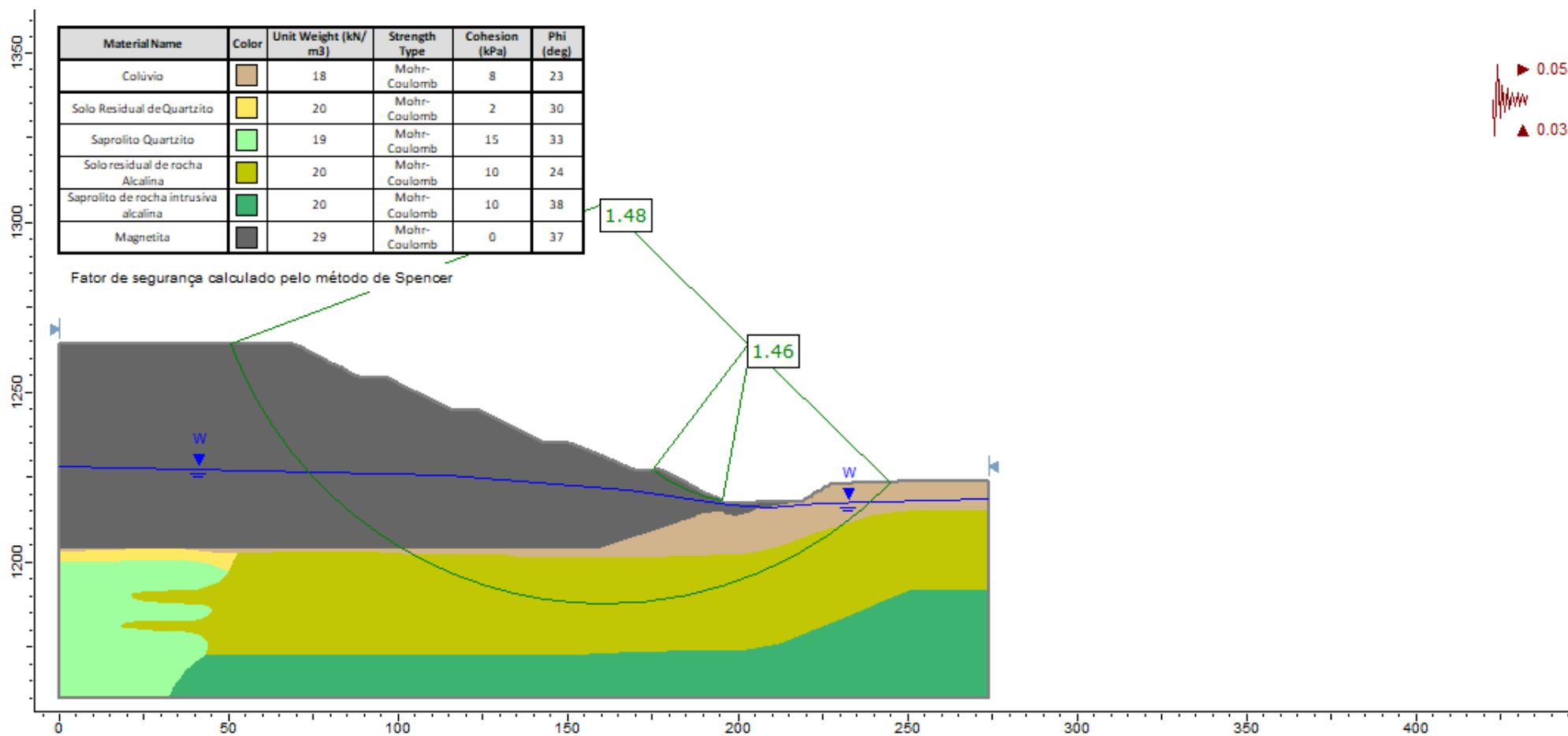


Figura 8.121 – Seção A-A' – Condição Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**147/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

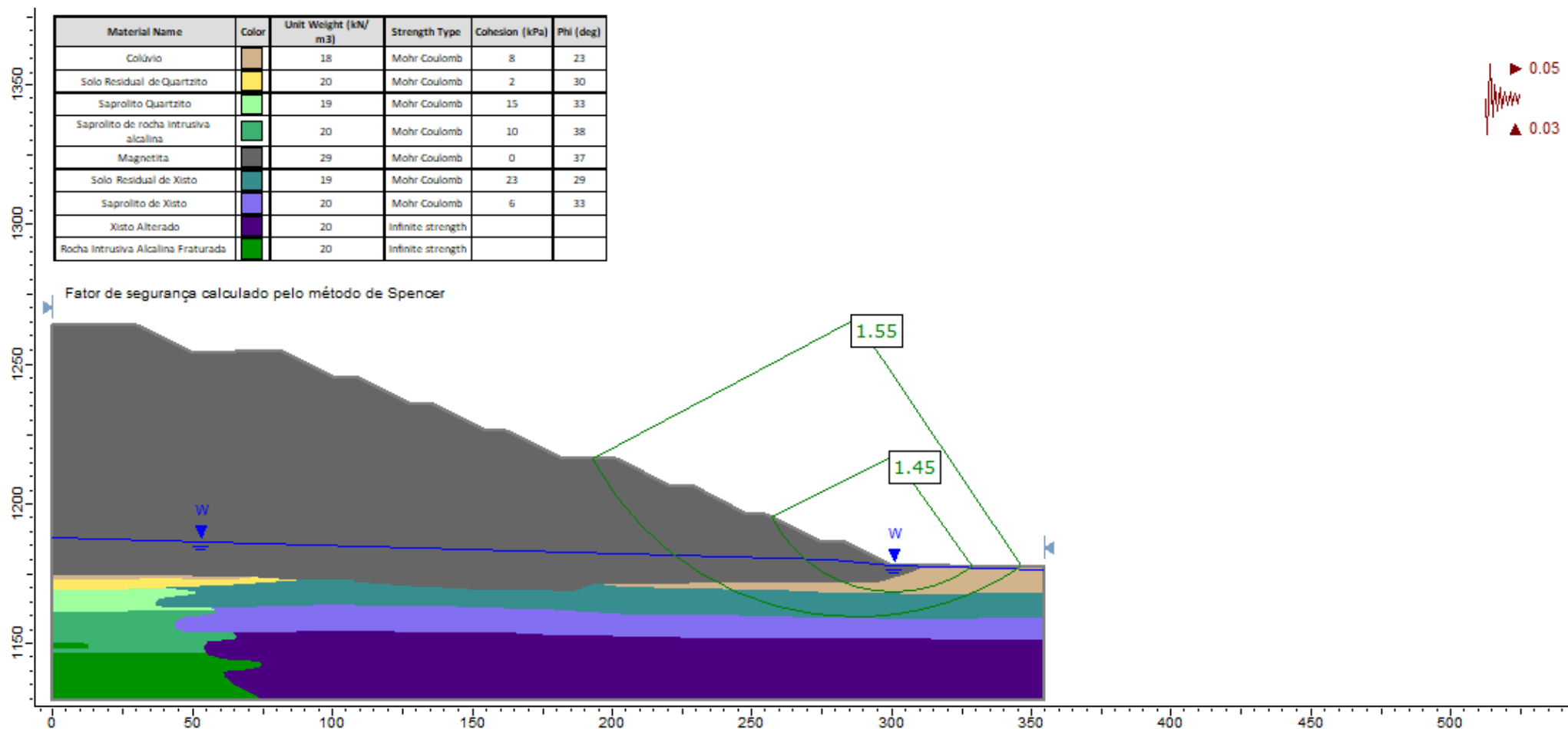


Figura 8.122 – Seção B-B' – Condição Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**148/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

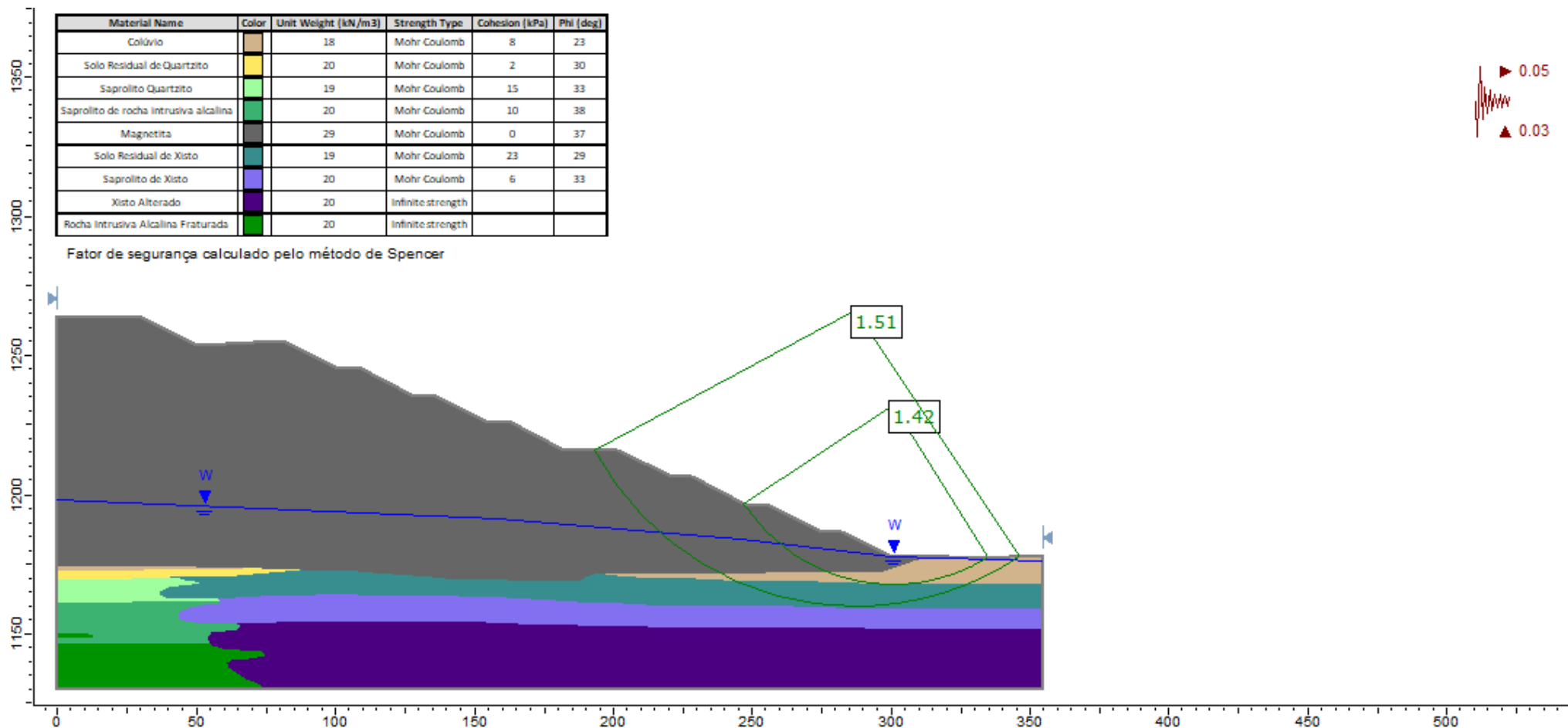


Figura 8.123 – Seção B-B' – Condição Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**149/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

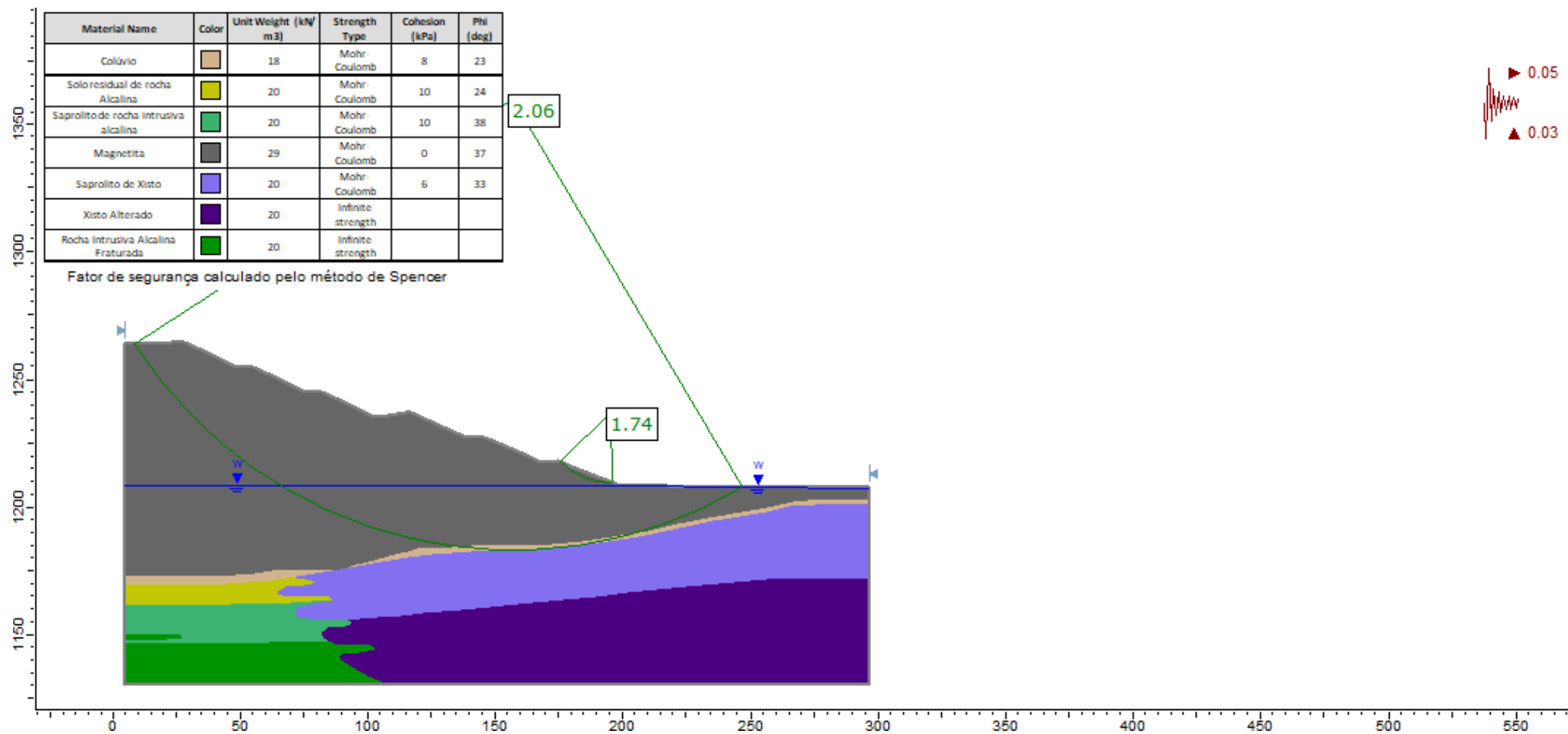


Figura 8.124 – Seção C-C' – Condição Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Leituras normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**150/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

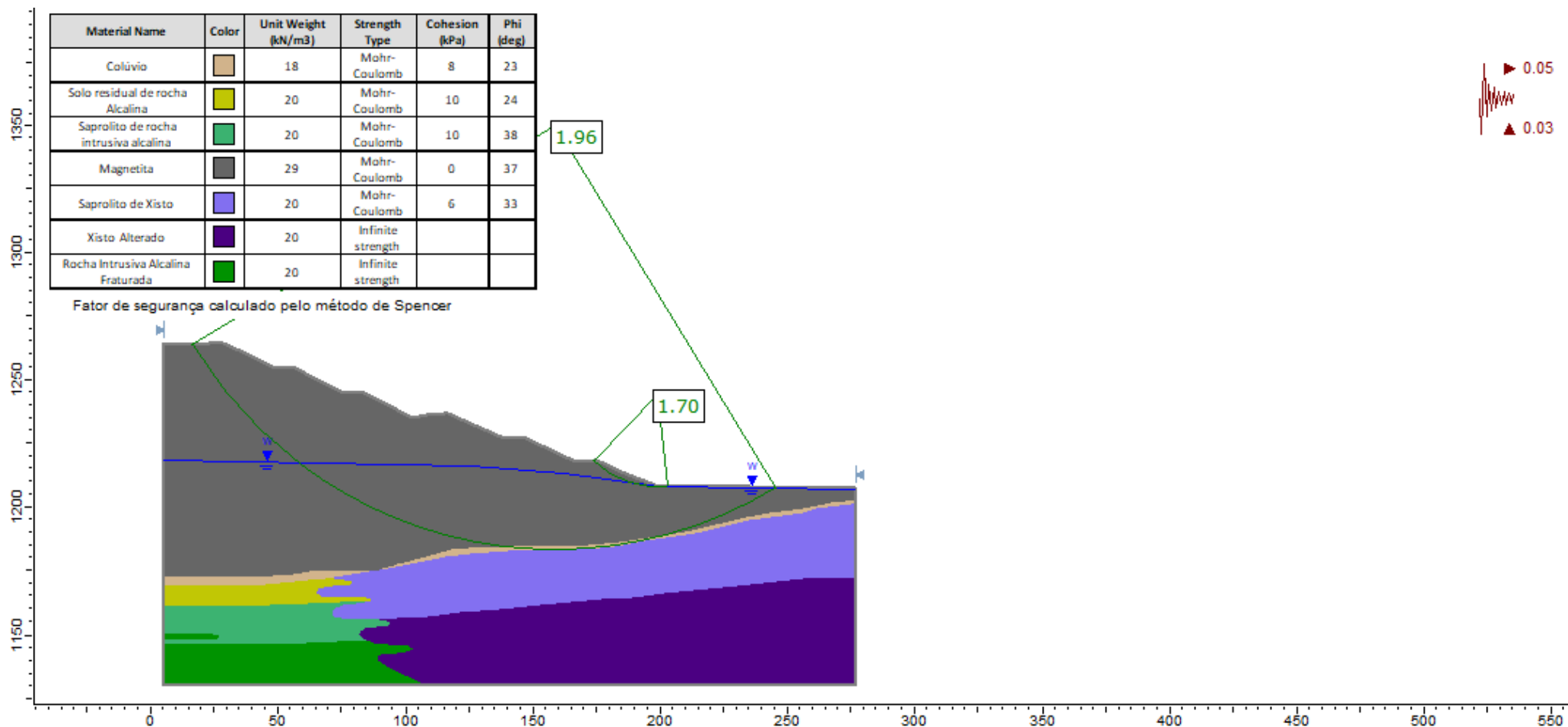


Figura 8.125 – Seção C-C' – Condição Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**151/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

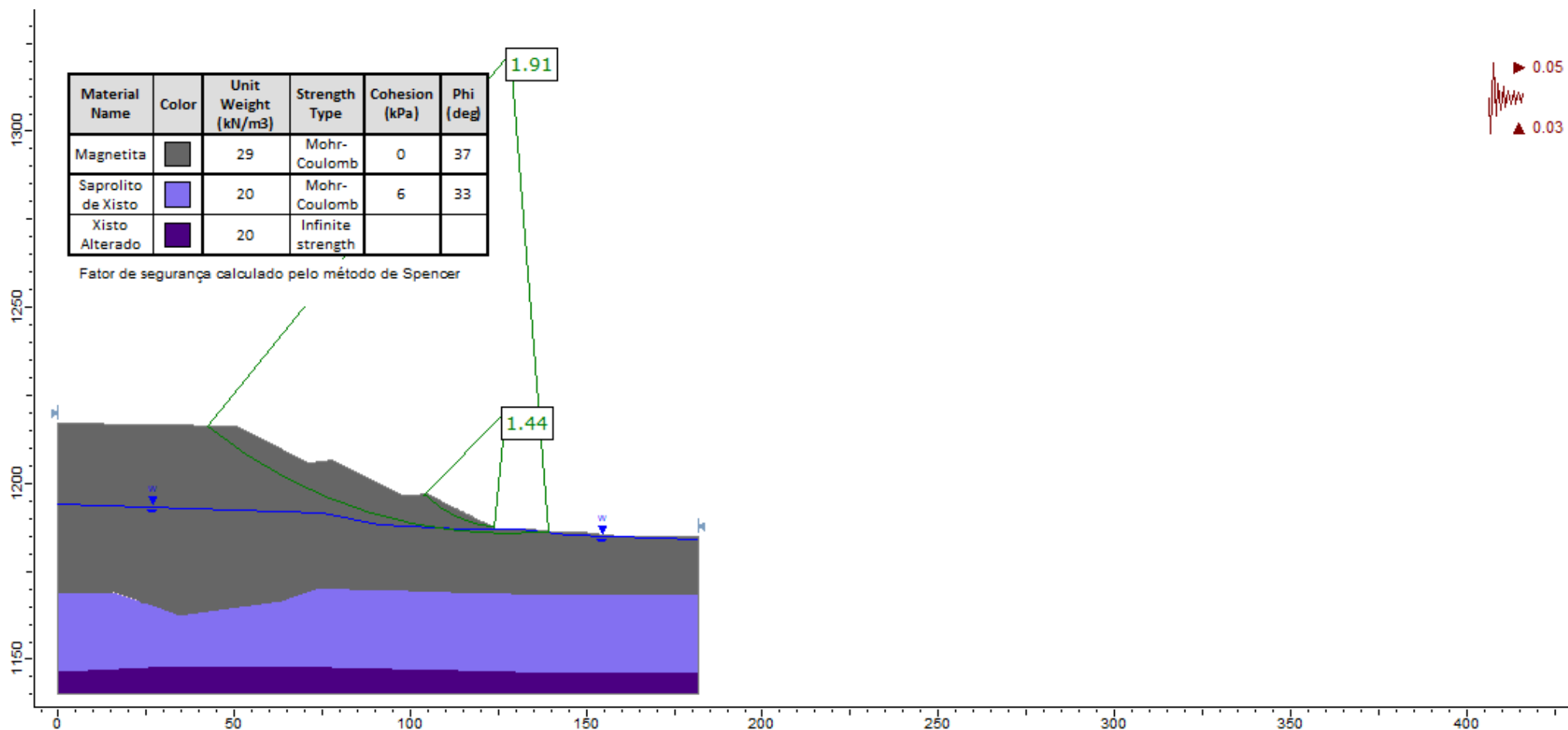


Figura 8.126 – Seção D-D' – Condição Inicial e Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição normal.



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**152/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

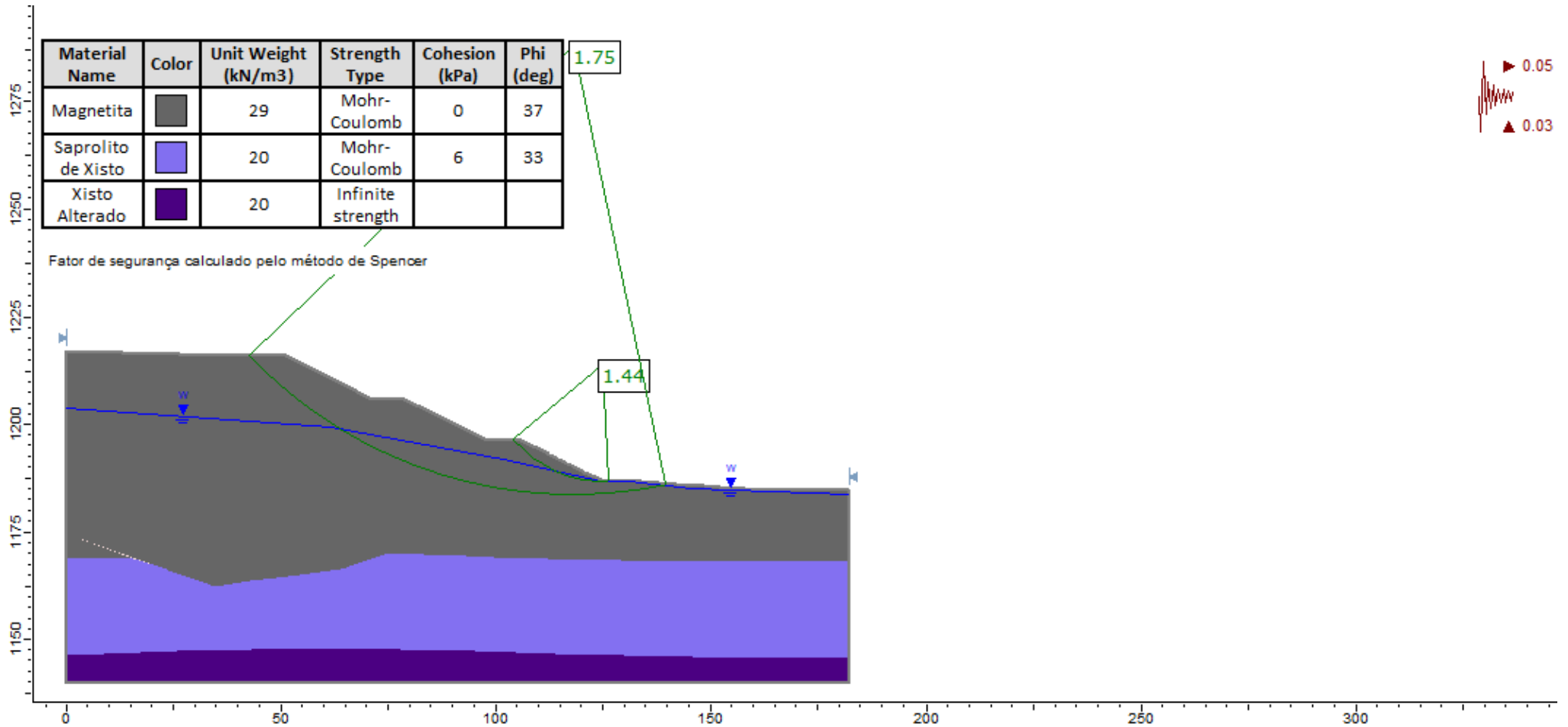




Figura 8.127 – Seção D-D' – Condição Inicial e Final – Sismo negativo - Ruptura circular – Condição drenada - Condição crítica.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>153/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.4.2.5 Estabilidade entre bermas

Nas Figura 8.128 a Figura 8.130, são apresentadas, respectivamente, as análises de estabilidade para a condição drenada e condição de sismo positivo e negativo entre bermas.



### COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

154/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

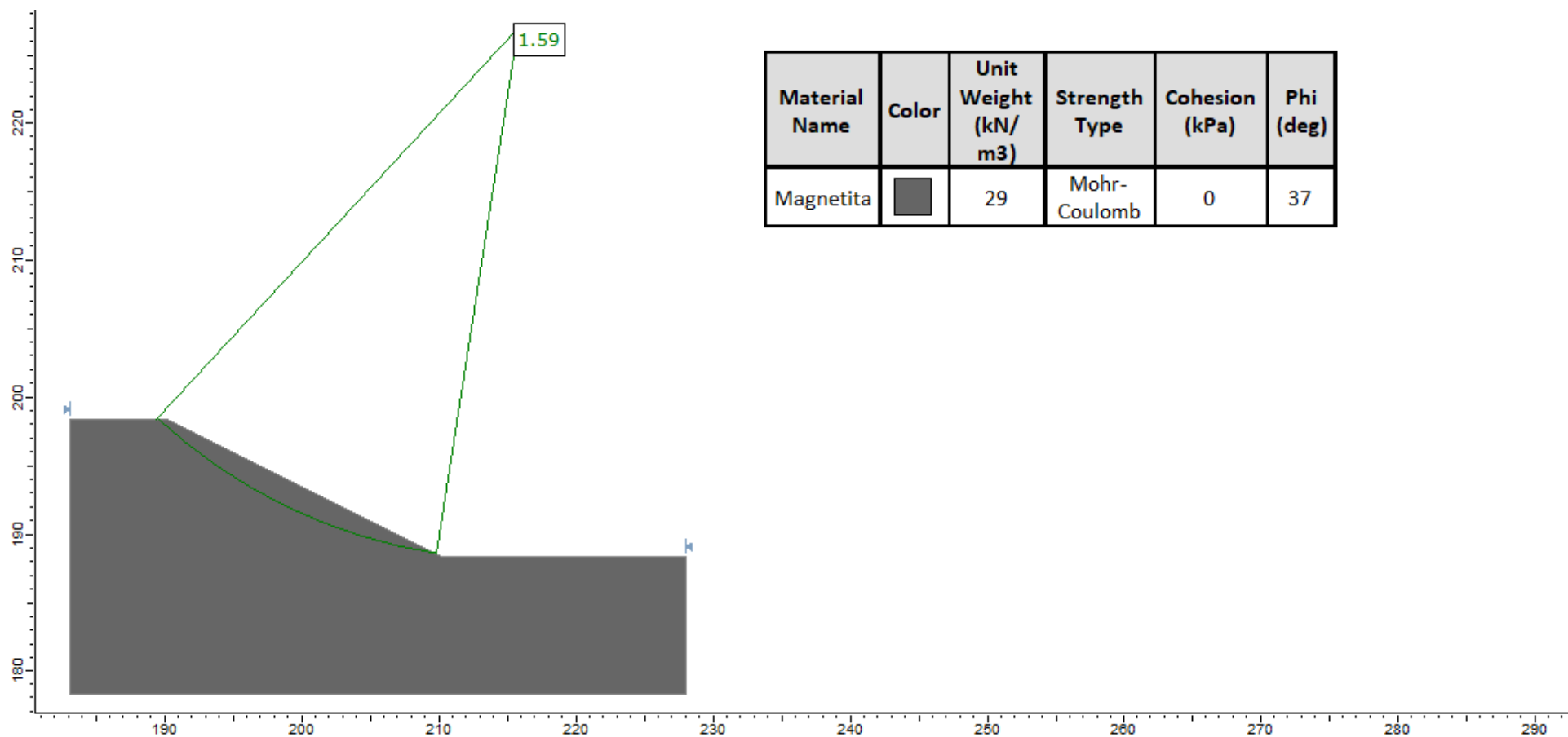


Figura 8.128 – Estabilidade entre bermas – Ruptura circular – Condição drenada





### COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

155/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

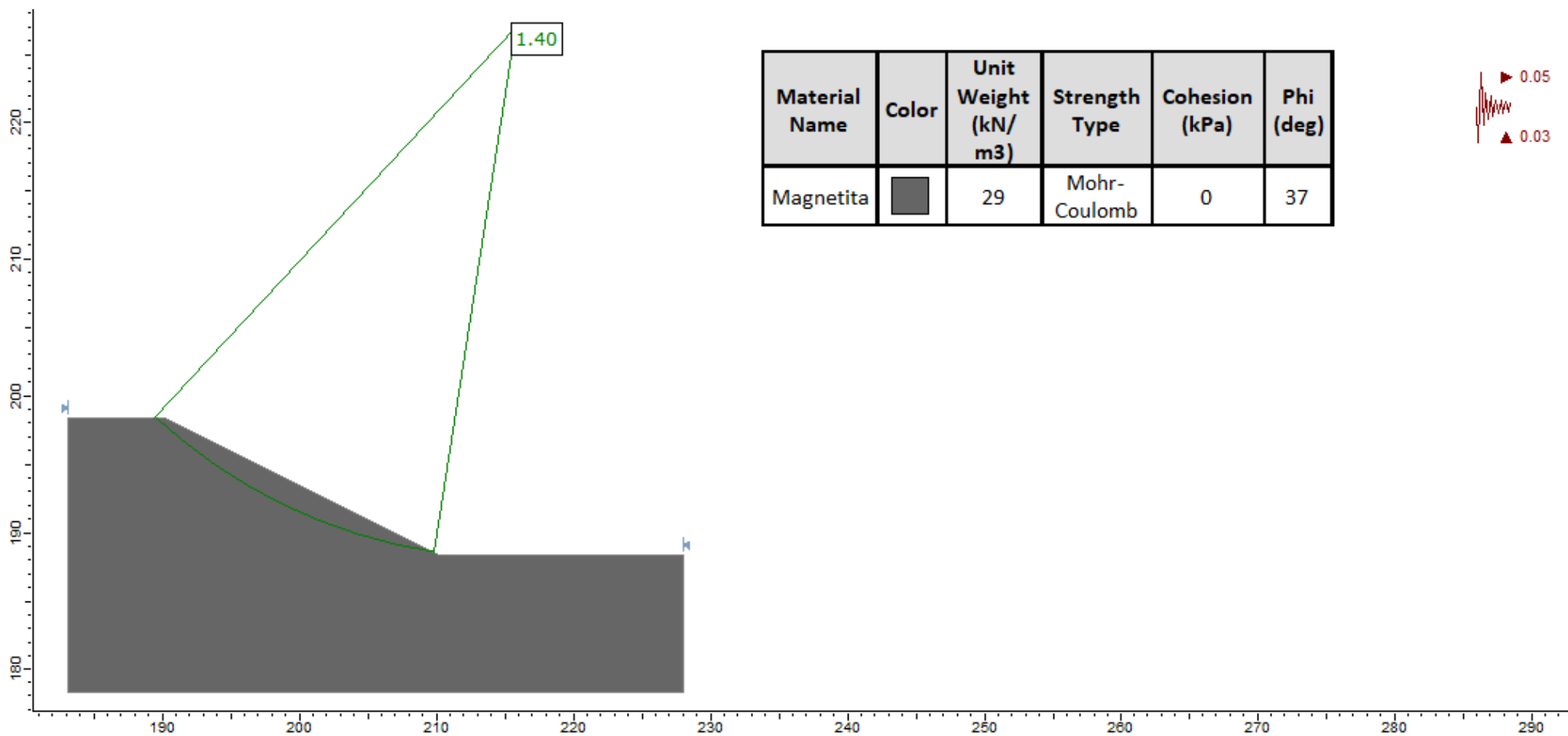


Figura 8.129 - Estabilidade entre bermas –Ruptura circular – Condição pseudo-estática positiva



# COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

156/208

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-RTE-0001

REV.

0

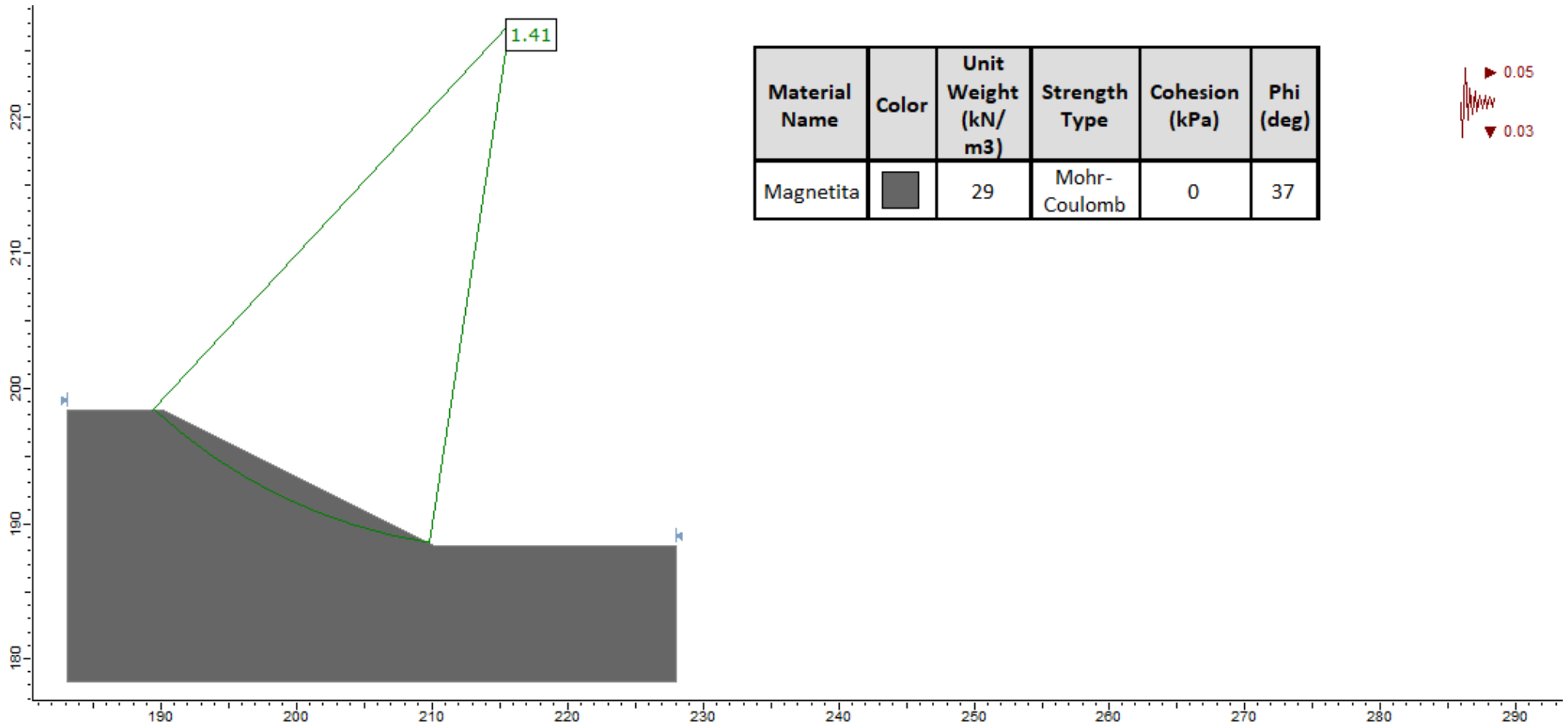




Figura 8.130 - Estabilidade entre bermas –Ruptura circular – Condição pseudo-estática negativa

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>157/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

#### 8.4.2.6 Resumo das Análises de Estabilidade

As Tabela 8-18, Tabela 8-19,

Tabela 8-20,

Tabela 8-21 , e Tabela 8-22 apresentam o resumo dos fatos de segurança obtidos nas análises de estabilidade para a seção A-A', B-B', C-C' e D-D', além de escavação entre bermas e escavação temporária.





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>158/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 8-18 – Resumo de estabilidade entre bermas e escavação temporária.

Análise	Condição	Fs Spencer	Fs -Bishop Simplified	Fs Gle/	Fs Mínimo	Figura
Escavação provisória	Condição drenada - Talude 1,0V:3,0H - Altura 6,0 m	1,38	1,38	1,38	1,30	Figura 8.89
	Condição drenada - Talude 1,0V:3,0H - Altura 8,0 m	1,31	1,32	1,30	1,30	Figura 8.90
	Condição drenada - Talude 1,0V:3,0H - Altura 10,0 m	1,30	1,30	1,30	1,30	Figura 8.91
Entre Bermas	Condição drenada	1,59	1,59	1,59	1,50	Figura 8.128
	Condição drenada – Sismo Positivo	1,41	1,42	1,41	1,10	Figura 8.129
	Condição drenada – Sismo Negativo	1,40	1,41	1,40	1,10	Figura 8.130

Tabela 8-19 – Quadro resumo dos fatores de segurança obtidos da seção A-A'.



SEÇÃO	FASE	CONDIÇÃO	FS Spencer	FS -Bishop Simplified	FS Gle / Morgenstern-Price	FS Mínimo	Figura
A-A'	INICIAL	Condição drenada – Leituras normais	1,98	1,98	1,97	1,50	Figura 8.92

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>159/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

<b>FINAL</b>	Condição drenada – Leituras críticas	1,72	1,72	1,72	1,50	Figura 8.93
	Condição drenada – Leituras normais – Sismo Positivo	1,71	1,71	1,71	1,10	Figura 8.104
	Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Positivo	1,98	1,98	1,97	1,10	Figura 8.105
	Condição drenada – Leituras normais – Sismo Negativo	1,72	1,72	1,72	1,10	Figura 8.116
	Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Negativo	1,71	1,71	1,71	1,10	Figura 8.117
	Condição drenada – Leituras normais	1,77	1,79	1,76	1,50	Figura 8.96
	Condição drenada – Leituras críticas	1,66	1,67	1,66	1,50	Figura 8.97
	Condição drenada – Leituras normais – Sismo Positivo	1,55	1,57	1,55	1,10	Figura 8.108
	Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Positivo	1,48	1,48	1,48	1,10	Figura 8.109
	Condição drenada – Leituras normais – Sismo Negativo	1,53	1,55	1,53	1,10	Figura 8.120
	Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Negativo	1,46	1,47	1,46	1,10	Figura 8.121



Tabela 8-20 – Quadro resumo dos fatores de segurança obtidos da seção B-B’.

SEÇÃO	FASE	CONDIÇÃO	FS Spencer	FS -Bishop Simplified	FS Gle / Morgenstern-Price	FS Mínimo	Figura
B-B’	INICIAL	Condição drenada – Leituras normais	1,89	1,90	1,89	1,50	Figura 8.94

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>160/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

SEÇÃO	FASE	CONDIÇÃO	FS Spencer	FS -Bishop Simplified	FS Gle / Morgenstern-Price	FS Mínimo	Figura
		Condição drenada – Leituras críticas	1,65	1,66	1,65	1,50	Figura 8.95
		Condição drenada – Leituras normais – Sismo Positivo	1,64	1,65	1,64	1,10	Figura 8.106
		Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Positivo	1,89	1,90	1,89	1,10	Figura 8.107
		Condição drenada – Leituras normais – Sismo Negativo	1,65	1,66	1,65	1,10	Figura 8.118
		Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Negativo	1,64	1,65	1,64	1,10	Figura 8.119
	FINAL	Condição drenada – Leituras normais	1,71	1,75	1,72	1,50	Figura 8.98
		Condição drenada – Leituras críticas	1,68	1,70	1,69	1,50	Figura 8.99
		Condição drenada – Leituras normais – Sismo Positivo	1,48	1,51	1,48	1,10	Figura 8.110
		Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Positivo	1,46	1,48	1,46	1,10	Figura 8.111
		Condição drenada – Leituras normais – Sismo Negativo	1,45	1,46	1,45	1,10	Figura 8.122
		Condição drenada – Leituras críticas – Sismo Negativo	1,42	1,45	1,42	1,10	Figura 8.123

Tabela 8-21 - Quadro resumo dos fatores de segurança obtidos da seção C-C'.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>161/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

SEÇÃO	CONDIÇÃO	FS Spencer	FS -Bishop Simplified	FS Gle / Morgenstern-Price	FS Mínimo	Figura
C-C'	Condição drenada –Leituras normais	2,01	2,02	2,01	1,50	Figura 8.100
	Condição drenada –Leituras críticas	1,96	2,00	1,99	1,50	Figura 8.101
	Condição drenada –Leituras normais – Sismo Positivo	1,77	1,76	1,77	1,10	Figura 8.112
	Condição drenada –Leituras críticas – Sismo Positivo	1,71	1,75	1,76	1,10	Figura 8.113
	Condição drenada –Leituras normais – Sismo Negativo	1,74	1,73	1,74	1,10	Figura 8.124
	Condição drenada –Leituras críticas – Sismo Negativo	1,70	1,73	1,74	1,10	Figura 8.125

Tabela 8-22 – Quadro resumo dos fatores de segurança obtidos da seção D-D'.

SEÇÃO	CONDIÇÃO	FS Spencer	FS -Bishop Simplified	FS Gle / Morgenstern-Price	FS Mínimo	Figura
D-D'	Condição drenada –Leituras normais	1,63	1,61	1,61	1,50	Figura 8.102
	Condição drenada –Leituras críticas	1,61	1,61	1,61	1,50	Figura 8.103
	Condição drenada –Leituras normais – Sismo Positivo	1,47	1,44	1,44	1,10	Figura 8.114
	Condição drenada –Leituras críticas – Sismo Positivo	1,45	1,43	1,43	1,10	Figura 8.115
	Condição drenada –Leituras normais – Sismo Negativo	1,44	1,43	1,43	1,10	Figura 8.126
	Condição drenada –Leituras críticas – Sismo Negativo	1,44	1,43	1,43	1,10	Figura 8.127

Conforme apresentado nas Tabela 8-18, Tabela 8-19,



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>162/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>



Tabela 8-20,

Tabela 8-21 e Tabela 8-22, os fatores de segurança obtidos para a condição drenada são maiores ou iguais a 1,5 e 1,30, valor mínimo de referência estabelecido pelas normas NBR 13029/2017 e NBR 11.682/2009.

Os fatores de segurança para as análises de estabilidade considerando a ação de sismo também são superiores a 1,10, correspondente ao valor mínimo exigido conforme as preconizações na norma NBR 13028/2017.

Quanto aos resultados das análises pseudo-estáticas, percebe-se ainda que não houve variação significativas entre os sismos positivos e negativos.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>163/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 9 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

### 9.1 DRENO DE FUNDO

Para garantir que não haja saturação e desestabilização do maciço da PDM-2, foram projetados drenos de fundo com objetivo de garantir a drenagem interna da pilha. A drenagem interna tem o objetivo de receber os escoamentos provenientes do desaguamento subterrâneo e das contribuições oriundas da infiltração através do material da pilha.

A verificação da drenagem interna foi realizada através de estudos relativos à determinação da chuva de projeto (precipitação média mensal), da evapotranspiração (média mensal), do balanço hídrico da pilha, do cálculo das vazões de projeto e do dimensionamento da estrutura.

O dimensionamento hidráulico para a determinação da área mínima do dreno de fundo foi calculado considerando a utilização do Método de Wilkins, conforme descrito por Leps (1963) – Flow Through Rockfill – in: Embankment Dam Engineering – Casagrande Volume, uma vez que o preenchimento do talvegue se dá por blocos de rocha angulosos de granulometria aberta, de ordem decimétrica que, em geral, levam a condições de escoamento turbulentas.

O dreno de fundo é o responsável por coletar toda vazão percolada pelo maciço da estrutura e direcioná-la para o canal a jusante da pilha.

### 9.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Os estudos para determinação da vazão de dimensionamento para os drenos de fundo se baseiam nos dados médios mensais de precipitação e evapotranspiração na região do projeto, de forma a se determinar a vazão para os drenos.

Para os dados de precipitação e evapotranspiração médio mensal, foram utilizados os dados da estação desemboque (2047037 – ANA) e estação Araxá (83579 – INMET) respectivamente, que se encontram nas proximidades da região de implantação da PDM-2, fornecendo dados consistentes para o dimensionamento.

Os dados de evapotranspiração e precipitação médio mensais utilizados na verificação do dimensionamento da drenagem interna são apresentados nas Figura 9.1 e Figura 9.2.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>164/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>



Figura 9.1 - Evapotranspiração média mensal – Estação climatológica Araxá (83579 – INMET).

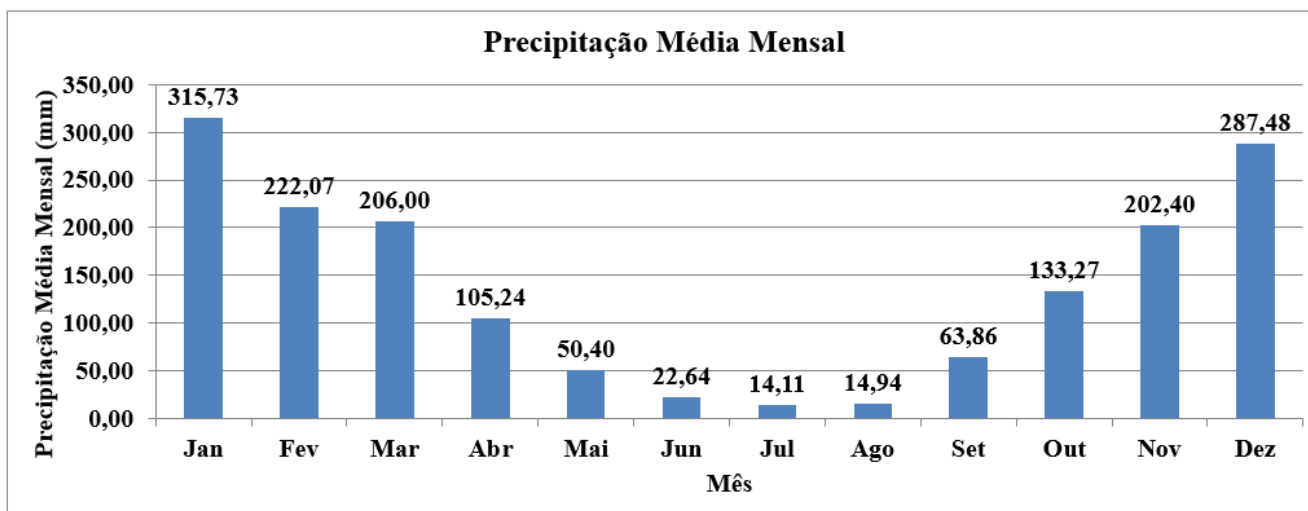




Figura 9.2 - Precipitação média mensal – Estação climatológica Desemboque (2047037 – ANA).

### 9.3 SURGÊNCIAS E NASCENTES DE ÁGUA

Durante visitas de campo e conforme informações repassadas pela Mosaic não há corpo de água localizado na região de implantação da PDM-2. Entretanto, se forem identificadas nascentes durante a implantação da pilha, devem ser implantados drenos de fundo na região das mesmas.

### 9.4 BALANÇO HÍDRICO E CÁLCULO DE VAZÃO DE DRENAGEM

A vazão de projeto adotada na verificação dos drenos de fundo corresponde à soma da percolação gerada pela recarga aplicada sobre a pilha e do aporte do escoamento subterrâneo gerado pela recarga nas áreas à montante. A recarga deve ser determinada por meio de um balanço hídrico no qual se considera que o sistema está em equilíbrio, ou seja, o balanço hídrico é nulo, conforme apresentado na Equação 9.1.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>165/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

$$\sum I - \sum O = 0 \rightarrow P - ES - ETR - R = 0 \rightarrow R = P - ES - ETR \quad \text{Equação 9.1}$$

Na qual:

- P – Precipitação (mm);
- ES – Escoamento Superficial (mm);
- ETR – Evapotranspiração real (mm);
- R – Recarga (mm).

Para o cálculo do balanço hídrico estimou-se o escoamento superficial para cada tipo de ocupação do solo. No presente estudo, estimou-se que estas parcelas são de 45% de precipitação mensal na área da pilha e de 20% na área de terreno natural e com cobertura de vegetação nativa.



Para determinar as vazões de projeto, foi realizado o balanço hídrico a partir dos dados de precipitação médio mensal, considerando os coeficientes de escoamento superficial iguais a 0,45 para a área da pilha e 0,20 para áreas de terreno natural. Os dados de evapotranspiração foram obtidos das normas climatológicas considerando o mês de maior evidencia das chuvas.

Aplicando-se a Equação 9.1 para o balanço hídrico nas áreas de disposição de rejeito e terreno natural, considerando os dados de precipitação e evapotranspiração apresentados no item 9.2, tem-se o valor da recarga máxima mensal a ser considerada no dimensionamento.

A Tabela 9-1 e Tabela 9-2 apresentam os valores de recarga, mês a mês, obtidos através do Balanço Hídrico.

Tabela 9-1 – Balanço hídrico aplicado à área da Pilha.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
P (mm)	315,7	222,1	206,0	105,2	50,4	22,6	14,1	14,9	63,9	133,3	202,4	287,5	1638,2
E (mm)	105,5	97,7	97,2	85,6	69,3	65,7	65,7	76,2	92,0	106,5	99,0	106,6	1066,9
ES (mm)	142,1	99,9	92,7	47,4	22,7	10,2	6,3	6,7	28,7	60,0	91,1	129,4	
ETP (mm)	84,4	78,2	77,8	68,5	55,4	52,5	52,5	61,0	73,6	85,2	79,2	85,3	
BALANÇO (mm)	89,3	44,0	35,5	-10,6	-27,7	-40,1	-44,8	-52,7	-38,4	-11,9	32,1	72,8	
ETPcorr (mm)	84,4	122,1	113,3	57,9	27,7	12,5	7,8	8,2	35,1	73,3	111,3	158,1	
R (mm/mês)	89,3	44,0	35,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,1	72,8	273,7

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>166/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
Máxima recarga (mm/mês)													<b>89,3</b>

Tabela 9-2 – Balanço hídrico aplicado na área do terreno natural.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
P (mm)	315,7	222,1	206,0	105,2	50,4	22,6	14,1	14,9	63,9	133,3	202,4	287,5	1638,2
E (mm)	105,5	97,7	97,2	85,6	69,3	65,7	65,7	76,2	92,0	106,5	99,0	106,6	1066,9
ES (mm)	63,1	44,4	41,2	21,0	10,1	4,5	2,8	3,0	12,8	26,7	40,5	57,5	
ETP (mm)	84,4	78,2	77,8	68,5	55,4	52,5	52,5	61,0	73,6	85,2	79,2	85,3	
BALANÇO (mm)	168,2	99,5	87,0	15,7	-15,1	-34,4	-41,2	-49,0	-22,5	21,4	82,7	144,7	
ETPcorr (mm)	84,4	177,7	164,8	84,2	40,3	18,1	11,3	12,0	51,1	106,6	79,2	85,3	
R (mm/mês)	168,2	99,5	87,0	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	82,7	144,7	619,3
Máxima recarga (mm/mês)													<b>89,3</b>

A partir do balanço hídrico realizado, verifica-se que os maiores valores de recarga são referentes ao mês de janeiro e serão considerados para a verificação dos drenos de fundo implantados na PDMt2. Assim, foram utilizados os seguintes valores de recarga:

- 89,3 mm para áreas de influência da PDM-2; e
- 168,2 mm para áreas de terreno natural.



## 9.5 LOCAÇÃO DOS DRENOS DE FUNDO

A locação dos drenos de fundo é apresentada no desenho WA02821014-1-GT-DES-0028 para a fase inicial e no desenho WA02821014-1-GT-DES-0030 para a fase final, elaborados pela Walm.

As principais características geométricas dos drenos de fundo são apresentadas na Tabela 9-3.

Tabela 9-3 – Características geométricas dos drenos de fundo da PDM-2.

Local	Trecho	Id	Comprimento do Dreno(m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	$\Delta H$ (m)	Inclinação do terreno (°)	Comprimento real do Dreno (m)	Gradiente Hidráulico i (m/m)
PDM-2	DN-01	1	294,10	1187,00	1178,00	-9,00	-1,75	294,24	-0,03
PDM-2	DN-02	2	174,29	1181,00	1175,00	-6,00	-1,97	174,39	-0,03
PDM-2	DN-03	3	148,51	1194,00	1179,00	-15,00	-5,77	149,27	-0,10
PDM-2	DN-04	4	114,96	1190,00	1179,63	-10,37	-5,15	115,43	-0,09

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>167/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 9.6 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETOS DOS DRENOS DE FUNDO

A vazão nominal de projeto para os drenos de fundo da PDM-2 foi determinada em função das áreas de influência de terreno natural e da pilha, considerando os caminhamentos do sistema de drenagem interna apresentados na Tabela 9-3. As vazões nominais de projeto, definidas a partir dos valores de recarga nos drenos de fundo são apresentados na Tabela 9-4.

Tabela 9-4 – Vazão nominal de projeto para os drenos de fundo da PDM-2.

Dreno	Pilha		Terreno natural		Vazão recarga		Vazão de Nascentes	Vazão de afluentes	Vazão de projeto nominal
	Área	Vazão (Q <sub>P</sub> )	Área	Vazão (Q <sub>TN</sub> )	Q <sub>P+TN</sub>		Q <sub>N</sub>	Q <sub>A</sub>	Q = Q <sub>P+TN</sub> + Q <sub>N</sub> + Q <sub>A</sub>
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	l/s	l/s	l/s	l/s
DN-01	302.174,00	37,47	-	-	37,47	10,41	-	-	10,41
DN-02	95.382,00	11,83	-	-	11,83	3,29	-	-	3,29
DN-03	44.952,00	5,57	-	-	5,57	1,55	-	-	1,55
DN-04	45.991,00	5,70	-	-	5,70	1,58	-	-	1,58

Nota 1 – Não há corpos de água na região de implantação de PDM 2, conforme informações repassadas pela Mosaic.

## 9.7 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS DRENOS DE FUNDO



O material utilizado para preenchimento da seção drenante do dreno de fundo DN-01 apresenta D<sub>50</sub> (diâmetro efetivo) igual a 250,0mm. Para os drenos DN-02, DN-03 e DN-04, foi considerado D<sub>50</sub> de 35,0 mm.

O dimensionamento hidráulico para a verificação da área mínima das seções drenantes foi realizado pelo Método de Wilkins, uma vez que o preenchimento do talvegue foi feito por blocos de rocha angulosos de granulometria aberta, de ordem decimétrica que, em geral, levam a condições de escoamento turbulentas.

$$V_v = W \times R_h^{0,5} \times i^{0,54} \quad \text{Equação 9.2}$$

Em que:

- V<sub>v</sub> – Velocidade efetiva do escoamento (m/s);
- W – Constante que vale 5,25 m<sup>0,5</sup>/s;
- R<sub>h</sub> – Raio hidráulico médio (m), definido como a razão entre o volume dos vazios e a área superficial das partículas, com valor aproximado de D<sub>50</sub>/8;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>168/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- $i$  – Gradiente hidráulico (adimensional).

Determinada a velocidade efetiva de escoamento nos vazios do enrocamento, toma-se a vazão de projeto e calcula-se, por meio da equação da continuidade (Equação 9.3), a área de enrocamento necessária ao escoamento da referida vazão.

$$A_{dreno} = \frac{Q_{Projeto}}{V_v} \quad \text{Equação 9.3}$$

Como forma de reduzir os erros, foi adotado um valor de fator de segurança conservador. Assim, adotando-se um fator de segurança igual a 5,0, definem-se as áreas finais que deverão ser preenchidas pela granulometria especificada para o núcleo drenante.

A Tabela 9-5 apresenta o cálculo da área mínima para os drenos de fundo da PDM-2.

Tabela 9-5 – Dimensionamento dos drenos de fundo da PDM-2.

DRENO	Área da bacia	Q <sub>total</sub>		i	D <sub>50</sub>	Rh	W	V <sub>v</sub>	n	v	FS	Acalculado	Tipo de dreno
	m <sup>2</sup>	l/s	m <sup>3</sup> /h									m <sup>2</sup>	
DN-01	302.174,00	10,41	37,47	0,03	250,00	0,02	5,25	0,11	0,33	0,04	5,00	1,38	I
DN-02	95.382,00	3,29	11,83	0,03	35,00	0,00	5,25	0,05	0,35	0,02	5,00	0,98	II
DN-03	44.952,00	1,55	5,57	0,10	35,00	0,00	5,25	0,09	0,35	0,03	5,00	0,26	III
DN-04	45.991,00	1,58	5,70	0,09	35,00	0,00	5,25	0,08	0,35	0,03	5,00	0,28	III



## 9.8 SEÇÕES DOS DRENOS DE FUNDO

As seções mínimas para cada tipo de dreno são apresentadas na Tabela 9-6.

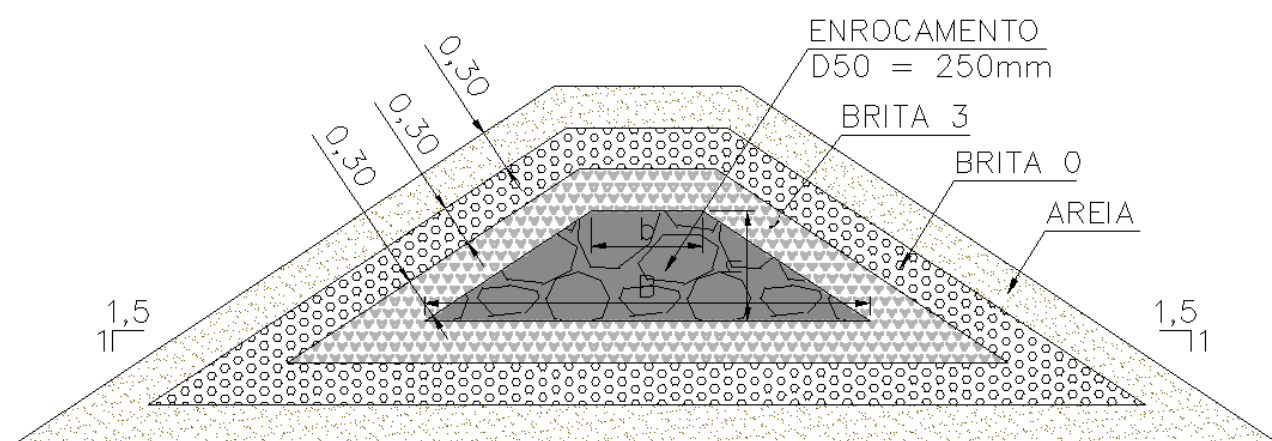
Tabela 9-6 – Verificação dos tipos de drenos implantados.

DRENO	TIPO DE DRENO	A <sub>MÍNIMA</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>IMPLANTADA</sub> (m <sup>2</sup> )	VERIFICAÇÃO DOS DRENOS
DN-01	I	1,38	1,60	OK
DN-02	II	0,97	1,16	OK
DN-03	III	0,27	0,40	OK
DN-04	III	0,30	0,40	OK

Conforme apresentado nos cálculos acima os drenos da PDM 2 foram implantados, as seções típicas e a implantação dos mesmos estão apresentadas nos documentos elaborados pela

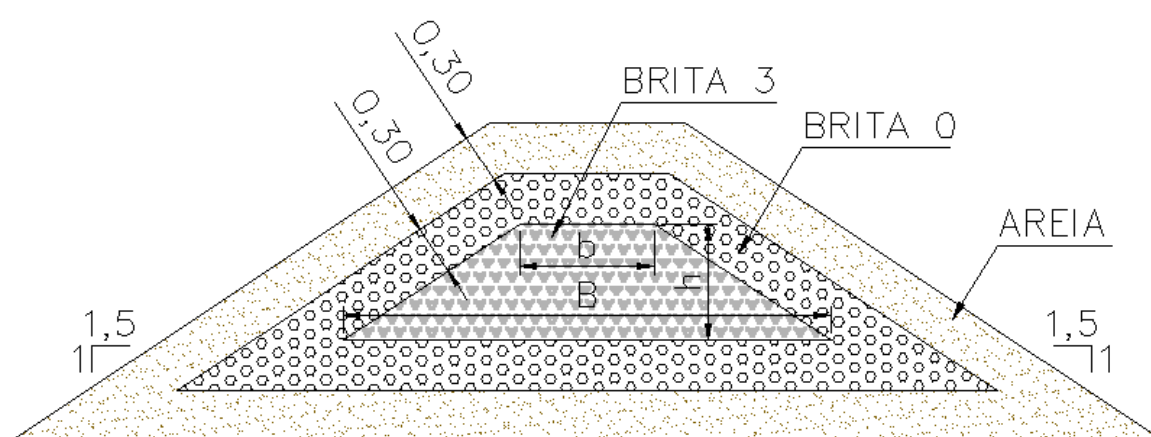
		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>169/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Walm WA02821014-1-GT-DES-0029 e WA02821014-1-GT-DES-0030 neste projeto. As Figura 9.3 e Figura 9.4 apresentam as seções típicas dos drenos de fundo, e a Tabela 9-7 apresenta as dimensões das seções drenantes.



**SEÇÃO TÍPICA DN-01**  
SEM ESCALA

Figura 9.3 – Seção típica DN-01.





**SEÇÃO TÍPICA DN-02, 03 E 04**  
SEM ESCALA

Figura 9.4 – Seção típica DN-02, DN-03 e DN-04.

Tabela 9-7 – Dimensões da seção drenante da drenagem interna.

Dreno	b (m)	B (m)	h (m)
DN-01	0,80	3,20	0,80



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>170/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Dreno	b (m)	B (m)	h (m)
DN-02	0,60	2,70	0,70
DN-03	0,40	1,60	0,40
DN-04	0,40	1,60	0,40

Para o dimensionamento dos drenos da PDM-2 foi utilizado a vazão calculada e para verificação do dimensionamento considerou-se o fator de segurança 5,0 (Tabela 9-5), estando desta forma de acordo com o estabelecido pela NBR 13.029. O fator de segurança foi majorado desta forma, pois a região possui grande declividade e o material disposto possui permeabilidade elevada.

Conforme informações repassadas pela Mosaic e observações de campo não há registro de corpo de água ou nascente na região da pilha, contudo, para o projeto executivo se houver alguma mudança neste cenário os drenos devem ser revistos.

Após ambas as fases de supressão vegetal da condição inicial e final da pilha serão implantados canais correia de modo que todo o fluxo superficial e proveniente dos pátios de secagem do local sejam drenados.

Por fim, é válido ressaltar que toda drenagem da planta de CMT e proveniente do pátio de homogeneização serão coletadas pelos canais periféricos da pilha e canal de drenagem da cava. Desta maneira, a drenagem interna da pilha ficará a cargo apenas das vazões proveniente das chuvas.

## 10 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS



Os estudos de drenagem superficial iniciaram-se pela análise e compilação das informações existentes disponibilizadas pela Mosaic, bem como dos estudos e projetos previamente desenvolvidos pela Walm, no âmbito do projeto conceitual da Pilha de Magnetita (PDM 2) e do Plano Diretor de Tapira.

Após a etapa de consolidação de dados, foi realizada a concepção do sistema de drenagem superficial da PDM 2, de acordo com o novo arranjo, que teve como diretriz a coleta e condução do escoamento dos taludes e dos platôs de topo por meio de canaletas de bermas e de rampa e o direcionamento para descidas de água e canais periféricos.

O destino final do escoamento superficial captado pelos dispositivos de drenagem aqui propostos será o Bueiro 1 que receberá também as contribuições provenientes do córrego Paiolzinho.

O Bueiro 2, localizado sob a futura travessia de lama, receberá a contribuição do Sump de montante. Como a Mosaic ainda não possui estudos para a locação dessa travessia, o projeto do Bueiro 2 será desenvolvido em nível conceitual.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>171/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Os itens a seguir apresentam a descrição geral e o dimensionamento do sistema de drenagem superficial.



### 10.1 DRENAGEM SUPERFICIAL

O Complexo de Mineração de Tapira está localizado entre os divisores das bacias hidrográficas do ribeirão Inferno e rio Araguari, município de Tapira – MG. Conforme mencionado anteriormente, o escoamento pluvial originado na região da Pilha de Magnetita (PDM-2) será drenado para o córrego Paiolzinho. Esse córrego é o responsável por receber as contribuições provenientes das regiões das cavas. Após esse percurso, ele deságua no córrego Boa Vista, que é afluente da margem esquerda do ribeirão Inferno. O ribeirão do Inferno é um tributário da margem direita do alto curso do rio Araguari, um dos principais rios da bacia federal do rio Paraná.

Na Figura 10.1 é demonstrada a localização geral da região em estudo.

O sistema de drenagem superficial da Pilha de Magnetita (PDM 2) foi projetado para a condição futura de ocupação da pilha, por se tratar de um cenário mais conservador, e possui como finalidade principal coletar e conduzir o escoamento pluvial produzido na região da própria pilha e as contribuições das cavas localizadas na região de montante, cujo destino natural é o córrego Paiolzinho.

Presume-se que a execução e manutenção do sistema de drenagem pluvial da pilha, conforme projetado, é necessária para a mitigação de processos erosivos durante e após o período de obras. Caso ocorra no futuro novas áreas de exposição de pilhas dentro da bacia e/ou áreas escavadas com solo exposto os canais periféricos deverão ser verificados/redimensionados.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>172/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

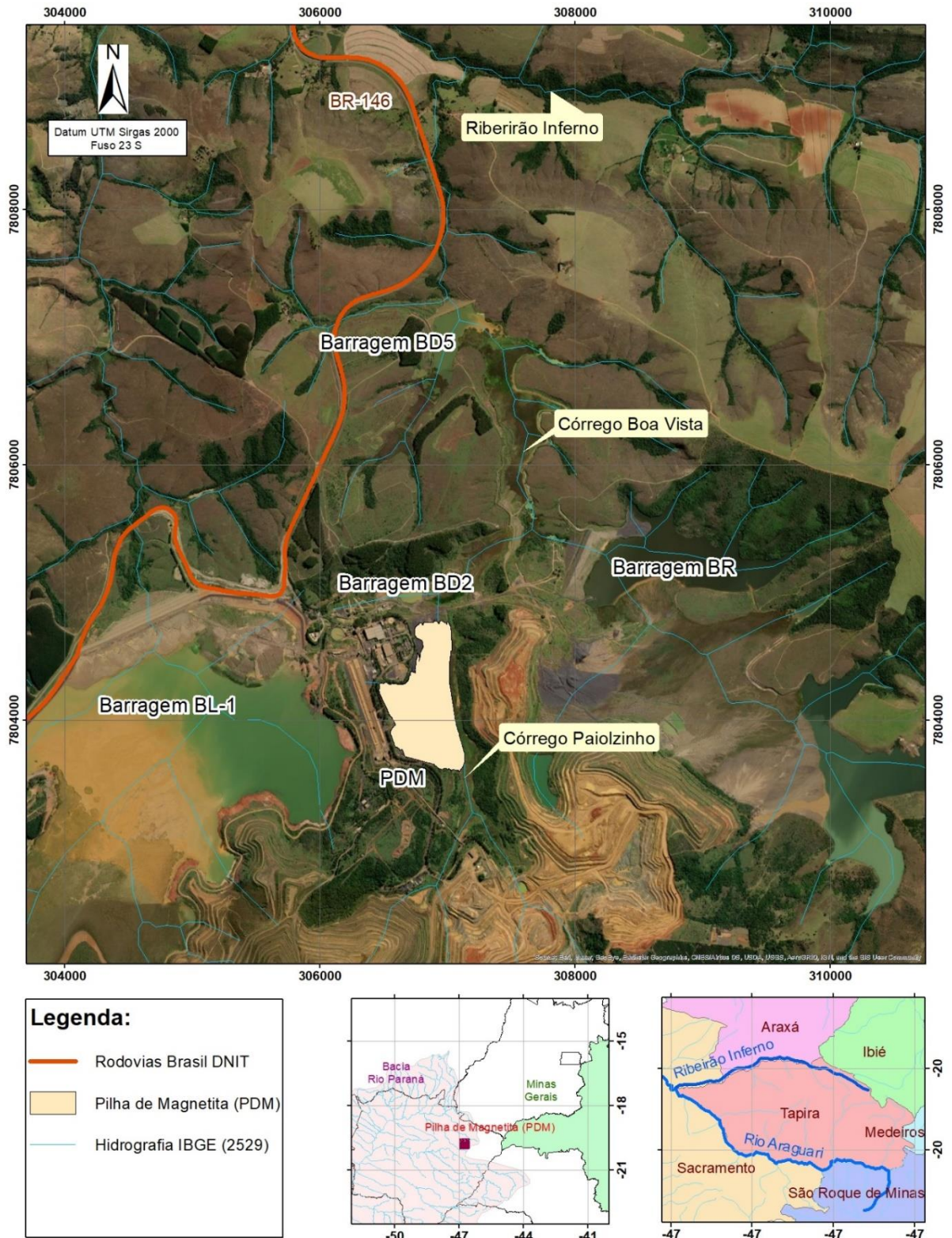




Figura 10.1 – Localização da região em estudo.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>173/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

O arranjo do sistema de drenagem superficial da Pilha de Magnetita (PDM 2) está apresentado no desenho WA02821014-1-GT-DES-0043. São elementos deste sistema:

- Drenagem sobre as bermas e as rampas da pilha, cuja função hidráulica será de conduzir os escoamentos superficiais até as descidas de água ou canais periféricos. As bermas deverão ser revestidas com solo argiloso para evitar processos erosivos. Elas deverão ser construídas com declividade transversal de 3%. As canaletas de berma foram dimensionadas com 0,5% de declividade longitudinal e as canaletas de rampa acompanham a inclinação de 8% projetada para as rampas de acesso. Para ambos os dispositivos estão previstas seções retangulares em concreto armado;
- Descidas de água, responsáveis por coletar os escoamentos provenientes das bermas e rampas de acesso, destinando-os aos canais periféricos. As descidas de água foram concebidas em seção retangular em concreto armado;
- Canais periféricos, tendo como objetivo coletar os escoamentos superficiais provenientes das bermas, das descidas de água e de áreas adjacentes, descartando-os no Bueiro 1, localizado a jusante do canal CP-04. Os canais periféricos foram concebidos em concreto com seção retangular e perfil longitudinal de fundo liso e em degraus, onde a topografia possuir altas declividades.



Dessa forma, conforme apresentado nos desenhos WA02821014-1-GT-DES-0043 a WA02821014-1-GT-DES-0069, o escoamento superficial gerado nos taludes da Pilha de Magnetita (PDM 2) será coletado pelas bermas, ao pé dos taludes e direcionado para as descidas de água (DD-01, DD-02, DD-03, DD-04 e DD-05), canaletas de rampa (CR-01, CR-02, CR-03, CR-04, CR-05, CR-06, CR-07, CR-08, CR-09) e canais periféricos CP-01, CP-02, CP-03, CP-04 e CP-05, que lançam essa contribuição no Bueiro 1, localizado a jusante do canal CP-04.

Para que se tenha acesso em toda a região da pilha, nos trechos cujos dispositivos interferem no acesso à outras regiões da pilha, devem ser previstos gradeamentos que permitirão a transposição das descidas em degraus localizadas sobre os acessos.

Os canais de berma foram projetados para receber uma contribuição de até 100 anos de período de retorno. Já os canais de rampa e periféricos, além das descidas de água foram projetados para receber uma contribuição de até 500 anos de período de retorno. Todos os dispositivos são constituídos de canal retangular em concreto armado com largura e altura variáveis.

Todos os estudos relacionados ao dimensionamento dos dispositivos serão apresentados nos próximos itens.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>174/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 10.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos apresentados foram utilizados para determinação das vazões de projeto, que subsidiarão o dimensionamento das estruturas hidráulicas para condução das águas. A sequência metodológica adotada para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos foi:

- Determinação da chuva de projeto;
- Delimitação das áreas de contribuição;
- Definição das características físicas e parâmetros das bacias de contribuição, tais como, características do terreno, declividades, período de retorno, tempo de concentração e o uso e ocupação do solo;
- Cálculo das vazões de pico para cada dispositivo de drenagem.

## 10.3 CHUVAS DE PROJETO

O cálculo das chuvas de projeto foi realizado utilizando-se os dados consistidos de altura de chuva diária das estações pluviométricas regionais pertencente à rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA).

Para a definição das chuvas de projeto realizou-se a análise das estações pluviométricas da ANA existentes nas proximidades do empreendimento, considerando-se um raio de aproximadamente 35 quilômetros do mesmo. As estações existentes dentro do referido limite são apresentadas na Tabela 10-1 e na Figura 10.2.

Tabela 10-1 – Estações pluviométricas analisadas.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Disponibilidade de dados
1946001	BARREIRO DO ARAXÁ (INMET)	19°36'00,00"	46°54'00,00"	01/01/1941 a 01/06/1943
1946002	ARAXÁ (INMET)	19°35'00,00"	46°54'00,00"	01/01/1941 a 01/12/1978
1946011	TAPIRA	19°55'36,84"	46°49'31,08"	01/12/1974 a 01/02/2020
1946019	ARGENITA	19°40'30,00"	46°40'58,08"	01/07/2000 a 01/11/2019
2047037	DESEMBOQUE	20°00'48,96"	47°01'09,12"	01/05/1971 a 01/02/2020
2047042	USINA SÃO JOAQUIM	20°00'00,00"	47°00'00,00"	01/01/1931 a 01/08/1971
2047045	UHE MARECHAL MASCARENHAS DE MORAIS BARRAMENTO	20°17'13,92"	47°03'51,12"	01/01/1977 a 01/12/2011

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**175/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

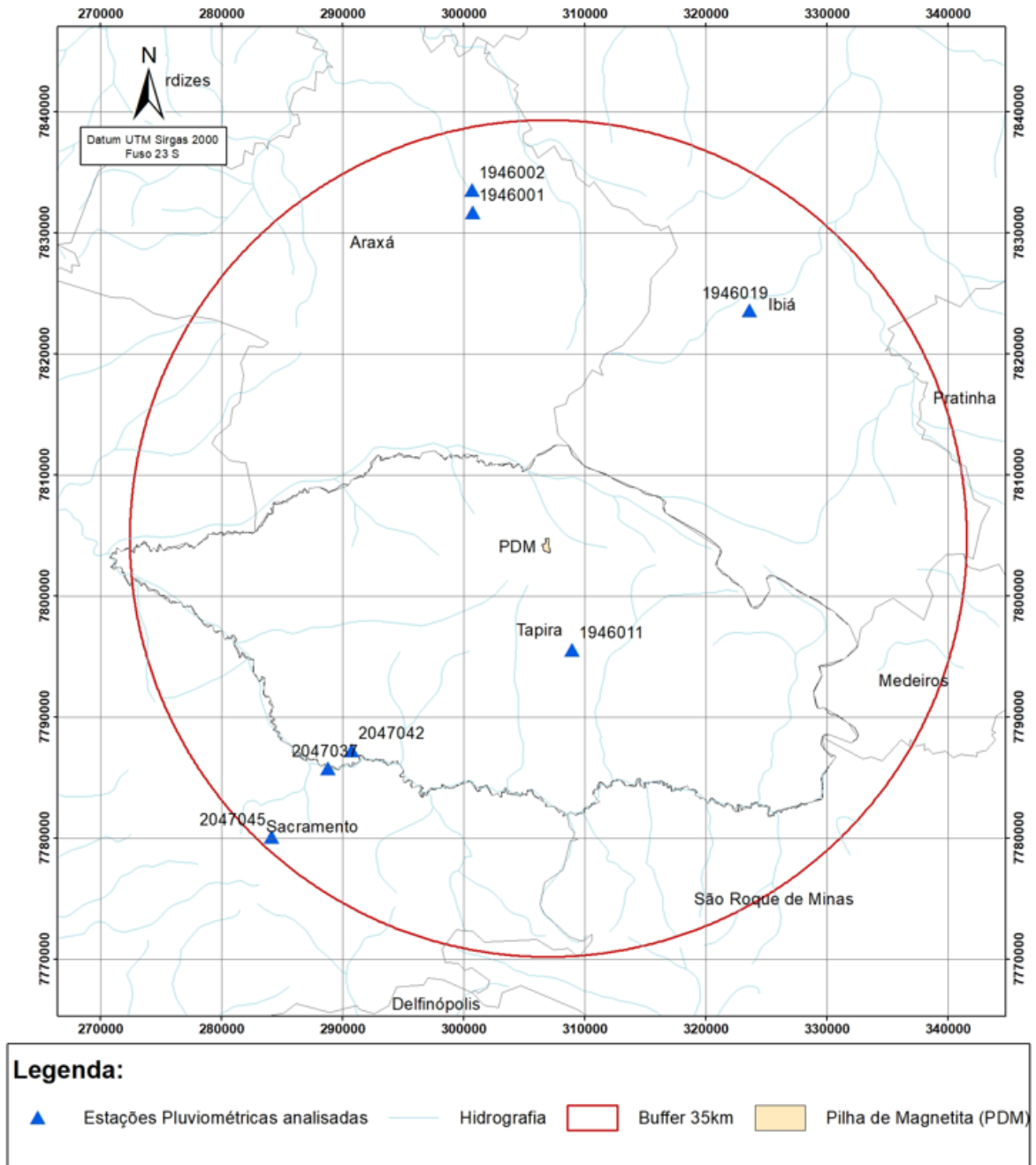




Figura 10.2 – Localização das estações pluviométricas analisadas.

A partir das estações pluviométricas analisadas, selecionou-se aquelas que possuem acima de 18 anos de dados utilizáveis para a análise de frequência. A estação Desemboque (código ANA: 2047037) foi selecionada para realização do estudo por possuir uma série histórica de dados com extensão e consistência necessária para análise local.

Aos dados empíricos ajustou-se a curva teórica de Gumbel, sendo que para o cálculo do quantil de 24 horas foi utilizado o fator de 1,10, aplicado ao quantil de um dia, enquanto que

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>176/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

para determinação dos quantis de chuva com durações sub-diárias, a partir das curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) da estação pluviográfica Catalão, constantes em publicação específica (Referência: “Drenagem Urbana - Manual de Projeto”, Convênio CETESB / ASCETESB, 1986). Os quantis obtidos são apresentados na Tabela 10-2.



Tabela 10-2 – Quantis de chuva (mm).

Tempo de Retorno (anos)										
Duração	2	5	10	25	50	100	200	500	1.000	10.000
5	11,3	13,2	14,3	15,4	16,1	16,7	17,2	17,8	18,2	19,0
10	17,0	19,8	21,4	23,0	24,1	25,0	25,8	26,7	27,2	28,4
25	26,2	30,9	33,7	36,8	38,9	40,8	42,5	44,5	45,8	49,3
30	28,4	34,1	37,6	41,7	44,5	47,2	49,7	52,8	55,0	61,4
1 h	36,8	44,9	50,1	56,5	61,1	65,5	69,9	75,6	79,6	92,8
2 h	48	58	65	74	80	87	93	101	107	126
3 h	54	66	74	84	92	99	106	116	123	146
4 h	58	72	81	92	100	108	116	126	134	159
6 h	65	80	90	102	111	120	129	141	150	179
8 h	69	85	96	109	119	129	139	152	161	193
10 h	73	90	101	115	126	136	146	160	170	203
12 h	76	93	105	120	131	141	152	166	177	212
14 h	82	101	114	130	142	154	166	181	193	232
1 dia	87	107	120	137	150	163	175	192	204	246
2 dias	111	140	159	183	200	218	236	259	276	334
3 dias	131	162	182	207	226	245	264	288	307	369
5 dias	166	199	221	249	269	290	310	337	357	424
7 dias	195	233	258	289	313	336	359	389	412	489
10 dias	239	288	319	360	390	419	449	488	517	615
15 dias	303	366	408	460	499	538	577	628	666	795
20 dias	355	431	481	545	592	638	685	746	793	947
30 dias	445	535	594	669	725	780	835	908	963	1.145

#### 10.4 VAZÕES DE PROJETO – ETAPA FINAL

A partir dos valores de precipitação da Tabela 10-2 e utilizando-se métodos indiretos de transformação chuva-vazão, foram determinadas as vazões para dimensionamento das estruturas hidráulicas.

Foram considerados tempos de recorrência conforme preconizado na NBR 13.029 (ABNT, 2017):

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>177/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- 100 anos para as canaletas de berma e;
- 500 anos para as descidas de água, canaletas de rampa e canais periféricos.

As vazões de projeto das estruturas do sistema de drenagem superficial da PDM-2, exceto o canal periférico CP-04 e o Bueiro 1, foram determinadas segundo o Método Racional em virtude de a magnitude das áreas de contribuição serem menores do que 1 km<sup>2</sup>, valor recomendado pela literatura especializada. Nessa metodologia, a transformação de chuva em vazão é obtida pela aplicação de um coeficiente de escoamento definido em função da cobertura vegetal e tipo do solo da bacia de contribuição. Considera-se que os eventos chuvosos correspondentes às vazões máximas têm a duração igual ao tempo de concentração da respectiva bacia, ou seja:

$$Q_p = \frac{C \cdot i_{t,T} \cdot A}{3,6} \quad \text{Equação 11.1}$$

Onde:



- Q<sub>p</sub>: é a vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s);
- C: é o coeficiente de escoamento, determinado a partir do uso do solo e do tipo do solo;
- i<sub>t,T</sub>: é a intensidade média da chuva para uma duração t e um tempo de retorno T (mm/h);
- A: é a área da bacia de contribuição (km<sup>2</sup>);

Os tempos de concentração foram obtidos seguindo a literatura e critérios de engenharia. Sendo considerados 5 minutos para os canais de berma e canais de rampa, e 10 minutos para as descidas em degraus e canais periféricos.

Os coeficientes de escoamento admitidos foram:

- Superfície da Pilha: C = 0,60;
- Área com vegetação densa: C = 0,20;
- Área com vegetação rasteira: C = 0,40;
- Área com solo exposto: C = 0,60; e
- Área industrial: C = 0,65.

Os valores dos coeficientes de escoamento adotados para o cálculo das vazões de projeto foram ponderados segundo as áreas de drenagem para cada tipo de uso do solo identificado.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>178/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Na Tabela 10-3 estão apresentadas as sínteses dos cálculos para a obtenção das vazões de projeto para os dispositivos de drenagem superficial, utilizando o Método Racional, conforme mencionado.



Ressalta-se que, para o cálculo da vazão de projeto utilizada no dimensionamento da drenagem das bermas, considerou-se como referência a estrutura de maior área de contribuição para o tipo 1 (vazão até 0,30 m<sup>3</sup>/s) e para o tipo 2 (vazão até 0,66 m<sup>3</sup>/s).

Tabela 10-3 – Síntese do cálculo das vazões de projeto.

Dispositivos	Área de contribuição pilha (m <sup>2</sup> )	Coef. de Deflúvio	TR (anos)	Tempo de Conc. (min)	Precip. (mm)	Q Proj. (m <sup>3</sup> /s)
CR-01	2845,43	0,60	500	5	213,6	0,10
CR-02	2938,04	0,60	500	5	213,6	0,10
CR-03	2750,02	0,60	500	5	213,6	0,10
CR-04	2948,26	0,60	500	5	213,6	0,11
CR-05	2761,21	0,60	500	5	213,6	0,10
CR-06	2747,86	0,60	500	5	213,6	0,10
CR-07	2827,09	0,60	500	5	213,6	0,10
CR-08	2745,22	0,60	500	5	213,6	0,10
CR-09	2680,81	0,60	500	5	213,6	0,10
DD-01	63960,98	0,60	500	10	160,2	1,71
DD-02	133908,08	0,60	500	10	160,2	3,58
DD-03	84383,19	0,60	500	10	160,2	2,25
DD-04	200030,25	0,49	500	10	160,2	4,37
DD-05	34790,12	0,60	500	10	160,2	0,93
DD-06	84383,19	0,60	500	10	160,2	2,25
CP-01 – trecho 1	125535,67	0,46	500	10	160,2	2,58
CP-01 – trecho 2	259443,75	0,53	500	10	160,2	6,16
CP-02	287593,21	0,51	500	10	160,2	6,58
CP-03	84383,19	0,60	500	10	160,2	2,25
CP-05 – trechos 1 e 2	95347,82	0,38	500	10	160,2	1,60
CP-05 – trecho 3	119547,74	0,42	500	10	160,2	2,22
BERMA - Tipo 1	8791,18	0,60	100	5	200,4	0,29
BERMA - Tipo 2	19864,38	0,60	100	5	200,4	0,66

Por se tratarem de áreas maiores do que a recomendada para a utilização do Método Racional, as vazões de projeto para o canal CP-04 e para os Bueiros 1 e 2 foram determinadas com o auxílio do modelo hidrológico HEC-HMS – Hydrologic Modeling System, desenvolvido



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>179/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

pelo Hydrologic Engineering Center, órgão colegiado do U.S. Army Corps of Engineers, versão 3.5.0.



Para determinação da chuva efetiva, parcela da precipitação que transformará em escoamento superficial, foi utilizada a metodologia proposta pelo Natural Resources Conservation Service (NRCS), anteriormente conhecido como Soil Conservation Service (SCS), tendo como parâmetro o Número de Curva (CN) e a Abstração Inicial (Ia).

O parâmetro CN está associado ao tipo do solo e às suas condições de uso e ocupação, além de representar as condições antecedentes de umidade. Desse modo, para a ponderação deste parâmetro, inicialmente, foi realizada a definição das tipologias dos solos na bacia hidrográfica em questão. A definição do parâmetro CN foi realizada a partir da ponderação dos valores de referência para os diferentes usos e tipos de solo mapeados dentro da área de contribuição reportados na publicação Applied Hydrology (CHOW et al., 1988), considerando a condição de umidade antecedente do solo normal (condição II). Na Tabela 10-4 é apresentado o cálculo de ponderação do CN pela porcentagem das áreas correspondentes à cada grupo hidrológico e às condições de uso e ocupação da bacia. Toda a área que compreende às regiões das cavas localizadas a montante foi considerada como “solo exposto” por simplificação.

Tabela 10-4 – Características de Uso e Ocupação do Solo para obtenção do CN II.

Estrutura	Tipo de Uso e Ocupação do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	CN II	CN Ponderado
CP-04	Vegetação rasteira	0,255	4,04%	74	81
	Vegetação densa	0,539	8,55%	70	
	Pilha	0	0%	84	
	Área industrial	0	0%	91	
	Solo exposto	5,513	87,41%	82	
Bueiro 1	Vegetação rasteira	0,282	4,06%	74	81
	Vegetação densa	0,632	9,09%	70	
	Pilha	0,459	6,59%	84	
	Área industrial	0,010	0,14%	91	
	Solo exposto	5,572	80,12%	82	
Bueiro 2	Vegetação rasteira	0	0%	74	82
	Vegetação densa	0	0%	70	
	Pilha	0	0%	84	
	Área industrial	0	0%	91	
	Solo exposto	4,737	100%	82	

A abstração inicial (Ia) corresponde à parcela de água que não se transforma em escoamento superficial, seja pelo fato de ser interceptada antes de atingir o solo (evaporação ou retenção

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>180/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

nas folhas de árvores) ou por ficarem armazenadas em depressões presentes devido às irregularidades do solo. De acordo com a metodologia empregada, a abstração inicial (Ia) de cada sub-bacia corresponde a 20% de seu armazenamento potencial (S), calculado a partir do CN, conforme expressão a seguir:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Equação 11.2}$$

Para a transformação chuva-vazão utilizou-se a metodologia do hidrograma unitário triangular sintético do NRCS, onde utiliza-se o parâmetro *Lag Time*, correspondente a 60% do tempo de concentração. Para a área ao redor da pilha, o tempo de concentração foi obtido pelo Método de Kirpich:

$$t_c = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385} \quad \text{Equação 11.3}$$

Onde:

- $t_c$  = tempo de concentração (min);
- $L$  = comprimento do curso d'água principal (km); e
- $\Delta h$  = diferença de altitude em metros ao longo do curso d'água principal.

Para os trechos de escoamento em drenagens e/ou acessos, adotou-se o método cinemático para cálculo do tempo de concentração ( $t_c$ ). Este método é baseado na velocidade do escoamento nos canais. A Equação 11.4 apresenta a formulação adotada para o método cinemático. Para este estudo, adotou-se a velocidade média nos trechos canais igual a 1,0 m/s. A adoção desses valores de velocidade se deu pela baixa declividade dos trechos em canal.

$$t_c = \sum \frac{L_i}{V_i} \quad \text{Equação 11.4}$$

Onde:

- $L_i$  = comprimento do trecho (m); e
- $V_i$  = velocidade média no trecho (m/s).

A síntese dos parâmetros utilizados no modelo hidrológico para o cálculo das vazões de projeto está apresentada na Tabela 10-5.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>181/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 10-5 – Parâmetros hidrológicos para o cálculo das vazões de projeto.

Bacia	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Comp. do talvegue (km)	Declividade Equivalente (%)	Tempo de Concentração (min)	Lag Time (min)	CN Ponderado	S (mm)	la (mm)
CP-04	6,31	4,38	3,8	52,17	31,30	81	59,58	11,92
Bueiro 1	6,95	4,38	3,8	52,17	31,30	81	59,58	11,92
Bueiro 2	4,74	3,04	5,1	29,39	17,63	82	55,76	11,15



A partir dos valores de precipitação apresentados na Tabela 10-2 e considerando os parâmetros constantes na Tabela 10-5, foram determinadas as vazões de projeto utilizando o modelo hidrológico HEC-HMS. Ressalta-se que para a discretização temporal das alturas de chuvas de projeto em intervalos de menor duração, utilizou-se o método proposto por Huff (1967), adotando o critério de distribuição do 2º quartil e 50% de probabilidade de ocorrência.

As simulações foram realizadas para os eventos de chuva com períodos de retorno de 500 anos e 10.000 anos e durações variando entre 10 min e 3 horas, de maneira a se determinar a duração crítica, ou seja, aquela que resultará na maior vazão de pico.

As vazões de projeto decorrentes do evento pluviométrico de duração crítica identificado nas simulações para os tempos de retorno especificados acima podem ser visualizadas na Tabela 10-6.

Tabela 10-6 – Vazões de projeto calculadas.

Estrutura	Período de retorno	Duração	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
CP-04	500 anos	10 min	24,7
		30 min	40,2
		1 hora	68,3
		2 horas	84,9
		2,5 horas	79,6
		3 horas	75,2
Bueiro 1	10.000 anos	10 min	28,4
		30 min	59,2
		1 hora	106,3
		2 horas	130,8
		2,5 horas	122,4

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>182/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Estrutura	Período de retorno	Duração	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
		3 horas	115,4
Bueiro 2	10.000 anos	10 min	23,5
		30 min	67,3
		1 hora	106,4
		2 horas	113,9
		2,5 horas	102,1
		3 horas	93,6

## 10.5 VAZÕES DE PROJETO – ETAPA INICIAL

Conforme realizado para a etapa final, o cálculo das vazões de projeto da etapa inicial também foram utilizados os valores de precipitação da Tabela 10-2 e utilizando-se métodos indiretos de transformação chuva-vazão, foram determinadas as vazões para dimensionamento das estruturas hidráulicas.

Da mesma maneira que a etapa final, conforme preconizado na NBR 13.029 (ABNT, 2017) o tempo de recorrência utilizado para o dimensionamento dos dispositivos da etapa inicial foi:

- 100 anos para as canaletas de berma e;
- 500 anos para as descidas de água, canaletas de rampa e canais periféricos.

As vazões de projeto das estruturas do sistema de drenagem superficial da PDM-2, exceto o canal periférico CP-04 e o Bueiro 1, foram determinadas segundo o Método Racional em virtude de a magnitude das áreas de contribuição serem menores do que 1 km<sup>2</sup>, valor recomendado pela literatura especializada. Foi considerada a mesma metodologia apresentada no tópico referente à etapa final.

Na Tabela 10-7 estão apresentadas as sínteses dos cálculos para a obtenção das vazões de projeto para os dispositivos de drenagem superficial da etapa inicial, que não estão contemplados na etapa final e foram dimensionados exclusivamente para essa etapa inicial. Todos os dispositivos que não estão apresentados nesse tópico e estão presentes nessa etapa inicial já foram apresentados no tópico referente à etapa final.

Ressalta-se que, para o cálculo da vazão de projeto utilizada no dimensionamento da drenagem das bermas, considerou-se como referência a estrutura de maior área de contribuição para o tipo 1 (vazão até 0,45 m<sup>3</sup>/s).



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>183/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 10-7 – Síntese do cálculo das vazões de projeto.

Dispositivos	Área de contribuição pilha (m <sup>2</sup> )	Coef. de Deflúvio	TR (anos)	Tempo de Conc. (min)	Precip. (mm)	Q Proj. (m <sup>3</sup> /s)
CBP-01	72766,82	0,60	100	5	200,4	2,43
DAP-01	119075,88	0,60	500	10	160,2	3,18
CPP-01	276572,72	0,60	500	10	160,2	7,40

## 10.6 ESTUDOS HIDRÁULICOS – ETAPA FINAL

As estruturas do sistema de drenagem em calha lisa foram dimensionadas para o escoamento das vazões de pico, apresentadas nas Tabela 10-3 e Tabela 10-6, utilizando a metodologia proposta por Manning, dada pela Equação 11.5:

$$Q = \frac{1}{n} A R_H^{\frac{2}{3}} \sqrt{I}$$



Equação 11.5

Onde:

- Q: vazão (m<sup>3</sup>/s);
- n: coeficiente de rugosidade de Manning 0,015 para dispositivos revestidos em concreto;
- A: área molhada (m<sup>2</sup>);
- Rh: raio hidráulico da seção molhada (m);
- I: declividade longitudinal (m/m).

O dimensionamento hidráulico das estruturas do sistema de drenagem superficial foi realizado considerando os trechos com declividade máxima e mínima apresentados pelos dispositivos, para determinação da velocidade máxima e altura máxima da lâmina de água, respectivamente. Cabe destacar que foi adotada uma borda livre de aproximadamente 15% da altura das paredes dos dispositivos com relação à lâmina de água no interior dos mesmos, o que, por premissa, garante que o escoamento se propague 100% dentro dos dispositivos, sem possibilidade de extravasamentos, tendo em vista que os dispositivos possuem trechos em curvas suaves.

Para trechos com declividades superiores a 10% e/ou velocidades de escoamento elevadas foram propostos degraus, segundo formulações e critérios apresentados por OHTSU, YASUDA e TAKAHASHI (2004) para o regime tipo Skimming Flow, que corresponde a

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>184/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

escoamento deslizante sobre vórtices. Destaca-se que a altura das paredes nestes trechos foi majorada em 40% para confirmar a “espuma” gerada pelo escoamento aerado.

A Figura 10.3 ilustra um croqui dos canais de fundo liso e em degraus.

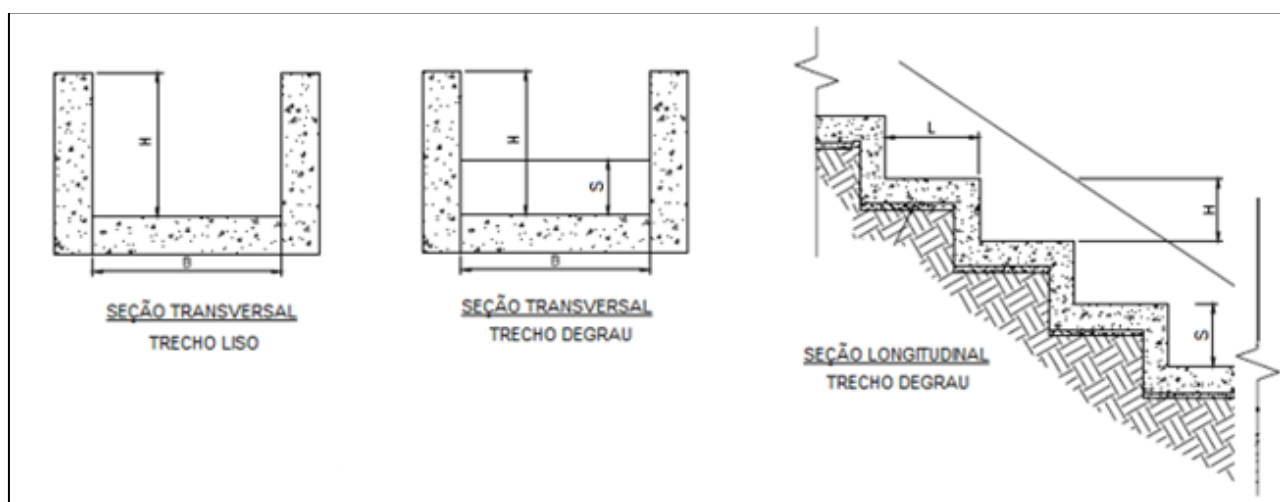


Figura 10.3 - Croqui das seções típicas dos canais de fundo liso e degraus.

Para o dimensionamento dos trechos em degraus considerou-se declividades de 10% e 40%. Ademais, tanto para descidas d’água quanto para trecho em degraus dos canais periféricos, considerou-se degraus com altura de 0,50 m.

De posse da vazão de projeto, foram realizados os dimensionamentos hidráulicos dos dispositivos de drenagem, conforme descrito anteriormente. Nos tópicos seguintes são apresentadas as sínteses dos dimensionamentos dos dispositivos para a situação mais crítica utilizando a metodologia de Manning e Skimming Flow. Os canais periféricos estão apresentados de forma separada pois são demonstrados trecho a trecho.

#### 10.6.1 Canais Periféricos (CP)

Nas Tabela 10-8 a Tabela 10-12 são apresentados os dimensionamentos para os canais periféricos.

Tabela 10-8 – Dimensionamento do CP-01.

Estrutura		CP-01	CP-01	CP-01	CP-01
Características	Trecho	1 – mín. declividade	1 – máx. declividade	2 – mín. declividade	2 – máx. declividade
	Vazão (m³/s)	2,58	2,58	6,16	6,16
	Seção	Retangular	Retangular	Retangular	Retangular
	Revestimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
	Largura da Base (m)	1,50	1,50	2,00	2,00



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**185/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Estrutura		CP-01	CP-01	CP-01	CP-01
	Altura adotada (m)	1,00	1,00	1,50	1,50
	Manning	0,015	0,015	0,015	0,015
Trecho com fundo liso	Declividade (%)	0,50%		0,50%	2,50%
	Velocidade (m/s)	2,58		3,00	5,38
	Profundidade (m)	0,71		1,03	0,57
	Froude	0,91		0,94	2,27
	Borda livre (m)	0,29		0,47	0,93
Trecho com degraus - Metodologia Skimming Flow	Altura degrau (m)		0,50		
	Declividade (%)		90,91%		
	Comprimento degrau (m)		0,55		
	Desnível do trecho (m)		6		
	Lâmina de água aerada (m)		0,50		
	Velocidade aerada (m/S)		3,47		
	Lâmina de água final (m)		0,24		
	Velocidade final (m/s)		7,09		
	Borda livre (m)		0,50		

Tabela 10-9 – Dimensionamento do CP-02.

Estrutura		CP-02	CP-02
Características	Trecho	1 – mín. declividade	1 – máx. declividade
	Vazão (m³/s)	6,58	6,58
	Seção	Retangular	Retangular
	Revestimento	Concreto	Concreto
	Largura da Base (m)	2,00	2,00
	Altura adotada (m)	1,50	1,50
	Manning	0,015	0,015
Trecho com fundo liso	Declividade (%)	0,50%	
	Velocidade (m/s)	3,05	
	Profundidade (m)	1,08	

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**186/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

<b>Estrutura</b>		<b>CP-02</b>	<b>CP-02</b>
	Froude	0,94	
	Borda livre (m)	0,42	
Trecho com degraus - Metodologia Skimming Flow	Altura degrau (m)		0,50
	Declividade (%)		76,90%
	Comprimento degrau (m)		0,65
	Desnível do trecho (m)		8
	Lâmina de água aerada (m)		0,75
	Velocidade aerada (m/S)		4,36
	Lâmina de água final (m)		0,40
	Velocidade final (m/s)		8,27
	Borda livre (m)		0,75

Tabela 10-10 – Dimensionamento do CP-03.

<b>Estrutura</b>		<b>CP-03</b>
Características	Trecho	1
	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	2,25
	Seção	Retangular
	Revestimento	Concreto
	Largura da Base (m)	1,00
	Altura adotada (m)	1,50
	Manning	0,015
Trecho com fundo liso	Declividade (%)	0,50%
	Velocidade (m/s)	2,26
	Profundidade (m)	0,99
	Froude	0,73
	Borda livre (m)	0,51





**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**187/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Tabela 10-11 – Dimensionamento do CP-04.

Estrutura		CP-04	CP-04	CP-04
Características	Trecho	1 – mín. declividade	1 – máx. declividade	2
	Vazão (m³/s)	84,90	84,90	93,60
	Seção	Retangular	Retangular	Retangular
	Revestimento	Concreto	Concreto	Concreto
	Largura da Base (m)	10,00	10,00	10,00
	Altura adotada (m)	2,00	2,00	2,00
	Manning	0,015	0,015	0,015
Trecho com fundo liso	Declividade (%)	0,50%	1,89%	0,50
	Velocidade (m/s)	5,34	8,25	5,52
	Profundidade (m)	1,59	1,03	1,70
	Froude	1,35	2,60	1,35
	Borda livre (m)	0,41	0,97	0,30

Tabela 10-12 – Dimensionamento do CP-05.

Estrutura		CP-05	CP-05	CP-05
Características	Trecho	1 – mín. declividade	1 – máx. declividade	2
	Vazão (m³/s)	1,6	1,60	2,22
	Seção	Retangular	Retangular	Retangular
	Revestimento	Concreto	Concreto	Concreto
	Largura da Base (m)	1,00	1,00	1,50
	Altura adotada (m)	1,00	1,00	1,00
	Manning	0,015	0,015	0,015
Trecho com fundo liso	Declividade (%)	0,50%		0,50%
	Velocidade (m/s)	2,12		2,32
	Profundidade (m)	0,76		0,64
	Froude	0,78		0,93
	Borda livre (m)	0,24		0,36
Trecho com degraus - Metodologia	Altura degrau (m)		0,50	
	Declividade (%)		83,30%	
	Comprimento degrau (m)		0,60	



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**188/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**



Estrutura		CP-05	CP-05	CP-05
	Desnível do trecho (m)		3,50	
	Lâmina de água aerada (m)		0,53	
	Velocidade aerada (m/S)		3,03	
	Lâmina de água final (m)		0,26	
	Velocidade final (m/s)		6,05	
	Borda livre (m)		0,47	

### 10.6.2 Descidas de Água (DA)

Na Tabela 10-13 é demonstrada a síntese para o dimensionamento das descidas de água.

Tabela 10-13 – Dimensionamento das descidas de água.

Estrutura		DD-01	DD-02	DD-03	DD-04	DD-05	DD-06
Características	Vazão (m³/s)	1,71	3,58	2,25	4,37	0,93	2,25
	Seção	Retangular	Retangular	Retangular	Retangular	Retangular	Retangular
	Revestimento	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
	Largura da Base (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
	Altura adotada (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
Trecho com degraus - Metodologia Skimming Flow	Altura degrau (m)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Declividade (%)	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%
	Comprimento degrau (m)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Desnível do trecho (m)	35	86	40	60	20	1,5
	Lâmina de água aerada (m)	0,40	0,64	0,48	0,71	0,42	0,71
	Velocidade aerada (m/S)	4,30	5,63	4,73	6,14	4,42	3,14
	Lâmina de água final (m)	0,28	0,46	0,34	0,52	0,30	0,44
Velocidade final (m/s)	6,13	7,85	6,72	8,45	6,30	5,16	

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>189/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Estrutura	DD-01	DD-02	DD-03	DD-04	DD-05	DD-06
Borda livre (m)	0,60	0,36	0,52	0,29	0,08	0,29

### 10.6.3 Canaletas de Berma e de Rampa (CB e CR)

Na Tabela 10-14 é demonstrada a síntese do dimensionamento das canaletas de berma e de rampa, todas possuem seção retangular e devem ser executadas de concreto.

Tabela 10-14 – Dimensionamento das canaletas de berma e de rampa.

Dispositivos	Coef. de Manning	Q Proj. (m <sup>3</sup> /s)	Dimensões		Declividade (%)	Vel. (m/s)	Prof. (m)	Borda livre (m)
			Base	Altura				
CR-01	0,015	0,10	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-02	0,015	0,10	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-03	0,015	0,09	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-04	0,015	0,10	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-05	0,015	0,09	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-06	0,015	0,09	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-07	0,015	0,09	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-08	0,015	0,09	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
CR-09	0,015	0,09	0,50	0,50	8,00	2,86	0,08	0,42
BERMA - Tipo 1	0,015	0,29	0,50	0,50	0,50	1,38	0,43	0,07
BERMA - Tipo 2	0,015	0,66	0,70	0,70	0,50	1,69	0,56	0,14

## 10.7 ESTUDOS HIDRÁULICOS – ETAPA INICIAL

Conforme apresentado no tópico de estudos hidráulicos da etapa final, as estruturas do sistema de drenagem da etapa inicial foram dimensionadas através da mesma metodologia. Os tópicos a seguir abordam os dispositivos adicionados exclusivamente para essa etapa (CPP-01, DAP-01 e CBP-01). Os demais dispositivos já foram apresentados no tópico de estudos hidráulicos da etapa inicial.

### 10.7.1 Canal Periférico (CPP-01)

Na Tabela 10-15 é apresentado o dimensionamento para o canal periférico (CPP-01) adicionado para a etapa inicial da PDM 2.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>190/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 10-15 – Dimensionamento do CPP-01.



Estrutura		CP-01	CP-01
Características	Trecho	mín. declividade	máx. declividade
	Vazão (m³/s)	7,40	7,40
	Seção	Retangular	Retangular
	Revestimento	Concreto	Concreto
	Largura da Base (m)	2,00	2,00
	Altura adotada (m)	2,00	2,00
	Manning	0,015	0,015
Trecho com fundo liso	Declividade (%)	0,50%	
	Velocidade (m/s)	3,13	
	Profundidade (m)	1,18	
	Froude	0,92	
	Borda livre (m)	0,82	
Trecho com degraus - Metodologia Skimming Flow	Altura degrau (m)		0,50
	Declividade (%)		16,68%
	Comprimento degrau (m)		3,00
	Desnível do trecho (m)		23,50
	Lâmina de água aerada (m)		0,75
	Velocidade aerada (m/S)		4,96
	Lâmina de água final (m)		0,54
	Velocidade final (m/s)		6,91
	Borda livre (m)		1,25

### 10.7.2 Descida de Água (DAP-01)

Na Tabela 10-16 é demonstrada a síntese para o dimensionamento da descida de água adicionada para a etapa inicial DAP-01.

Tabela 10-16 – Dimensionamento da descida de água DAP-01.

Estrutura		DAP-01
Características	Vazão (m³/s)	3,18

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>191/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Estrutura		DAP-01
	Seção	Retangular
	Revestimento	Concreto
	Largura da Base (m)	1,00
	Altura adotada (m)	1,00
Trecho com degraus - Metodologia Skimming Flow	Altura degrau (m)	0,50
	Declividade (%)	50,0%
	Comprimento degrau (m)	1,0
	Desnível do trecho (m)	20
	Lâmina de água aerada (m)	0,60
	Velocidade aerada (m/S)	5,35
	Lâmina de água final (m)	0,37
	Velocidade final (m/s)	8,62
	Borda livre (m)	0,40



### 10.7.3 Canaleta de Berma (CBP-01)

Na Tabela 10-17 é demonstrada a síntese do dimensionamento da canaleta de berma CBP-01 com seção trapezoidal e executada em pedra argamassada.

Tabela 10-17 – Dimensionamento da canaleta de berma CBP-01.

Dispositivos	Coef. de Manning	Q Proj. (m³/s)	Dimensões		Seção	Declividade (%)	Vel. (m/s)	Prof. (m)	Froude	Borda livre (m)
			Base	Altura						
CBP-01	0,026	2,43	1,00	1,00	Trapezoidal – talude 1:1	1,00	2,07	0,69	0,95	0,31

As demais canaletas de berma utilizadas para a etapa inicial da PDM 2 serão a canaletas de berma do tipo 1 apresentadas no dimensionamento hidráulico da fase final.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>192/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 10.8 BUEIROS

O Bueiro 1 recebe as contribuições do córrego Paiolzinho, e da Pilha de Magnetita (PDM 2). O projeto consiste em um bueiro celular de concreto triplo, com células de 3,5m x 3,5m e de um aterro, conformando o acesso. A estrutura foi projetada para vazões relativas à passagem da cheia com TR de 10.000 anos, cujo valor é 141,6 m<sup>3</sup>/s. Dessa maneira, o acesso deverá ser elevado em pelo menos 2 metros, para comportar a passagem da cheia decamilenar. Na Tabela 10-18 está apresentada a síntese do dimensionamento do Bueiro 1.



Tabela 10-18 – Dimensionamento do Bueiro 1.

Estrutura	Bueiro 1
Tipo	Bueiro celular triplo
Vazão (m <sup>3</sup> /s) - TR 10.000 anos	130,80
Seção da célula	3,5m x 3,5m
Revestimento	Concreto armado
Comprimento (m)	15,00
Altura do aterro (relação ao emboque) (m)	5,00
Coeficiente de Manning	0,015
Declividade (%)	2,00%
Altura total do NA a montante (m)	4,31
Profundidade Operacional em escoamento uniforme (m)	1,04
Velocidade associada à Profundidade Operacional em escoamento uniforme (m/s)	4,36
Condição de funcionamento hidráulico do bueiro	Orifício

O Bueiro 2 está localizado sob a futura travessia do canal de lama. Como ainda não possui maiores informações, o projeto desse bueiro será desenvolvido a nível conceitual. Conforme Tabela 10-6 a vazão calculada para a passagem de uma cheia de TR 10.000 anos é de 113,9 m<sup>3</sup>/s. Na Tabela 10-19 está apresentada a síntese do dimensionamento do Bueiro 2.

Tabela 10-19 – Dimensionamento do Bueiro 2.

Estrutura	Bueiro 2
Tipo	Bueiro celular triplo
Vazão (m <sup>3</sup> /s) - TR 10.000 anos	113,90
Seção da célula	3,5m x 3,5m
Revestimento	Concreto armado
Comprimento (m)	15,00

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>193/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Estrutura	Bueiro 2
Altura do aterro (relação ao emboque) (m)	5,00
Coeficiente de Manning	0,015
Declividade (%)	2,00%
Altura total do NA a montante (m)	3,89
Profundidade Operacional em escoamento uniforme (m)	1,14
Velocidade associada à Profundidade Operacional em escoamento uniforme (m/s)	4,53
Condição de funcionamento hidráulico do bueiro	Orifício

## 10.9 SISTEMA DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

Para a contenção dos sedimentos gerados nas áreas de contribuição da pilha e das cavas na região de montante, foram propostos reservatórios (sumps) dimensionados para receber as vazões provenientes dos canais, de modo a armazenar os volumes por períodos mais longos e permitir a decantação dos sedimentos produzidos.

Para este estudo, prevê-se a construção de 2 sumps, a serem escavados em solo e revestidos com enrocamento, localizados em áreas próximas aos talwegues naturais, de modo a concentrar a drenagem proveniente de toda a área de contribuição das cavas e da Pilha de Magnetita.

### 10.9.1 DIMENSIONAMENTO DOS SUMPS

Considerando tratar-se de dispositivos de armazenamento, os cálculos de dimensionamento da capacidade dos sumps baseiam-se no acúmulo dos volumes de sedimentos gerados ao longo dos meses chuvosos, passíveis de serem carreados junto ao escoamento superficial. Para possibilitar a manutenção da eficiência das estruturas, deve-se prever a limpeza e retirada dos sedimentos acumulados na estação chuvosa, visando a operação com toda sua capacidade.

Ressalta-se que não há dados de monitoramento sedimentológico local e, portanto, selecionaram-se taxas de produção específica anual de sedimentos indicadas na bibliografia técnica, comumente adotadas em projetos de mineração (PINHEIRO, 2011) e convertidas em valores anuais. Isso possibilita a estimativa média do volume de sedimentos produzidos, apresentado nas Tabela 10-20, Tabela 10-21 e Tabela 10-22.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>194/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 10-20 – Cálculo do volume necessário para o Sump das cavas (montante).

UOS	Taxa de contribuição (m³/ha.ano)	Área (m²)	Área (ha)	Volume (m³)
Pilha, área antropizada, solo exposto	600	5188198,91	518,82	311291,9346
Vegetação rasteira	300	154352,41	15,44	4630,5723
Vegetação densa	100	265473,96	26,55	2654,7396
TOTAL				318577,25

Tabela 10-21 – Cálculo do volume necessário para o Sump 1 da Pilha (jusante).

UOS	Taxa de contribuição (m³/ha.ano)	Área (m²)	Área (ha)	Volume (m³)
Pilha, área antropizada, solo exposto	600	292942,87	29,29	17576,57
Vegetação rasteira	300	14927,52	1,49	447,83
Vegetação densa	100	35956,55	3,60	359,57
TOTAL				18383,96

Tabela 10-22 – Cálculo do volume necessário para o Sump 2 da Pilha (jusante).



UOS	Taxa de contribuição (m³/ha.ano)	Área (m²)	Área (ha)	Volume (m³)
Pilha, área antropizada, solo exposto	600	218390,39	21,84	13103,42
Vegetação rasteira	300	12448,30	1,24	373,45
Vegetação densa	100	56754,52	5,68	567,55
TOTAL				14044,42

Além do volume previsto para o reservatório foram calculadas as dimensões mínimas necessárias através da Equação 11.6:

$$L b = \frac{Q}{v_s}$$

Equação 11.6



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>195/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Em que:

- L representa o comprimento do reservatório (m);
- b representa a largura do reservatório (m);
- Q representa a vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s);
- Vs representa a velocidade de sedimentação, que para areias muito finas pode ser aproximada por 0,009m/s (PINHEIRO, 2011).

Fixando-se o valor mínimo para a base, é possível calcular o comprimento necessário para o Sump. Nas Tabela 10-23, Tabela 10-24 e Tabela 10-25 são apresentadas as sínteses dos dimensionamentos dos Sumps.

Tabela 10-23 – Dimensionamento do Sump de montante.

<b>Estrutura</b>	<b>Sump montante</b>
Volume (m <sup>3</sup> )	318.577,25
Vazão (m <sup>3</sup> /s) - TR 10.000 anos	113,90
Base fixada (m)	100
Comprimento mínimo (m)	127

Tabela 10-24 – Dimensionamento do Sump 1 de jusante.



<b>Estrutura</b>	<b>Sump 1 - jusante</b>
Volume (m <sup>3</sup> )	18.383,96
Vazão (m <sup>3</sup> /s) - TR 500 anos	6,16
Base fixada (m)	30
Comprimento mínimo (m)	22,82

Tabela 10-25 – Dimensionamento do Sump 2 de jusante.

<b>Estrutura</b>	<b>Sump 2 - jusante</b>
Volume (m <sup>3</sup> )	14.044,42
Vazão (m <sup>3</sup> /s) - TR 500 anos	6,58
Base fixada (m)	50
Comprimento mínimo (m)	14,62

### 10.9.2 DIMENSIONAMENTO DOS EXTRAVASORES

Para o dimensionamento dos extravasores dos Sumps, foi considerado, de forma conservadora, que a vazão afluyente será a mesma da vazão defluyente. Assim, a vazão afluyente ao Sump de jusante 1 será igual a 8,41m<sup>3</sup>/s, que é soma das vazões dos CP-01 e CP-03, e a vazão afluyente ao Sump de jusante 2 será igual a 6,58m<sup>3</sup>/s, mesma vazão do CP-

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>196/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

02. Para o Sump de montante, a vazão defluente considerada é 48,00m<sup>3</sup>/s, sendo considerado o amortecimento no mesmo. A Tabela 10-26 demonstra a síntese do dimensionamento dos extravasores dos Sumps.

Tabela 10-26 – Síntese do dimensionamento dos extravasores dos Sumps.

Estruturas	Extravisor 1	Extravisor 2	Extravisor de montante
Trecho	1	1	1
TR	500 anos		
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	8,41	6,58	48,00*
Seção	Retangular	Retangular	Retangular
Revestimento	Concreto	Concreto	Concreto
Largura da Base (m)	2,50	2,00	10,00
Altura adotada (m)	1,60	1,70	2,00
Coeficiente	1,70	1,70	1,70
NA montante (m)	1,58	1,56	2,00

\* Vazão defluente amortecida no Sump.

## 11 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO

O plano de instrumentação proposto para a PDM-2 visa permitir o controle e o monitoramento de uma série de fatores associados à estabilidade da pilha. A Tabela 11-1 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos de instrumentos a serem instalados na estrutura e suas respectivas funções.

Tabela 11-1 – Tipos de instrumentos de monitoramento/respetiva funções.

Instrumentos	Quantidades	Localização	Função
Indicador de Nível d'água	11	Pilha	Monitoramento dos níveis freáticos estabelecidos no interior do maciço.
Piezômetro Casagrande	13	Pilha e Terreno Natural	Monitoramento das poropressões s no interior do maciço e no pé da estrutura.
Marco Superficial	22	Pilha	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**197/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Instrumentos	Quantidades	Localização	Função
Medidor de vazão	4	Terreno Natural	Acompanhamento das vazões provenientes dos drenos de fundo da estrutura.

Nas Tabela 11-2 a

Tabela 11-9 abaixo são apresentados os quadros de locação dos instrumentos previstos no plano de monitoramento da PDM-2 Fase Inicial. Para locação em planta e o posicionamento nas seções, consultar os documentos n.º WA02821014-1-GT-DES-0032.

Tabela 11-2 – Indicadores de nível d'água Fase Inicial.

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	Leste	Norte		
INA-09	306.718,45	7.804.255,95	1.218,08	33,35
INA-10	306.863,98	7.804.695,51	1.216,01	50,73
INA-11	306.868,87	7.804.749,56	1.196,57	16,20
INA-12	306.749,15	7.804.221,40	1.227,61	51,26
INA-13	306.878,62	7.804.254,86	1.227,05	53,05
INA-14	306.949,40	7.804.255,82	1.207,32	37,48
INA-15	307.002,94	7.804.266,03	1.187,12	17,60





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>198/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 11-3 – Piezômetro Casagrande Fase Inicial.

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	Leste	Norte		
PZ-10	306.713,69	7.804.255,31	1.218,01	37,23
PZ-11	306.857,97	7.804.695,68	1.216,07	55,04
PZ-12	306.863,70	7.804.750,19	1.196,62	20,97
PZ-13	306.867,80	7.804.777,08	1.186,27	3,25
PZ-14	306.742,53	7.804.219,99	1.227,63	54,12
PZ-15	306.673,32	7.804.324,13	1.213,02	3,00
PZ-16	306.881,52	7.804.243,61	1.227,04	57,05
PZ-17	306.950,06	7.804.247,95	1.207,19	41,44
PZ-18	307.002,54	7.804.254,42	1.187,01	21,47
PZ-19	307.052,83	7.804.271,88	1.177,00	3,00

Tabela 11-4 – Marcos superficiais – Fase Inicial

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota do terreno (m)
	Leste	Norte	
MS-02	306.787,15	7.803.957,82	1.217,02

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>199/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota do terreno (m)
	Leste	Norte	
MS-13	306.681,11	7.804.097,18	1.216,48
MS-16	306.554,61	7.804.199,79	1.215,70
MS-17	307.008,87	7.804.228,13	1.186,97
MS-18	306.877,14	7.804.375,41	1.227,50
MS-19	306.932,16	7.804.383,35	1.208,33
MS-20	306.991,83	7.804.596,08	1.187,37
MS-21	306.823,46	7.804.696,69	1.216,16

Tabela 11-5 – Medidores de Vazão – Fase Inicial – PDM-2

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota do terreno (m)
	Leste	Norte	
MV-01	307.040,61	7.804.540,21	1.175,00
MV-02	307.047,44	7.804.117,59	1.178,00

Nas Tabela 11-6 a Tabela 11-9 são apresentados os instrumentos a serem instalados e ou alteados na Fase Final da PDM-2.

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**200/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Tabela 11-6 - Indicadores de nível d'água Fase Final.

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota no terreno (m)	Prof. (m)	Método construtivo
	Leste	Norte			
INA-01	306722,97	7.803.835,97	1.264,34	59,38	Implantação
INA-02	306.645,56	7.803.808,92	1.235,31	30,22	Implantação
INA-03	306.595,73	7.803.790,96	1.217,51	9,88	Implantação
INA-04	306.772,60	7.804.090,23	1.264,05	88,19	Implantação
INA-05	306.905,29	7.804.113,08	1.226,22	56,13	Implantação
INA-06	306.997,66	7.804.130,90	1.196,48	23,77	Implantação
INA-07	306.728,41	7.804.113,01	1.264,75	86,31	Implantação
INA-08	306.722,86	7.804.201,45	1.236,87	53,25	Implantação
INA-09	306.718,45	7.804.255,95	1.218,08	33,35	Implantado na Fase Inicial
INA-10	306.863,98	7.804.695,51	1.216,01	50,73	Implantado na Fase Inicial
INA-11	306.868,87	7.804.749,56	1.196,57	16,2	Implantado na Fase Inicial





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>201/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 11-7 – Piezômetro Casagrande - Fase Final.

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota de topo (m)	Prof. (m)	Método construtivo
	Leste	Norte			
PZ-01	306.721,32	7.803.840,86	1.264,36	63,38	Implantação
PZ-02	306.644,32	7.803.815,21	1.235,29	34,12	Implantação
PZ-03	306.594,12	7.803.797,12	1.217,45	15,07	Implantação
PZ-04	306.771,50	7.804.096,96	1.264,02	92,18	Implantação
PZ-05	306.904,65	7.804.117,68	1.226,24	59,82	Implantação
PZ-06	306.996,03	7.804.135,24	1.196,45	27,53	Implantação
PZ-07	307.060,95	7.804.141,66	1278,12	3,00	Implantação
PZ-08	306.722,78	7.804.112,05	1.264,72	89,91	Implantação
PZ-09	306.716,25	7.804.200,05	1.236,78	57,79	Implantação
PZ-10	306.713,69	7.804.255,31	1.218,01	37,23	Implantado na Fase Inicial
PZ-11	306.857,97	7.804.695,68	1.216,07	55,04	Implantado na Fase Inicial
PZ-12	306.863,70	7.804.750,19	1.196,62	20,97	Implantado na Fase Inicial

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>202/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota de topo (m)	Prof. (m)	Método construtivo
	Leste	Norte			
PZ-13	306.867,80	7.804.777,08	1.186,97	3,25	Implantado na Fase Inicial

Tabela 11-8 – Marcos superficiais – Fase Final

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota do terreno (m)
	Leste	Norte	
MS-01	306.726,54	7.803.829,37	1.264,30
MS-02	306.647,69	7.803.801,20	1.235,31
MS-03	306.774,85	7.804.082,38	1.264,08
MS-04	306.877,45	7.804.110,01	1.235,83
MS-05	306.834,58	7.803.850,79	1.263,71
MS-06	306.780,23	7.803.760,58	1.253,62
MS-07	306.771,67	7.803.730,38	1.244,19
MS-08	306.677,68	7.803.728,02	1.235,00



**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE  
TAPIRA - CMT****PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**203/208**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-RTE-0001**

REV.

**0**

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota do terreno (m)
	Leste	Norte	
MS-09	306.987,04	7.803.704,13	1.235,55
MS-10	307.015,83	7.803.701,66	1.225,88
MS-11	307.071,10	7.803.694,99	1.206,00
MS-12	307.122,69	7.803.685,70	1.187,00
MS-13	306.626,05	7.804.007,23	1.235,68
MS-15	306.582,08	7.804.100,42	1.235,32
MS-16	306.550,59	7.804.193,65	1.234,99
MS-17	307.008,87	7.804.228,13	1.186,99
MS-18	306.838,04	7.804.369,83	1.237,01
MS-19	306.928,86	7.804.354,90	1.208,27
MS-20	306.991,83	7.804.596,08	1.187,37
MS-21	306.823,46	7.804.696,69	1.216,16
MS-22	306.998,77	7.803.959,15	1.205,78



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>204/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 11-9 – Medidor de Vazão – Fase Final

Instrumento	Coordenadas (Datum Sirgas 2000 Fuso 23S)		Cota do terreno (m)
	Leste	Norte	
MV-01	307.044,60	7.804.540,36	1175,00
MV-02	307.060,69	7.804.121,79	1175,00
MV-03	307.109,42	7.803.874,15	1175,00
MV-04	307.138,86	7.803.770,42	1175,00

## 12 PLANO DE FECHAMENTO



A desativação da Pilha PDM-2 deverá ocorrer imediatamente ao término da implantação da pilha, com base nas condições de reabilitação da área definidas pela MOSAIC.

Encerradas as operações na pilha, esta deverá se apresentar com a geometria estabelecida neste projeto, determinada segundo os critérios estabelecidos na NBR 13.029 (ANBT, 2017).

Caso seja constatado que os taludes da pilha não apresentem a geometria especificada, deverão ser promovidas obras de recomposição dos trechos cuja declividade se apresentar superior à de projeto.

As seguintes medidas devem ser realizadas para o plano de fechamento da estrutura:

- Realizar manutenção no sistema de drenagem superficial da pilha e da cobertura vegetal, além de verificar a necessidade da retirada ou ampliação das mesmas;
- Na fase de fechamento, deverá ser verificada a possibilidade da inserção gradativa de espécies nativas resistentes às condições físico-químicas da magnetita. Contudo, todas as sugestões de revegetação e correções do solo deverão ser confirmadas a partir do plantio de pequenas áreas experimentais;
- Manter o monitoramento contínuo da instrumentação da pilha, além de avaliar a necessidade de instalação de novos instrumentos;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>205/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Tratar erosões e processos de instabilização no maciço e acesso, caso existam;
- Realizar limpeza do trecho logo após a saída da drenagem interna e dar continuidade à medição das vazões dos drenos;
- Garantir e estimular a proliferação de gramíneas a partir da técnica de hidrossemeadura em zonas ou setores da pilha na qual o desenvolvimento vegetal natural não ocorreu, ou se processa de forma mais lenta em relação aos outros setores da estrutura;
- Realização a manutenção periódica do revestimento das bermas, crista e platôs.

O desenho n.º WA02821014-1-GT-DES-0073 apresenta os detalhes do plano de fechamento previsto para a PDM-2.

A WALM sugere que a manutenção geral da estrutura seja realizada a cada 2 (dois) meses, considerando o período chuvoso, e de 3 (três) a 4 (quatro) meses em período seco, devendo ser avaliados os seguintes pontos:



- Indícios de fissuração das estruturas que podem reduzir a eficiência estrutural dos canais e descidas hidráulicas;
- Focos com armaduras expostas reduzindo a seção útil da estrutura e acelerando o processo de corrosão das estruturas de aço;
- integridade das juntas de concretagem; e
- existência de obstruções ao longo das seções de escoamento devido ao acúmulo de sedimento e/ou vegetação, uma vez que a pilha será descomissionada e reintegrada a natureza.

### 12.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL

O sistema de proteção superficial proposto para PDM-2 em seu plano de fechamento, consiste na aplicação de camada de solo orgânico de espessura igual a 0,30 m sobre a superfície e posterior implantação de placas de grama.

## 13 PLANILHA DE QUANTIDADE

A planilha de quantitativos elaborada para o Projeto Executivo da PDM-2 é apresentada no documento n.º WA02821014-1-GT-PQT-0001.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>206/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 14 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

A Especificação técnica construtiva elaborada para o Projeto Executivo da PDM-2 é apresentada no documento n.º WA02821014-1-GT-ETC-0001.

Além desta especificação, foi elaborada pela Walm, uma especificação técnica de ensaios geológicos-geotécnicos complementares, devido as dúvidas quanto a extensão e resistência dos materiais de fundação da área da pilha apresentada no documento n.º WA02821014-1-GT-ETC-0002.

## 15 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O projeto executivo da Pilha de Magnetita PDM-2 teve como objetivo a apresentação em detalhe das características gerais envolvidas na implantação, operação e monitoramento do depósito e estruturas auxiliares, a partir de estudos baseados nas premissas e dados fornecidos pela Mosaic.

Os dimensionamentos aqui apresentados basearam-se nas premissas definidas pela MOSAIC e assumidas pela projetista, nos projetos desenvolvidos anteriormente, nos resultados da visita de campo e investigações geológico-geotécnicas da área, nos demais dados fornecidos para a atual etapa do projeto, além de informações complementares obtidas por meio de fontes bibliográficas.



As sondagens e ensaios de laboratório existentes relativos à área de implantação da PDM-2 apresentam, no geral, informações restritas quanto a extensão e profundidade dos seus materiais.

A partir da campanha de ensaios apresentada no item 8 deste relatório, as sondagens locadas na parte oeste da pilha mapearam uma camada de colúvio mole com valores de NSPT inferior a 7,0 tendo em sua sequência colúvio de maior resistência. Para limpeza de fundação recomenda-se a retirada de todo colúvio mole e a realização de ensaios de laboratório conforme documento WA02821014-1-GT-ETC-0002 para confirmação dos parâmetros de resistência e compressibilidade do colúvio com maior NSPT.

Caso seja constatado que o colúvio com maior NSPT tenha compressibilidade alta, o mesmo deve ser removido em sua totalidade.

No que tange aos ensaios de laboratórios, dos 8 triaxiais executados, 2 apresentaram problemas em dois CP's tendo que ser descartados, e outra amostra encontrava-se com dimensão fora do exigido por norma, desta forma recomenda-se a repetição destes ensaios.

As seções geológicas foram executadas conforme investigações, entretanto devido à baixa capacidade de suporte e as dificuldades de acessos em algumas regiões da pilha, parte das seções geologia foi inferida e deve ser revista após a campanha complementar.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>207/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

Conforme exposto no Item 8.4, os resultados das análises de estabilidade da estrutura considerando as seções geológicas-geotécnicas críticas da pilha confirmaram que a geometria proposta atende aos critérios de estabilidade preconizados nas normas e legislação vigente.

É importante ressaltar que a garantia da integridade da pilha deverá ser prioridade mediante quaisquer alterações realizadas nas estruturas existentes nas imediações do depósito. O rejeito de magnetita tem como premissa básica a não susceptibilidade a liquefação e a pilha deve ter grau de compactação de 98% no Proctor Normal e o controle de compactação deve ser realizado durante todo período de construção da pilha.

O sistema de drenagem interna previsto em projeto consiste em um conjunto de drenos de fundo a serem implantados sobre reaterro de magnetita e/ou terreno natural. Os dispositivos foram dimensionados de modo a coletar as vazões relativas à área de contribuição da pilha, conduzindo-as para o canal periférico.

É importante ressaltar que após a supressão vegetal caso sejam verificados a existência de e nascentes/cursos de água até então não contemplados no sistema de drenagem interna da estrutura o projeto de drenagem interna deve ser revisto.



O sistema de contenção de sedimentos foi executado por meio de dois *sumps*, com a premissa de volume suficiente para atender o volume de sedimentos por um ano. Ou seja, considerou-se uma limpeza anual.

O sistema de drenagem superficial proposto para PDM-2 consiste em canais periféricos, canais de acesso, canaletas de topo, canaletas de berma, descidas de água e caixas de passagem. Os canais dimensionados têm por finalidade o direcionamento do escoamento para os dois sump do depósito.

Os dimensionamentos hidráulicos dos dispositivos de drenagem foram realizados considerando as normas e legislações vigentes, além das boas práticas de engenharia. Assim, as estruturas propostas apresentam segurança hidráulica frente à passagem de cheias para as quais foram dimensionados.

A instrumentação de monitoramento prevista para PDM-2 consiste em indicadores de nível d'água, piezômetros casagrande, medidores de vazão e marcos superficiais posicionados ao longo de toda a pilha. Os dados aferidos nesses instrumentos subsidiarão as análises de estabilidade da estrutura durante e após a conclusão da implantação do depósito.

É de fundamental importância a realização de inspeções visuais na pilha, sobretudo após a ocorrência de eventos chuvosos de maior intensidade, a fim de detectar e reparar possíveis erosões pontuais ocorridas nos revestimentos, deslocamento de blocos de enrocamento do dreno de pé, assim como a manutenção permanente do sistema de drenagem superficial para evitar qualquer tipo de obstrução dos dispositivos que podem acarretar na formação de processos erosivos na pilha.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>208/208</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-RTE-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ANA – Agência Nacional de Águas (2013). Conduitos e Filtros – Notas de aula (em power point) do Eng. David Paul do US Army Corps of Engineers no Workshop – Segurança de Barragens – Brasília.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 13029:2017 – Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Estéril em Pilha, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 13028:2017 – Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 11682 – Estabilidade de encostas – Slope Stability, Rio de Janeiro, RJ, 2009.





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>2/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>



## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ETAPAS CONSTRUTIVAS</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DEFINIÇÕES</b>	<b>8</b>
3.1	EMPRESAS ENVOLVIDAS	8
3.2	NORMAS TÉCNICAS	9
<b>4</b>	<b>GARANTIA DE QUALIDADE</b>	<b>9</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES	9
4.2	OBRIGAÇÕES E RESPONSABILIDADES	11
<b>5</b>	<b>SERVIÇOS GERAIS</b>	<b>13</b>
5.1	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	13
5.2	CANTEIRO DE OBRAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS, MEDICINA E SEGURANÇA DO TRABALHO	13
5.3	SERVIÇOS DE TOPOGRAFIA	18
5.4	IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS CAMINHOS DOS SERVIÇOS	19
<b>6</b>	<b>TERRAPLENAGEM</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO E ESCAVAÇÕES EM GERAL</b>	<b>21</b>
7.1	GENERALIDADES	22
7.2	CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE ESCAVAÇÃO	23
7.3	REQUISITOS ADICIONAIS DAS ESCAVAÇÕES PARA AS ESTRUTURAS DE CONCRETO	25
7.4	CUIDADOS AMBIENTAIS	25
7.5	EQUIPAMENTOS	26
7.6	CONTROLE	26





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>3/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

7.7	ACEITAÇÃO DOS SERVIÇOS	26
7.8	EXECUÇÃO DE BOTA FORA	27
7.9	ALINHAMENTOS, DECLIVIDADES E TALUDES	27
7.10	MAPEAMENTOS GEOLÓGICOS E CLASSIFICAÇÕES GEOMECÂNICAS	28
7.11	LIBERAÇÃO DAS FUNDAÇÕES	28
7.12	PREPARO DAS FUNDAÇÕES PARA AS ESTRUTURAS DE CONCRETO	29
<b>8</b>	<b>DRENAGEM INTERNA</b>	<b>30</b>
8.1	MATERIAIS GRANULARES	31
8.2	EXECUÇÃO	37
<b>9</b>	<b>EXECUÇÃO DO REATERRO DA FUNDAÇÃO EM MAGNETITA COMPACTADA E DO ATERRO DA PILHA EM MAGNETITA COMPACTADA</b>	<b>38</b>
9.1	OBJETIVO	38
9.2	ALINHAMENTO, TALUDES E SEÇÕES	38
9.3	EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO	39
9.4	REATERRO MANUAL	45
<b>10</b>	<b>SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL</b>	<b>45</b>
10.1	ATERROS DE VALAS ESCAVADAS	46
10.2	EXECUÇÃO DE BUEIROS	46
<b>11</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>	<b>50</b>
11.1	COMPOSIÇÃO	50
11.2	DOSAGEM DO CONCRETO	53
11.3	CONTROLE	53
11.4	CLASSE DO CONCRETO	53
11.5	ENSAIOS DO CONCRETO	54
11.6	ADENSAMENTO DO CONCRETO	54

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>4/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

11.7	FORMAS	55
11.8	CURA E PROTEÇÃO	55
11.9	ARMADURA	58
<b>12</b>	<b>INSTRUMENTAÇÃO</b>	<b>60</b>
12.1	MARCOS SUPERFICIAIS	61
12.2	INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA	63
12.3	PIEZÔMETRO DE TUBO ABERTO	69
12.4	MEDIDOR DE VAZÃO	73
<b>13</b>	<b>REVESTIMENTO DOS TALUDES</b>	<b>74</b>
<b>14</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>74</b>

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>5/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Mosaic Fertilizantes P&K Ltda. (Mosaic) contratou a WALM BH Engenharia para elaboração de um projeto detalhado da estrutura de deposição de magnetita. Este trabalho faz parte do escopo do contrato nº 5300012167, celebrado entre a WALM e a MOSAIC, em atendimento ao plano de trabalho para desenvolvimento de “Projeto Detalhado para a Pilha de Magnetita 2 do Complexo de Mineração de Tapira – CMT”.

O Complexo de Mineração de Tapira (CMT) está localizado no Município de Tapira/MG. O percurso até Tapira desde a capital mineira inicia-se pela rodovia BR-262, sendo percorridos 420 km até o município de Araxá, onde se acessa a MG-341 que interliga a cidade à portaria do complexo, localizado no quilômetro 25.

Na Figura 1.1 é apresentado o trajeto ao CMT a partir de Belo Horizonte e a Figura 1.2 apresenta uma visão geral do complexo. A Figura 1.3 apresenta a projeção da pilha de magnetita PDM 2 na região onde será implantada a obra.

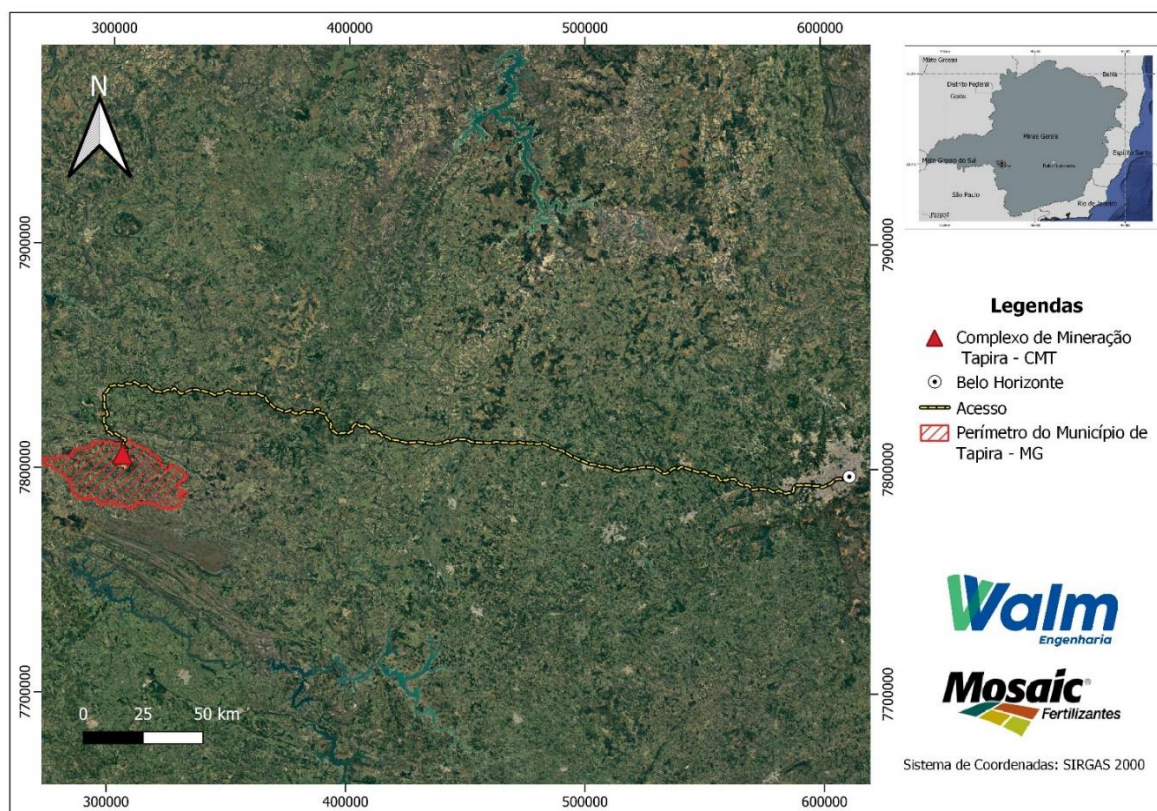


Figura 1.1. Acesso ao CMT a partir de Belo Horizonte/MG.





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>6/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>



Figura 1.2. Vista Geral do Complexo de Mineração de Tapira – CMT.

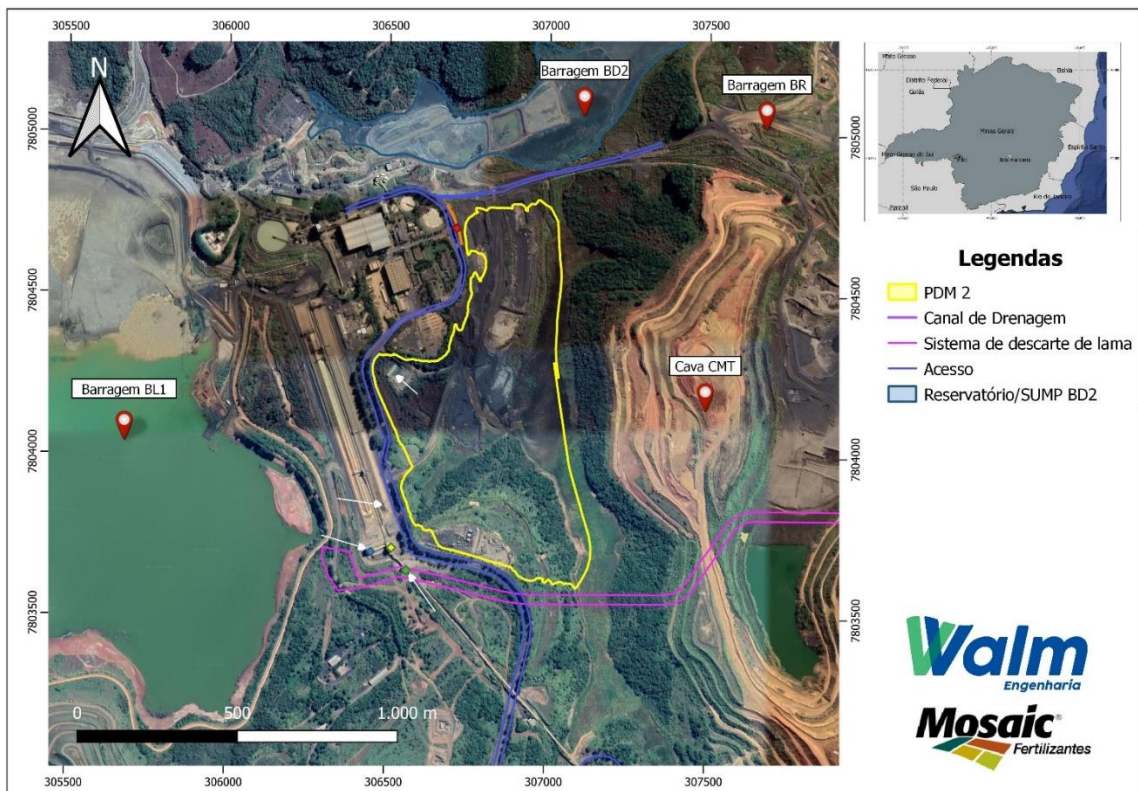




Figura 1.3. Projeção da pilha de magnetita PDM 2.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>7/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Portanto, a presente especificação técnica é aplicável aos serviços e fornecimentos referentes às obras civis para implantação da pilha de magnetita PDM 2, além da drenagem interna, transições e drenagem superficial (escavação e obras de concreto armado).



## 2 ETAPAS CONSTRUTIVAS

A execução das estruturas que conformarão a implantação da pilha de magnetita PDM 2 consistirá das seguintes etapas construtivas:

- Serviços preliminares;
- Terraplenagem;
- Limpeza de fundação das áreas de implantação da pilha de magnetita PDM 2;
- Escavações para implantação das estruturas e remoção de solo baixa capacidade de suporte;
- Implantação do dispositivo de drenagem interna;
- Implantação dos dispositivos de drenagem superficial – canais periféricos e descidas d'água;
- Implantação e execução das pilhas de disposição de magnetita em camadas de aterro compactadas;
- Locação e implantação da instrumentação geológico-geotécnica;
- Fornecimento de mão de obra e materiais necessários, sejam estes de consumo ou de aplicação para a realização das Obras Civis.

Previamente ao início da construção das Obras Civis, com a antecedência estabelecida pela MOSAIC, a CONTRATADA deverá apresentar à FISCALIZAÇÃO o planejamento dos trabalhos, com informações detalhadas relativas aos seguintes aspectos:

- “Layout” do canteiro de obras;
- Plano de Gestão do trabalho;
- Plano de Gestão do meio ambiente;
- Metodologias executivas e equipamentos, que serão empregados nos trabalhos;
- Características e disposição das instalações e equipamentos do canteiro de obras e acampamento;
- Cronograma físico de execução das estruturas, com indicação das etapas a serem executadas em cada mês;
- Dimensionamento das equipes de trabalho e dos equipamentos a serem empregados em cada etapa dos serviços;
- Histograma de utilização dos equipamentos e da mão de obra durante as etapas mensais dos serviços;
- Logística de suprimento dos materiais de construção;
- Sistemática de controle e garantia da qualidade das estruturas a serem construídas, incluindo detalhamento dos tipos e quantidades de equipamentos do laboratório e da qualificação e dimensionamento da equipe de controle a ser utilizada nas inspeções de campo e na execução e supervisão dos ensaios de controle;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>8/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Identificação dos principais serviços que deverão ser subcontratados junto a outras empresas, com informação sobre os respectivos subcontratados.



### 3 DEFINIÇÕES

#### 3.1 EMPRESAS ENVOLVIDAS

Toda vez que nesta Especificação Técnica for encontrada as palavras ou expressões abaixo descritas com letras maiúsculas ou minúsculas, no singular ou no plural, no masculino ou no feminino, elas serão entendidas de acordo com as definições dadas a seguir:

- **CONTRATANTE:** MOSAIC, empresa proprietária da obra, responsável pela execução dos serviços;
- **CONTRATADA** – é a empresa contratada para a implantação das Obras Civis;
- **CONTRATANTE** – é a empresa contratante das Obras Civis;
- **EQUIPE TÉCNICA DA CONTRATANTE** – técnicos da MOSAIC, consultores externos e internos envolvidos na elaboração do projeto e no acompanhamento das obras;
- **FISCALIZAÇÃO** – pessoa(s) física(s) ou jurídica(s) contratada(s) pela MOSAIC e/ou do quadro de empregados próprios, para acompanhar, verificar e fiscalizar os serviços de construção das Obras Civis;
- **ATO** – pessoa/profissional capacitado tecnicamente para verificar se as obras estão sendo executadas conforme o projeto executivo e apontar eventuais desvios.
- **Especificação Técnica** ou simplesmente **Especificação** – é a presente Especificação Técnica Construtiva, documento integrante do Projeto Executivo, que incluirá também as revisões que porventura venham a ser realizadas pela MOSAIC, aplicáveis à execução das Obras Civis;
- **Gestão da Qualidade** – é a equipe da CONTRATADA, que terá a função de realizar a gestão da qualidade das Obras Civis, por meio das atividades de inspeção de campo e de acompanhamento da realização dos ensaios de controle tecnológico;
- **Gestão de Meio Ambiente** – é a equipe da CONTRATADA, que terá a função de realizar a gestão de meio ambiente das Obras Civis, por meio das atividades de inspeção de campo e de acompanhamento da realização dos ensaios de controle tecnológico;
- **Obras Civis** – conjunto de todos os serviços, materiais e demais fornecimentos de responsabilidade da CONTRATADA referentes ao tratamento de fundação, drenagem interna e das estruturas em concreto que compõem as obras para implantação da pilha de magnetita PDM 2, inclusive as atividades de controle e garantia da qualidade, segurança do trabalho e meio ambiente, incluindo também as obras provisórias, o canteiro de obras, os acessos, áreas de bota-foras etc.;
- **Projetista** – é a empresa contratada pela MOSAIC para o desenvolvimento do Projeto Executivo;
- **Projeto Executivo** – é a documentação necessária à execução das Obras Civis, formada pelos desenhos de execução, especificações técnicas e demais documentos de projeto fornecidos pela MOSAIC, incluindo as complementações e/ou modificações que se fizerem necessárias;



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>9/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Relatórios de Não-Conformidade – são os relatórios a serem emitidos pela Gestão da Qualidade nos casos em que os serviços e atividades de construção e controle desenvolvidos pela CONTRATADA se apresentarem não conformes;
- Relatórios Mensais do Controle Tecnológico – são os relatórios mensais que serão emitidos pela Gestão da Qualidade, consolidando os resultados das atividades de inspeção de campo e de acompanhamento da execução dos ensaios de controle tecnológico durante cada mês;
- Subcontratado – é qualquer pessoa física ou jurídica com a qual a CONTRATADA, sob sua inteira responsabilidade, venha a celebrar contrato para executar parte dos serviços ou fornecimentos relativos às Obras Civis, com prévia autorização da MOSAIC.

A definição da FISCALIZAÇÃO será feita pela CONTRATANTE.

### 3.2 NORMAS TÉCNICAS

Os requisitos presentes nas normas técnicas especializadas de entidades relacionadas abaixo deverão ser obedecidos, onde e quando forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente especificação.

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- AWWA - American Water Works Association;
- ASTM - American Society For Testing And Materials;
- AWS - American Welding Society;
- DIN - Deutsche Industrien Normen;
- ISO - International Organization for Standardization.



## 4 GARANTIA DE QUALIDADE

### 4.1 CONSIDERAÇÕES

As Obras Civis serão executadas em conformidade com o projeto e com as normas técnicas aplicáveis, mesmo que não citadas explicitamente nesta Especificação. Em caso de eventuais divergências entre as normas e a Especificação, prevalecerão as disposições desta última.

A CONTRATADA será responsável total pelo controle e garantia da qualidade das Obras Civis, incluindo a realização dos ensaios prévios de qualificação dos materiais (de modo a garantir o seu atendimento às especificações e normas técnicas), a execução dos estudos de dosagens do concreto, a inspeção e verificação dos serviços de campo e a execução dos ensaios de controle dos materiais de construção. A CONTRATADA deverá substituir, refazer e/ou adequar, às suas custas, todo e qualquer serviço ou fornecimento em desacordo com esta Especificação.

Os procedimentos de construção e controle da qualidade deverão apresentar-se uniformes durante todo o período de implantação das Obras Civis, independentemente das atividades a

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>10/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

serem executadas pela CONTRATADA ou por eventuais subcontratados. Os procedimentos de execução dos serviços por parte de quaisquer Subcontratados deverão apresentar-se compatíveis e aderentes aos procedimentos aprovados.

O controle da qualidade das Obras Civis será exercido pela CONTRATADA por meio da equipe de Gestão da Qualidade. A atuação da Gestão da Qualidade abrangerá as atividades de inspeção de campo e de acompanhamento da realização dos ensaios de controle das obras de terra, do concreto e de seus materiais constituintes, assim como do aço para concreto armado, dos dispositivos de vedação de juntas e de quaisquer outros materiais de responsabilidade da CONTRATADA para os quais seja necessária a realização de ensaios.

Os resultados das inspeções e verificações deverão ser consolidados nos Relatórios Mensais do Controle Tecnológico e, quando for o caso, nos Relatórios de Não Conformidade emitidos pela Gestão da Qualidade.

A Gestão da Qualidade deverá atuar orientando as equipes de produção da CONTRATADA quando o desenvolvimento dos serviços não estiver sendo executado de acordo com os padrões estabelecidos e verificando a solução dos problemas levantados e das não conformidades emitidas.



A execução dos ensaios de controle dos materiais e das obras, assim como de levantamentos topográficos para fins de controle dos avanços da obra será de responsabilidade exclusiva da CONTRATADA, independentemente da realização de ensaios eventuais pela FISCALIZAÇÃO.

A FISCALIZAÇÃO terá o direito de, a qualquer tempo, inspecionar as obras e ter acesso aos resultados dos ensaios do concreto, das obras de terra e de quaisquer outros materiais de construção utilizados nas obras, sejam eles realizados pela própria CONTRATADA, por laboratórios externos contratados pela CONTRATADA ou pelos fabricantes dos materiais. A FISCALIZAÇÃO também se reserva o direito de acompanhar a execução de quaisquer ensaios em qualquer fase de sua realização, obrigando-se a CONTRATADA a facilitar o pronto acesso da FISCALIZAÇÃO aos locais de realização dos ensaios. A FISCALIZAÇÃO terá acesso a quaisquer outros documentos da CONTRATADA que, no julgamento da FISCALIZAÇÃO, sejam importantes para a verificação da qualidade e segurança dos trabalhos. As inspeções da FISCALIZAÇÃO poderão ser realizadas por profissionais próprios ou de empresas contratadas pela MOSAIC.

A FISCALIZAÇÃO poderá, no exercício de suas funções, solicitar todas as informações que considerar necessárias ao acompanhamento dos trabalhos, obrigando-se a CONTRATADA a fornecer-lhe, no prazo que lhe for fixado pela FISCALIZAÇÃO, todas as informações, detalhes e procedimentos relativos à implantação, controle e acompanhamento das obras.

As inspeções e eventuais ensaios realizados pela FISCALIZAÇÃO não desobrigam a CONTRATADA da responsabilidade total pelos serviços e fornecimentos executados, inclusive pela realização dos ensaios de controle, nas frequências estabelecidas. A não detecção, pela FISCALIZAÇÃO, de serviços ou materiais defeituosos quando de sua



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>11/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

execução ou fornecimento não eximirá a CONTRATADA de sua total responsabilidade pelos defeitos que vierem a ser detectados posteriormente e tal fato não poderá ser alegado pela CONTRATADA como justificativa para obrigar a aceitação dos serviços pela FISCALIZAÇÃO.

A observância rigorosa dos procedimentos e dos desempenhos definidos nesta Especificação será de responsabilidade da CONTRATADA. Esta, por sua vez, consultará a equipe técnica da CONTRATANTE/PROJETISTA sempre que, durante a execução, ocorrer situações não previstas no projeto ou de entendimento duvidoso nesta especificação.

## 4.2 OBRIGAÇÕES E RESPONSABILIDADES



### 4.2.1 Acompanhamento e Inspeção dos Serviços de Campo

A equipe de Gestão da Qualidade da CONTRATADA acompanhará e verificará, no campo, os serviços de implantação das Obras Civas, visando garantir a sua conformidade com o Projeto Executivo, com as Especificações e com os padrões de qualidade, desempenho, segurança estrutural, segurança operacional, durabilidade e confiabilidade exigidas para as estruturas.

Serão acompanhados e verificados de maneira rotineira e sistemática pela Gestão da Qualidade os serviços relacionados a seguir, mas sem a eles se limitar, como meio de garantir que todos os trabalhos e fornecimentos atendam integralmente à esta Especificação Técnica:

- Execução dos trabalhos de limpeza de fundação para a implantação do alteamento do aterro da pilha de magnetita PDM 2 e das estruturas de concreto, assim como a carga e o transporte dos materiais escavados até o bota-fora;
- Locações topográficas de todas estruturas a serem implantadas;
- Fornecimento, armazenamento e manuseio dos materiais de construção;
- Produção, transporte, lançamento, adensamento, cura, proteção e reparos do concreto;
- Fornecimento, manuseio e instalação das armaduras das estruturas de concreto;
- Preparação e instalação de materiais embutidos nas estruturas de concreto (dispositivos de vedação etc.);
- Preparação e instalação das formas para concreto, incluindo o cimbramento, escoramento, limpeza, estanqueidade e qualidade dos painéis;
- Condições das formas, armaduras e embutidos, quanto à manutenção de seu posicionamento e garantia de sua integridade durante as atividades de lançamento e adensamento do concreto;
- Atendimento às tolerâncias especificadas;
- Remoção das formas das estruturas de concreto, quanto aos instantes de remoção, procedimentos utilizados e preservação da integridade do concreto e das estruturas, em conformidade com as normas técnicas;
- Execução das obras de drenagem superficial provisórias e definitivas como sump's, canais e descidas de água;
- Implantação de acesso operacional e de manutenção.

### 4.2.2 Ensaio dos Materiais



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>12/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

A equipe de laboratoristas e supervisores da CONTRATADA deverá ser constituída de profissionais de reconhecida e comprovada experiência em trabalhos de controle de obras civis com características e dimensões similares ou superiores às Obras Civis. Os ensaios poderão ser realizados diretamente por equipe da CONTRATADA ou por empresa especializada contratada para esta finalidade. A realização dos serviços por empresa subcontratada não desobrigará a CONTRATADA da responsabilidade total pelo fornecimento de serviços, equipamentos, mão de obra e materiais que atendam aos requisitos estabelecidos nos documentos contratuais.

A CONTRATADA deverá submeter à aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO as informações referentes à qualificação da equipe de laboratório proposta para realização dos ensaios de controle dos materiais da obra, independentemente desse serviço ser realizado pela própria CONTRATADA ou por subcontratado.

A CONTRATADA assumirá, sem ônus para a MOSAIC, as seguintes obrigações e responsabilidades, entre outras, no que se refere à realização dos ensaios do concreto e dos materiais e à apresentação dos resultados:

- Realizar os ensaios prévios de qualificação dos materiais propostos para utilização nas obras, assim como dos estudos necessários à definição das dosagens de concreto;
- Executar os ensaios de controle das obras de concreto e dos materiais granulares a serem utilizados, nas frequências estabelecidas, em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, incluindo o fornecimento, a implantação, manutenção e operação das instalações e equipamentos necessários;
- Executar os ensaios adicionais necessários, nos casos em que, eventualmente, houver alteração das fontes de suprimento dos materiais ou das dosagens de concreto empregadas;
- Executar os ensaios do concreto endurecido nas estruturas, incluindo a extração de testemunhos nas estruturas e a preparação das amostras, caso venha a ser necessário comprovar a resistência do concreto na estrutura, em função de resultados eventualmente não satisfatórios nos ensaios de controle de rotina realizados;
- Elaborar e fornecer, nas frequências e prazos estabelecidos, os relatórios técnicos contendo os resultados dos ensaios realizados e as respectivas análises estatísticas, assim como os arquivos digitais originais, em formato editável, das planilhas com os resultados dos ensaios e das análises estatísticas;
- Prover, para uso da FISCALIZAÇÃO, no local das obras, instalações e facilidades para armazenamento e/ou cura apropriada de amostras de materiais e corpos de prova de concreto, conforme exigências das normas técnicas, em casos em que, eventualmente, a FISCALIZAÇÃO venha a realizar ensaios comprobatórios por meio de equipe própria ou de empresa contratada;
- Submeter à FISCALIZAÇÃO, quando solicitado, as informações e a documentação relativa aos estudos e ensaios dos materiais utilizados nas obras do reforço e da adequação geométrica e, de concreto;
- Submeter à FISCALIZAÇÃO os programas de controle da qualidade do fornecedor de concreto, caso este fornecimento venha a ser subcontratado pela CONTRATADA.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>13/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 5 SERVIÇOS GERAIS

Toda atividade a ser realizada deverá ser precedida de apresentação de plano de trabalho, sujeito à aprovação da FISCALIZAÇÃO/MOSAIC, inclusive SSMA.

### 5.1 MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO

A CONTRATADA deverá tomar todas as providências relativas à mobilização e desmobilização dos equipamentos, mão de obra, materiais, instalações, ferramentas e demais fornecimentos necessários à execução das Obras Civis.

A mobilização e a desmobilização de equipamentos e mão de obra deverão ocorrer conforme previsto no histograma de utilização elaborado pela CONTRATADA e aprovado pela MOSAIC.

Todas as instalações provisórias construídas pela CONTRATADA permanecerão como propriedade da mesma, que se obriga, ao final dos trabalhos, a promover sua demolição e retirada do local das obras, bem como a realizar a limpeza total da área após receber autorização da MOSAIC neste sentido.

Quando e onde determinado pela MOSAIC, a CONTRATADA fará a desocupação e a recomposição da área ocupada pelo canteiro de obras, incluindo, mas a elas não se limitando, as áreas das edificações, dos estoques, de empréstimos, de bota-foras, dos trabalhos e dos acessos temporários. Essas áreas deverão ser recuperadas por meio da demolição completa das instalações, incluindo suas bases, da remoção dos materiais e entulhos de construção de qualquer espécie e da realização de limpeza. Após a limpeza, os terrenos deverão apresentar-se com topografia suave e adequadamente drenados. Será efetuada escarificação, correção do solo, se necessário, e cobertura com solo adequado à recomposição vegetal que será implementada. A seguir, os terrenos serão revegetados, como aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Ao final da recomposição, as áreas recuperadas deverão apresentar condições estáveis, seguras e com bom aspecto, com condições adequadas de drenagem das águas pluviais.



Os taludes de escavação e aterro que se mostrarem instáveis, localizados na pilha de estoque ou em escavações provisórias, deverão ser abatidos e regularizados, de modo a garantir a sua estabilidade.

Todos os taludes e platôs definitivos deverão ser protegidos contra a erosão. Igualmente, os taludes e platôs provisórios, durante o período construtivo, deverão receber proteção contra a erosão e recomposição, em comum acordo com a FISCALIZAÇÃO.

### 5.2 CANTEIRO DE OBRAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS, MEDICINA E SEGURANÇA DO TRABALHO

#### 5.2.1 Liberação das Áreas

A CONTRATANTE colocará à disposição da CONTRATADA as áreas de implantação das obras, as jazidas, as áreas de “bota-fora” e canteiro necessários para a execução do projeto.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>14/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 5.2.2 Equipamentos e Materiais

A CONTRATADA fornecerá todos os equipamentos, materiais, mão-de-obra, transporte e tudo o mais que for necessário à execução, conclusão e manutenção das obras, sejam elas definitivas ou temporárias.

Todos os materiais devem estar de acordo com as especificações. Caso a CONTRATANTE/FISCALIZAÇÃO julgue necessário, poderá solicitar da CONTRATADA a apresentação de informação, por escrito, sobre a origem dos materiais.

A CONTRATADA deverá submeter à aprovação da Fiscalização amostras de todos os materiais a serem utilizados e que deverão estar integralmente de acordo com as amostras aprovadas. Caso julgue necessário, a Fiscalização poderá solicitar a apresentação de certificados de ensaios relativos a materiais a serem utilizados e o fornecimento de amostras dos mesmos. Os materiais que não atenderem às especificações não poderão ser aplicados e nem estocados no canteiro de obras.

As areias, britas e enrocamentos deverão ser fornecidas pela CONTRATADA obedecendo aos itens correspondentes desta Especificação. Os materiais fornecidos deverão obedecer também, quando for o caso, aos critérios de filtro, porcentagem de finos passante na peneira de malha 200 e proteções definidos no dimensionamento da drenagem interna, bem como das transições e dos enrocamentos.

Os equipamentos que a CONTRATADA levar para o canteiro ou para as instalações por ela executadas e destinados ao desenvolvimento de seus trabalhos, só poderão ser retirados mediante consentimento prévio formal da CONTRATANTE/FISCALIZAÇÃO.



### 5.2.3 Medicina e Segurança do Trabalho

A CONTRATADA obriga-se a submeter todos os seus empregados e subcontratados que venham a prestar serviços no local das obras aos exames e imunizações definidos pela CONTRATANTE, que deverão ser repetidos periodicamente, de acordo com a orientação do médico da CONTRATANTE.

Caberá à CONTRATADA a instalação e manutenção de serviço especializado em Medicina e Segurança do Trabalho, adequado ao total de trabalhadores na obra, sejam eles empregados ou prepostos e subcontratados, desde que solicitados pela CONTRATANTE.

A CONTRATADA compromete-se a zelar pelas condições de higiene e segurança do trabalho executadas sob sua responsabilidade ou de seus subcontratados, ficando sujeito a instruções e Fiscalização da CONTRATANTE no que concerne ao cumprimento da legislação relativa à Medicina e Segurança do Trabalho.

Os equipamentos de segurança do trabalho de uso individual ou coletivo serão fornecidos pela CONTRATADA.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>15/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Por motivo de segurança, a CONTRATADA não permitirá a entrada de bebidas alcoólicas nos acampamentos e não dará permissão de trabalho, nem acesso ao canteiro de serviço a qualquer empregado e/ou subcontratado que se apresentar sob os efeitos de bebidas alcoólicas ou qualquer outra droga ilícita.

Caberá à CONTRATADA providenciar todos os equipamentos necessários ao controle e combate de incêndios no seu acampamento e no da Fiscalização.

Estes serviços não serão objeto de pagamento em separado, devendo os seus custos serem incluídos nos preços propostos para os vários itens de serviço do projeto.

#### 5.2.4 Fornecimento e Transporte de Água

##### Frentes de Serviço

Será de responsabilidade da CONTRATADA o suprimento de água através de caminhões pipa na quantidade adequada para atender as frentes de serviço para a implantação da obra.

##### Canteiro de obras

Para o canteiro de obras local, a CONTRATANTE disponibilizará um ponto de captação de água até no máximo a um quilômetro do canteiro de obras.

Será de responsabilidade da CONTRATADA a execução da instalação hidráulica entre o ponto de fornecimento e o canteiro de obras. Não haverá cobrança relativa ao fornecimento de água por parte da CONTRATANTE.

#### 5.2.5 Fornecimento de Energia Elétrica

##### Frentes de serviço



Será de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA o suprimento da energia elétrica através de geradores, na tensão adequada e necessária para atender as frentes de serviço para implantação da obra.

O fornecimento de energia conforme definido neste item, não será objeto de pagamento em separado, tendo os seus custos diluídos e rateados nos custos unitários propostos.

##### Canteiro de obras

Para o canteiro de obras local, inicialmente a CONTRATADA será responsável pelo suprimento da energia elétrica através de geradores, os custos deste fornecimento serão ressarcidos pela CONTRATANTE.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>16/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Será de responsabilidade da CONTRATADA a execução da instalação elétrica entre o ponto de fornecimento e o canteiro de obras. Não haverá cobrança relativa ao fornecimento de energia por parte da CONTRATANTE.

#### 5.2.6 Relações de Trabalho

Caberá à CONTRATADA providenciar pessoal habilitado e necessário para a execução da obra até o cumprimento integral do contrato.

Para a direção da obra, a CONTRATADA credenciará um representante, previamente aprovado pela CONTRATANTE, por escrito.

Durante os horários de trabalho estabelecidos para a execução da obra, este representante ou seu preposto devidamente autorizado, deverá permanecer no local da obra.

O representante da Fiscalização na obra dará suas instruções diretamente ao representante da CONTRATADA e, na ausência deste, ao seu preposto.

Para o acompanhamento da obra, a CONTRATADA preparará e apresentará à fiscalização programações semanais e, em casos especiais a critério da fiscalização, poderão ser requeridas programações diárias.

Os representantes da CONTRATANTE e qualquer pessoa autorizada pela mesma terão livre acesso às obras, ao canteiro e a todos os locais em que sejam realizados trabalhos, ou onde se estoquem e/ou fabriquem materiais e equipamentos.

Quaisquer instruções escritas da Fiscalização dentro do âmbito de seus poderes são de cumprimento obrigatório pela CONTRATADA.



A CONTRATANTE reserva-se o direito de exigir da CONTRATADA a imediata retirada do local da obra e a substituição, no prazo de 8 horas, de qualquer pessoa que, a seu critério, se revele negligente, inabilitada ou demonstre mau comportamento.

#### 5.2.7 Proteção e Danos Causados a Terceiros

A CONTRATADA deverá tomar o máximo cuidado a fim de não colocar em perigo vidas ou propriedades, sendo de sua exclusiva responsabilidade quaisquer danos ocorridos.

A CONTRATADA deverá tomar todas as medidas para evitar a contaminação das águas dos rios, lagos, linha de água e redes de drenagem por produtos poluentes, tais como águas residuais, cimento, gorduras, óleos ou outros derivados do petróleo, substâncias radioativas, etc. A CONTRATADA assumirá total responsabilidade legal pela poluição das águas que provocar.

As normas de segurança constantes desta especificação não desobrigam a CONTRATADA do cumprimento de outras disposições legais relativas à Segurança do Trabalho.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>17/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

A CONTRATADA responderá por danos físicos ou pela morte acidental de qualquer pessoa, bem como pelos danos materiais às propriedades públicas e privadas por eles causados.

### 5.2.8 Normas Gerais de Medição

As quantidades indicadas na planilha de quantidades dos serviços são as que se estimam necessárias à execução das obras em licitação, e não deverão ser interpretadas como as efetivas e exatas que a CONTRATADA deverá observar em decorrência das obrigações contratuais.

A fiscalização determinará, por medição correta, o valor dos serviços realizados, ficando estabelecido que, somente serão medidas, para fins de pagamento, as quantidades de serviços efetivamente executadas ou de materiais fornecidos, necessários à materialização do projeto, tal como definidos nos desenhos e especificações.

Nenhum trabalho preliminar, acessório e complementar necessário para a total, completa e perfeita execução de qualquer serviço indicado na planilha de quantidades do projeto será objeto de medição; a CONTRATADA terá obrigação, salvo determinação em contrário da fiscalização, de realizar todos esses trabalhos, sem ônus para a CONTRATANTE.

Nas épocas previstas, de acordo com as normas contratuais, as medições serão procedidas por solicitação da CONTRATADA, que deverá indicar um representante para acompanhamento. Caso a CONTRATADA não compareça para acompanhar a medição, esta será feita pela fiscalização e considerada para efeito de pagamento.

As medições serão feitas atendendo-se às especificações correspondentes e às definições das unidades de obras e respectivos quantitativos.

Quando, nas especificações dos serviços, for prevista a medição dos mesmos pelo valor estabelecido no projeto, entende-se como tal àquela quantidade correspondente à última modificação de projeto aprovada pela fiscalização e liberada para a construção.



### 5.2.9 Meio Ambiente

A CONTRATADA será responsável pelo destino das águas servidas de acordo com as diretrizes ambientais da CONTRATANTE. O lixo, tanto orgânico, como não orgânico ou químico, deverá ter tratamento adequado, obedecendo às legislações ambientais vigentes.

Na mobilização, instalações do canteiro, operação dos equipamentos e na desmobilização, deverão ser tomadas todas as precauções, com o objetivo de minimizar os riscos que possam afetar o meio ambiente, tais como: derramamento de óleo, lubrificantes, combustíveis, etc.

Todo acidente neste sentido deverá ser comunicado imediatamente à CONTRATANTE.

A recuperação do dano ambiental será de responsabilidade da CONTRATADA.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>18/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 5.3 SERVIÇOS DE TOPOGRAFIA

Como suporte para a implantação da pilha de Magnetita PDM 2, deverá ser prevista pela CONTRATADA a utilização de equipamentos topográficos adequados à locação e apoio à obra.

Estes equipamentos serão utilizados para dar apoio aos serviços de demarcação e locação dos instrumentos e demais serviços, a critério da CONTRATANTE.

A CONTRATADA deverá verificar todas as elevações do projeto, comparando-as com as medidas em campo.

Os equipamentos de medição e locação topográfica deverão estar disponíveis e em perfeito estado de funcionamento, de modo a permitir atender prontamente a qualquer solicitação da CONTRATANTE. Esses equipamentos deverão ser submetidos à aprovação da CONTRATANTE, a qual se reserva o direito de aceitá-los ou não.

Os serviços topográficos deverão ser executados em perfeita observância às indicações dos desenhos de projeto e desta especificação, utilizando-se aparelhos de comprovada exatidão e profissionais devidamente habilitados.

A CONTRATADA é a responsável exclusiva pela boa locação dos instrumentos. Todos os defeitos, erros, danos, falhas e quaisquer outras irregularidades observadas nos serviços executados em desacordo com as indicações do projeto, terão as suas demolições e reconstruções executadas à custa da CONTRATADA. Não será permitida a locação das obras sem o auxílio de aparelhos adequados.

#### 5.3.1 Critérios e Premissas



A CONTRATANTE indicará os pontos de amarração e referências de nível (RN's) que julgar necessários e suficientes, a fim de possibilitar à CONTRATADA a locação da obra.

Previamente ao início das obras, a CONTRATADA poderá instalar um sistema de marcos topográficos de concreto amarrados ao sistema de coordenadas constante do projeto. Estes marcos topográficos serão distribuídos de forma a permitir a locação das estruturas previstas.

Ressalta-se que os documentos de projeto para a locação e execução das obras foram elaborados no DATUM UTM SIRGAS 2000 - FUSO 23S.

A locação dos cortes e aterros deverão ser rigorosamente de acordo com o projeto, e será responsabilidade exclusiva da CONTRATADA, que receberá elementos suficientes do projeto para perfeita locação. Caso necessite fazer alguma alteração em campo divergente do projeto a CONTRATANTE/FISCALIZAÇÃO deverá ser informada previamente antes da execução. As estacas de marcação dos "offsets" deverão ser locadas por nivelamento geométrico.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>19/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Todos os danos decorrentes de erros de locação ou nivelamentos, bem como o ônus de reconstrução que, em virtude deles, se fizerem necessários, serão imputados à CONTRATADA.

Portanto, todos os dados e elementos fornecidos pela CONTRATANTE deverão ser previamente verificados pela CONTRATADA, que deverá também manter uma equipe completa de topografia durante a execução das obras.

### 5.3.2 Execução dos Serviços

A CONTRATADA deverá realizar a locação dos serviços, com o acompanhamento da CONTRATANTE. Toda locação topográfica será concretizada através de um memorando de confirmação do estaqueamento assinado pelas partes.

Todos os serviços de locações e amarrações topográficas, levantamento de seções primitivas, medição de volumes e etc., serão de responsabilidade da CONTRATADA que deverá ser acompanhado, analisado, aprovado e liberado pela CONTRATANTE/FISCALIZAÇÃO.

Os "offsets" serão marcados a partir das coordenadas dos pontos notáveis para a terraplenagem, cortes, aterros, etc., fornecidas em projeto ou indicados pela CONTRATANTE e materializados por meio de piquetes e testemunhos, com indicação do número da estaca correspondente à estaca dos eixos.



### 5.3.3 Controle

O controle e conferência dos serviços topográficos será feito pela CONTRATANTE/FISCALIZAÇÃO através de acompanhamento permanente e de eventuais verificações/adequações necessárias para a mudança das coordenadas das estruturas do projeto.

## 5.4 IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS CAMINHOS DOS SERVIÇOS

A construção e manutenção dos caminhos de serviços serão implantadas com a geometria (raios, rampas, largura, etc.) compatível com os equipamentos e o planejamento da construção propostos pela CONTRATADA.

As atividades de desmatamento, escavação, transporte e aterro compactado necessários para a implantação dos caminhos deverão ser executados onde aplicáveis. Os leitos dos caminhos deverão ter revestimento primário, devendo a CONTRATADA implantar o sistema de drenagem superficial a fim de evitar erosões decorrentes das aberturas dos caminhos e contenções para a estabilização dos taludes de encosta ao longo dos acessos, sendo os serviços realizados a serem aprovados pela CONTRATANTE. Fica a cargo ainda da CONTRATADA a sinalização viária para o controle e segurança das vias, durante os trabalhos de execução da obra.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>20/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 6 TERRAPLENAGEM

Os serviços de terraplenagem objetivam a remoção das obstruções naturais ou artificiais porventura existentes, tais como: vegetação, tocos, raízes, entulhos, matações, lamas, etc. e regularização da superfície da fundação.

O maciço das quatro etapas construtivas da pilha deverá apoiar-se em terreno competente, após remoção de solos poucos resistentes, sedimentos e bacias de contenção de sedimentos.

Os serviços poderão ser executados de forma mecânica e/ou manualmente, com utilização de equipamentos adequados.



A custódia e a proteção, caso houver, da madeira comercializável, assim como a remoção dessa madeira da área de estocagem serão de responsabilidade da CONTRATANTE. A madeira cortada e desbastada, não comercializável, deverá ser retirada pela CONTRATADA do local da extração segundo orientação da FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá tomar todas as providências necessárias à preservação da paisagem natural e orientar seu serviço de modo a não desfigurar ou causar danos ao meio ambiente, conforme procedimentos internos da CONTRATANTE. Dever-se-á executar o desmatamento nas áreas estritamente necessárias, utilizando nesses serviços as técnicas, procedimentos e métodos de trabalho que minimizem o impacto ambiental. Serão expressamente proibidas queimadas na área de influência do projeto.

Neste item estão incluídos os serviços de:

- **DESMATAMENTO:** compreende o corte de árvores e arbustos, manuseio, empilhamento da madeira e disposição em áreas definidas pela FISCALIZAÇÃO, não devendo a madeira ser danificada ou misturada com solo. É de total responsabilidade da CONTRATANTE a destinação final da madeira;
- **DESTOCAMENTO:** compreende a operação de corte e remoção de vegetação, tocos de árvores e raízes e inclusive os serviços eventuais de desmate;
- **LIMPEZA:** compreende a operação de remoção da camada de solo orgânico, na profundidade aproximada de 30 a 50 cm para a remoção de detritos de origem vegetal, bem como a escavação e remoção de quaisquer outros objetos e materiais indesejáveis que ainda subsistam. Cabe ressaltar que na eventualidade da existência de locais onde possam se encontrar camadas de materiais não competente superiores a 50 cm, estes deverão ser removidos em sua totalidade resultando em superfície apta a receber as etapas posteriores de projeto. Uma melhor descrição da limpeza, tratamento e escavações em gerais será apresentado no item 7 deste relatório.

Todo o material proveniente das operações de limpeza será removido e disposto em bota-fora e pilhas ordenadas, não sendo permitida a permanência de entulhos nos locais/regiões que possam provocar a obstrução do sistema de drenagem natural ou da obra. Os materiais deverão ser dispostos em locais aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>21/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

A camada de solo orgânico removida poderá ser estocada para eventual utilização posterior, a critério da FISCALIZAÇÃO. É interessante salientar que, quando possível, os materiais escavados podem ser transportados para os locais de aplicação em condição de uso imediato.

Nenhuma operação de implantação das obras referenciadas poderá ser iniciada até que os serviços de limpeza das áreas de interesse estejam totalmente concluídos e aprovados pela fiscalização.

Qualquer execução, além dos limites estabelecidos em projeto e sem a autorização da FISCALIZAÇÃO, deverá ser recomposta pela CONTRATADA, às suas expensas.

Em todo o contorno da área de fundação deverá ser implantado sistema provisório de captação e condução de águas de escoamento superficial. Estas atividades referentes às áreas de implantação das obras de engenharia terceirizadas serão de responsabilidade da CONTRATADA.

Em nenhuma hipótese será permitido o uso de agrotóxicos para execução dos serviços, bem como lançamento em rios, córregos, e seus efluentes ou em drenagem naturais, de galhos, troncos e outros materiais provenientes das operações de limpeza da área.



## **7 TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO E ESCAVAÇÕES EM GERAL**

Este item aplica-se às escavações para a implantação das obras civis, abrangendo as escavações na área da fundação do maciço compactado e implantação dos sistemas de drenagem, nas áreas do canteiro de obras e quaisquer outras escavações que se façam necessárias para a completa execução das obras civis.

O tratamento da fundação da pilha de magnetita PDM 2 consiste na remoção de camada de material com baixa capacidade de suporte, com a presença de detritos de origem vegetal, colúvios e alúvios na região da estrutura, em que os detalhes das escavações são apresentados no desenho nº: WA02821014-1-GT-DES-0006\_REV\_A\_LIMPEZA E TRATAMENTO, em que tal limpeza garantirá a retirada de quaisquer outros objetos e materiais indesejáveis que ainda subsistam.

Caso se verifique, durante a execução da limpeza da fundação da pilha, espessuras de materiais não adequados maiores que as indicadas no projeto, estas deverão ser revistas de modo a remover todo material de baixa resistência.

Ao final de toda remoção do material de baixa capacidade de suporte, deverá ser realizado um reaterro utilizando a magnetita sendo disposta de maneira adequada e compactada, conforme indicado pela Projetista.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>22/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 7.1 GENERALIDADES

A CONTRATADA deverá submeter à aprovação da CONTRATANTE um plano de escavação incluindo o tipo e o número de equipamentos envolvidos, o cronograma, os projetos e as memórias de cálculos dos serviços auxiliares para as escavações, os equipamentos de transporte, a mão-de-obra e as demais informações necessárias à sua compreensão, devendo levar em conta as necessidades e os locais de aplicação, de forma a otimizar o aproveitamento das escavações.

Antes do início de qualquer serviço, a CONTRATANTE efetuará o levantamento topográfico das áreas a serem escavadas, com objetivo de definir os limites, que servirão de base para as medições. Este levantamento deverá ser solicitado pela CONTRATADA com antecedência de 5 dias.

As escavações deverão ser realizadas dentro das dimensões, dos alinhamentos e dos greides indicados nos desenhos aprovados. As escavações executadas, fora desses limites e aquelas realizadas por conveniência da CONTRATADA, para a abertura de caminhos de serviço e outras finalidades, deverão constar do plano de escavação aprovado pela CONTRATANTE, devendo ser realizadas às expensas da CONTRATADA.



As escavações serão classificadas de acordo com a natureza dos materiais escavados, com os graus de complexidade de execução e com os equipamentos utilizados. Durante a execução dos serviços, poderá haver mudança de algum tipo de escavação para outro, inclusive com retorno ao anterior, caso o material se altere com a profundidade.

Deverá ser prevista, a critério da CONTRATADA, a disponibilidade de equipamento para esgotamento de água e rebaixamento do lençol freático nas áreas de influência das escavações abaixo do nível de água, caso existam, de maneira compatível com as épocas previstas no planejamento apresentado em sua proposta técnica.

A CONTRATADA deverá tomar todas as precauções necessárias para não danificar quaisquer materiais abaixo e/ou além das linhas de escavação. Quaisquer danos causados às escavações ou às fundações deverão ser reparados, pela CONTRATADA, conforme instruções da CONTRATANTE.

Caso sejam encontrados, durante as escavações, materiais de características diferentes das previstas, a CONTRATANTE poderá alterar os alinhamentos, as seções, os taludes e as demais dimensões indicadas nos desenhos aprovados para construção. Ressalta-se, entretanto, que deverão ser realizadas as devidas verificações hidráulicas, quando estas alterações incorrerem em alterações na geometria/condições hidráulicas dos sistemas de drenagem projetados, bem como a realização de estudos para a validação da estabilidade geotécnica dos taludes propostos.

A CONTRATADA manterá controles adequados na seleção dos materiais escavados, a serem beneficiados ou não, operando diretamente nas frentes de trabalho, coordenando o tráfego de

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>23/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

equipamentos para os locais de aplicação, além de sinalizar os veículos transportadores com placas que indiquem a origem e o destino dos materiais.

Na escavação para fundação de determinada estrutura, uma vez atingido o limite indicado em projeto, a FISCALIZAÇÃO inspecionará a área, visando sua liberação.

A FISCALIZAÇÃO poderá, a qualquer momento, alterar o plano das escavações obrigatórias visando tirar o melhor proveito possível das características apresentadas pelos materiais escavados, podendo também exigir escavações adicionais além das linhas de projeto nos casos de ocorrência de materiais cuja remoção seja indispensável.

A CONTRATADA deverá tomar medidas adequadas, de forma a manter a praça de trabalho com configuração que permita o rápido escoamento das águas e a pronta retomada dos serviços, em circunstâncias chuvosas.

Todas as escavações deverão apresentar taludes estáveis e superfícies com acabamento final uniforme e drenagem adequada.

As escavações com taludes provisórios, de inclinação maior que as indicadas nos desenhos, serão feitas por risco da CONTRATADA. Qualquer deslizamento nestas circunstâncias será de responsabilidade da CONTRATADA, a qual deverá remover todo o material desprendido situado além do talude de projeto e restabelecer este talude onde for necessário às suas expensas de acordo com as instruções da CONTRATANTE. Serão também de responsabilidade da CONTRATADA os danos às pessoas, obras e equipamentos da CONTRATANTE e de terceiros.

As superfícies de escavação que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes com regularização final uniforme e ser dotadas de sistema adequado de proteção e drenagem de acordo com os documentos do projeto ou conforme determinação da CONTRATANTE. Quaisquer danos causados a estes taludes, por falha ou não cumprimento das especificações e projetos aprovados para construção, serão reparados pela CONTRATADA às suas expensas.



Os materiais provenientes das escavações deverão ser destinados para bota fora a ser definido pela CONTRATANTE e/ou FISCALIZAÇÃO.

As escavações previstas poderão ocorrer na fundação das estruturas e/ou estruturas de drenagem em geral e em outros locais indicados pela CONTRATANTE.

## 7.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE ESCAVAÇÃO

As escavações serão classificadas de acordo com a natureza dos materiais escavados, os graus de complexidade de execução e os equipamentos utilizados. Durante a execução dos serviços, poderá haver mudança de tipo de escavação para outro, inclusive com retorno ao anterior, caso o material se altere com a profundidade.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>24/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Material de 1ª Categoria

Compreende toda a espécie de materiais terrosos em geral, incluindo solos argilosos e arenosos ou com cascalho, fragmentos soltos ou blocos de rocha que possuam volume igual ou menor que 1,00 m<sup>3</sup> e qualquer outro material que possa ser escavado sem a necessidade do uso de explosivos, ou do emprego de tratores tipo CAT D8 munidos de escarificadores hidráulicos de um dente, ou similar. A classificação deste material será efetuada pela EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO.

- Material de 2ª Categoria

Estão compreendidas nesta categoria, dentro dos serviços de escavação, as escavações em rocha alterada, fraturada ou entremeada de solo e de quaisquer materiais que possam ser escavados com trator de esteiras tipo CAT D8, ou similar, dotado de escarificador com dente único e com sua utilização constante, com inclusão de todos os trabalhos complementares eventualmente necessários à perfeita execução do serviço.

- Material de 3ª categoria

Estão inseridas nesta categoria, dentro dos serviços de escavação, as escavações em maciços rochosos de quaisquer materiais, com resistência mecânica igual ou superior à do granito, blocos de rocha com diâmetro superior a 1,0 m ou volume igual ou superior a 2,0 m<sup>3</sup>, que seja necessário o uso de EXPLOSIVOS para seu desmonte e escavação.

- Pilha de estoque



Os materiais granulares (areias, britas e enrocamentos) deverão ser estocados em pilhas de estoque nas proximidades das obras em concreto, de drenagem interna e de reforço. A localização destas áreas deverá ser indicada pela MOSAIC.

- Em Trincheiras ou Valas

Compreende as escavações comuns caracterizadas em projeto como trincheiras ou valas, realizadas com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell, em locais onde a largura da escavação for inferior a 3,5 m.

- Em Solos Moles/Lama e Materiais Submersos

Compreende as escavações comuns em locais onde há ocorrência de água e/ou a consistência do material em estado natural (isto é, não alterado por chuvas ou controle impróprio da drenagem durante as escavações) não permita o enchimento completo do equipamento de escavação e/ou carga (com coroamento), devendo ser executadas manualmente ou com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell. Inclui a escavação debaixo d'água de toda a espécie de materiais terrosos e rochosos em geral.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>25/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

As escavações no fundo do talvegue e estão incorporadas nesta categoria. Observa-se que todos os materiais saturados e moles existentes deverão ser removidos e substituídos por magnetita compactada, conforme indicado em projeto ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Portanto, observa-se pelas sondagens realizadas na área de implantação da PDM 2, que as escavações serão em material de 1º categoria e solos moles.

### 7.3 REQUISITOS ADICIONAIS DAS ESCAVAÇÕES PARA AS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Os limites das escavações para as estruturas de concreto serão definidos topograficamente, por meio de coordenadas de eixos, cotas de projeto e de terreno indicadas em seções, perfis ou outros desenhos. Todo material solto, inconsistente e outros materiais inaceitáveis serão removidos.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir uma escavação adicional, fora dos limites indicados nos desenhos, em função da inspeção realizada.



No caso da implantação de canaletas de drenagem, bueiros, descidas d'água e afins, ou de qualquer elemento que componha o sistema de drenagem superficial e de extravasão da barragem, a superfície final da escavação, antes do recebimento do concreto, deverá ser nivelada conforme o projeto apresentado e compactada após a remoção de todo e qualquer material solto, desagregado, mole e de origem orgânica.

As escavações somente serão liberadas após a inspeção da FISCALIZAÇÃO.

### 7.4 CUIDADOS AMBIENTAIS

Nas operações destinadas à execução de escavações, a preservação do meio ambiente exigirá a adoção dos procedimentos seguintes:

- Os taludes dos bota-foras deverão ter inclinação suficiente para evitar escorregamentos;
- Os bota-foras serão executados de modo a evitar que o escoamento das águas pluviais possa carrear o material depositado, causando erosões e assoreamento;
- Deverá ser feito o revestimento vegetal dos bota-foras, inclusive os de 3ª categoria, após conformação final, a fim de incorporá-los à paisagem local;
- O trânsito dos equipamentos e veículos de serviço, fora das áreas de trabalho, deverá ser evitado tanto quanto possível, sobretudo onde houver alguma área com relevante interesse paisagístico ou ecológico;
- O revestimento vegetal dos taludes, quando aplicável, deverá ser executado imediatamente após as escavações.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>26/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 7.5 EQUIPAMENTOS

A CONTRATADA deverá submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO, com antecedência mínima de 60 dias do início dos serviços, lista de equipamentos a serem utilizados nos serviços de escavação, indicando a quantidade, produção estimada, modelo, ano de fabricação e os usos previstos. A FISCALIZAÇÃO poderá vetar o uso de quaisquer dos equipamentos listados, mesmo tendo estes sido relacionados pela CONTRATADA nos documentos contratuais pertinentes, desde que comprovadamente os mesmos não atendam à segurança e/ou produção mínima necessária ao bom andamento dos serviços.

Para cada máquina, deverão ser incluídos catálogos com informações sobre procedência, dimensões, capacidade, carga nas rodas, patas ou cilindros, pressão por roda sobre os aterros, velocidades de translação, frequências de vibração, pesos, etc.

A CONTRATADA deverá utilizar equipamentos em número suficiente para manter produção uniforme, contínua e na qualidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos. Deverá ainda mantê-los em boas condições de operação garantindo a segurança e integridade dos seus funcionários durante a execução dos trabalhos de escavação.

A eficiência dos equipamentos deverá ser comprovada, podendo a FISCALIZAÇÃO exigir modificações e/ou substituição do equipamento a qualquer momento caso seja observado que o mesmo não atenda as condições adequadas para os serviços de escavação.

## 7.6 CONTROLE

Deverão ser realizados levantamentos topográficos para verificar os parâmetros geométricos especificados em projeto para todas as obras de escavação.

A FISCALIZAÇÃO deverá realizar, desde o início, as verificações dos serviços de escavação, de modo a permitir que sejam realizadas correções nas regiões escavadas sempre que houver necessidade.

As tolerâncias admitidas para o acabamento dos taludes e para as plataformas são:



- Variações máxima de altura, para eixos e bordas, escavações em solo:  $\pm 5$  cm; e
- Variação máxima de largura de + 20 cm para cada plataforma de escavação formada, não se admitindo variação negativa.

## 7.7 ACEITAÇÃO DOS SERVIÇOS

Os serviços de escavação serão aceitos e medidos desde que sejam executados de acordo com esta especificação técnica e desenhos do projeto detalhado, sendo verificados através dos levantamentos topográficos, respeitando-se os limites definidos no item anterior.

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos e/ou complementados sem ônus para a CONTRATANTE.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>27/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 7.8 EXECUÇÃO DE BOTA FORA

Os materiais considerados inadequados, resultantes das escavações gerais e de limpeza, serão despejados em área de bota-fora a ser definida pela FISCALIZAÇÃO, com aprovação prévia da CONTRATANTE.

A área selecionada para implantação do bota-fora deverá ser tal que se evite ao máximo o impacto visível na paisagem local. A execução deverá atender as exigências da norma NBR 13029 (ABNT, 2017).

## 7.9 ALINHAMENTOS, DECLIVIDADES E TALUDES

No caso das fundações das estruturas de concreto, as escavações realizadas em excesso pela CONTRATADA poderão acarretar o preenchimento com concreto até os limites indicados pelo Projeto para os níveis das fundações, sem custos para a MOSAIC. Da mesma forma, as escavações realizadas em excesso nas áreas e implantação dos aterros serão recompostas pela CONTRATADA às suas expensas.



Se, durante as escavações, forem encontrados materiais de características diferentes das previstas ou cuja remoção seja indispensável, a FISCALIZAÇÃO/ATO poderá alterar os alinhamentos, as seções, os taludes e as demais dimensões indicadas nos desenhos do Projeto Executivo, devendo estes ser informados a Projetista. A CONTRATADA deverá comunicar prontamente à MOSAIC/FISCALIZAÇÃO/ATO sempre que encontrar materiais de características diferentes das previstas.

A elevação final da fundação de cada estrutura deverá atender ao material cuja geologia é descrita nos desenhos específicos do Projeto Executivo e deverá ser aprovada pela MOSAIC antes do início da execução das concretagens ou aterros.

A CONTRATADA tomará todas as precauções necessárias a fim de não danificar quaisquer materiais ou áreas situadas além dos alinhamentos da escavação indicados no Projeto.

Todas as precauções necessárias serão tomadas pela CONTRATADA para preservar, sem abalos, todo o material abaixo e além dos limites de escavação designados, especialmente nas superfícies contra as quais será aplicado concreto, transições e os aterros. Tais abalos deverão ser controlados pela CONTRATADA, podendo ser monitorados pelos níveis de vibração (velocidade de partícula) medidos além dos limites de escavação, sendo verificados pela extensão e intensidade do fraturamento causado pela escavação.

No contorno das escavações, a CONTRATADA deverá executar, quando necessário, valas, drenos ou muretas de captação de águas superficiais, a fim de desviá-las para fora da área a ser escavada. O sistema de drenagem implantado nessa situação não deverá provocar erosões e deverá ser executado de modo a preservar a configuração das linhas definidas pelo projeto e a estabilidade das escavações.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>28/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Todas as superfícies escavadas deverão apresentar taludes estáveis e drenagem adequada e, quando expostas de modo permanente, deverão apresentar acabamento final uniforme.

## 7.10 MAPEAMENTOS GEOLÓGICOS E CLASSIFICAÇÕES GEOMECÂNICAS

A CONTRATADA será responsável pelo mapeamento geológico-geotécnico e pela classificação geomecânica de todas as superfícies finais eventualmente escavadas em rocha, o que será realizado antes da execução dos tratamentos que se façam necessários ou que estejam indicados nos desenhos do Projeto.

Previamente ao início das atividades de escavação em rocha, a CONTRATADA deverá apresentar à MOSAIC, para aprovação, documento específico contendo os critérios para execução e apresentação do mapeamento geológico-geotécnico e da classificação geomecânica das superfícies escavadas.

O mapeamento geológico-geotécnico e a classificação geomecânica de todas as superfícies escavadas serão apresentados pela CONTRATADA à MOSAIC. A partir desse mapeamento geológico, a MOSAIC confirmará ou realizará ajustes no projeto de tratamento das escavações, o que será informado à CONTRATADA, para que este execute de imediato a instalação dos dispositivos e sistemas de suporte e estabilização projetados.

O mapeamento geológico realizado deverá ser apresentado pela CONTRATADA em escala compatível com os trabalhos e nunca em escala menor (pior nível de detalhe) que 1:200.



Até o décimo dia de cada mês, a CONTRATADA deverá apresentar à MOSAIC o Relatório Geológico-Geotécnico Mensal, relativo ao período anterior, contendo os mapeamentos geológico-geotécnicos e as classificações geomecânicas de todas as superfícies finais escavadas, fotografias das superfícies mapeadas, assim como informações detalhadas sobre os métodos utilizados nas escavações realizadas, os planos de fogo e os tratamentos executados.

## 7.11 LIBERAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

Após o término da escavação e conclusão da limpeza mecanizada e manual da fundação, deverá ser realizado um levantamento topográfico "As Built" que servirá de base para o mapeamento geológico-geotécnico dos taludes e da superfície de fundação de cada estrutura.

Antes do lançamento da primeira camada de aterro ou de concreto de regularização ou estrutural, as superfícies deverão ser rigorosamente inspecionadas e liberadas pela FISCALIZAÇÃO/ATO, devendo ser obedecidas todas as indicações e recomendações do Projeto Executivo.

Nenhum material poderá ser lançado sobre as superfícies das fundações sem a prévia aprovação formal da FISCALIZAÇÃO/ATO.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>29/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 7.12 PREPARO DAS FUNDAÇÕES PARA AS ESTRUTURAS DE CONCRETO

### 7.12.1 Fundação em Solo

Antes de lançar o concreto, a CONTRATADA deverá deixar as fundações preparadas e tratadas, seguindo os alinhamentos, as dimensões e os greides indicados nos desenhos aprovados para construção e/ou determinados pela FISCALIZAÇÃO.

Nas superfícies de fundação em solo (reaterro), o grau de compactação mínimo exigido é de 98% do Proctor Normal.

### 7.12.2 Fundação em Rocha

Imediatamente antes do lançamento do concreto, todas as superfícies de fundação sobre as quais ou de encontro às quais o concreto deva ser lançado deverão estar isentas de água empoçada, lodo, detritos, lama, óleo, nata de cimento proveniente de injeções, fragmentos de rocha soltos e de outros materiais que possam prejudicar a aderência do concreto às fundações.

Fraturas e cavidades deverão ser preenchidas com concreto, argamassa ou calda de cimento, após cuidadosa limpeza, conforme indicado nos desenhos e/ou determinado pela FISCALIZAÇÃO/ATO.

Após limpa, a superfície de escavação será inspecionada e mapeada. Nenhuma concretagem poderá ser feita sem a prévia autorização da FISCALIZAÇÃO/ATO.

Todas as precauções serão tomadas para evitar fraturamento dos materiais rochosos remanescentes.

Todos os materiais soltos, frouxos e outros materiais inaceitáveis deverão ser removidos.

Todas as infiltrações de água deverão ser controladas, conforme estabelecido nesta Especificação.

Todas as superfícies de fundação deverão ser mantidas umedecidas durante um período contínuo de 24 horas imediatamente antes do lançamento do concreto, de modo a resultar numa condição saturada de superfície seca.

As superfícies rochosas sobre as quais serão fundadas as estruturas de concreto deverão ser regularizadas com concreto, salvo se indicado ou autorizado de outra forma pela MOSAIC.

Somente após a execução desses serviços poderão ser iniciados os trabalhos de instalação de formas, armaduras ou outros serviços relativos às estruturas de concreto.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº MOSAIC:	FOLHA
-	<b>30/76</b>
Nº WALM:	REV.
<b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	<b>0</b>

## 8 DRENAGEM INTERNA

Para evitar que haja saturação e desestabilização do maciço da pilha de magnetita PDM 2, foram projetados drenos de fundo com o objetivo de conduzir de maneira controlada o fluxo percolado pelo maciço para fora da área da pilha. Os drenos internos da pilha deverão ser posicionados de acordo com os desenhos do projeto e executados segundo os requisitos constantes desta especificação, conforme apresentado na Figura 8.1.

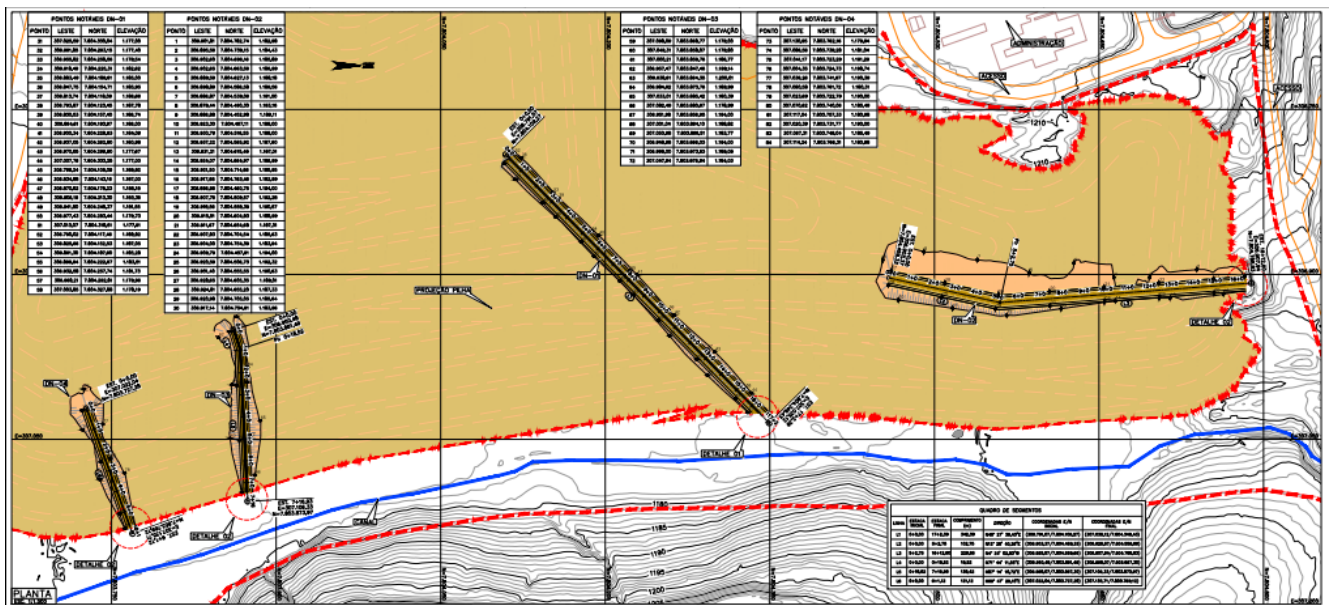


Figura 8.1. Traçado dos drenos de fundo da pilha de magnetita PDM 2 (Fonte: Adaptado de Des. nº WA02821014-1-GT-DES-0030\_REV\_A\_AG DREANGEM INTERNA).

Os drenos de fundo da PDM 2 possuem seção trapezoidal, com a base maior em contato com a fundação. Duas foram as seções drenantes dimensionadas, considerando enrocamento (D50 = 250 mm), camadas de transição de brita 3, brita 0 e areia. Na Figura 8.2 são apresentadas as seções típicas dos drenos.



**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**31/76**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-ETC-0001**

REV.

**0**

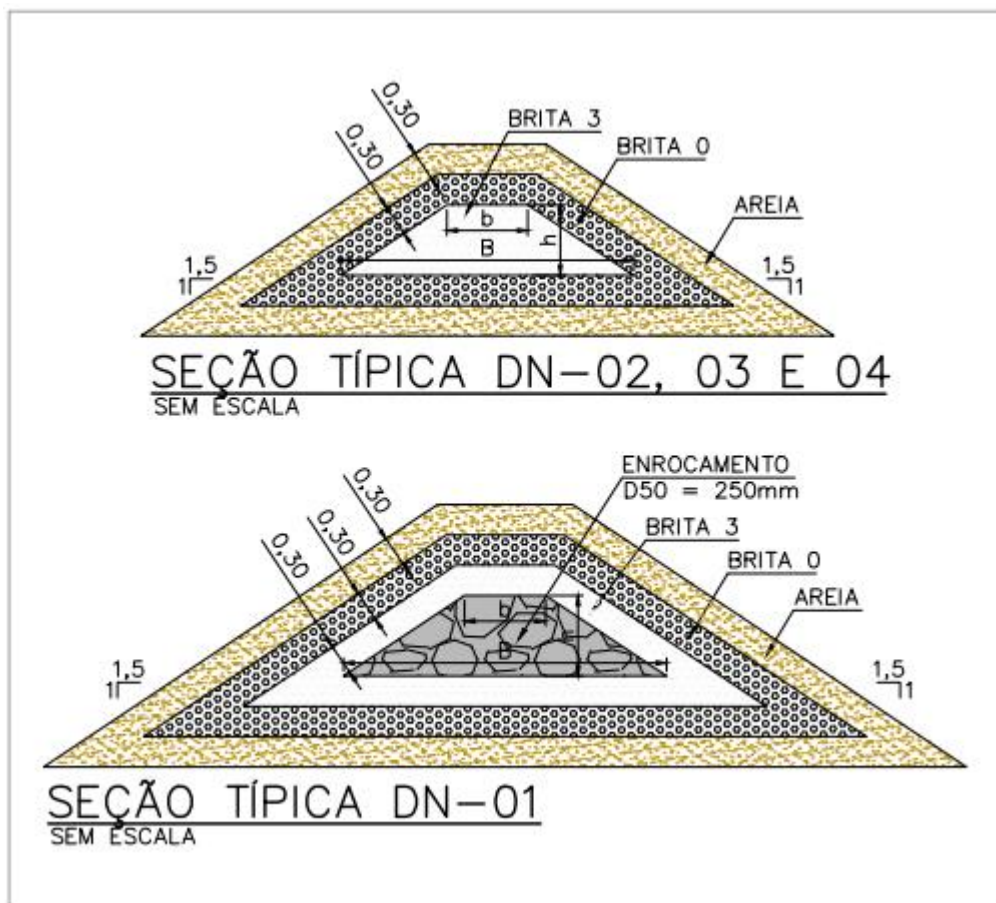


Figura 8.2. Detalhe Típico dos Drenos de Fundo.



## 8.1 MATERIAIS GRANULARES

Todos os materiais drenantes e/ou de transição, utilizados no sistema de drenagem de fundo deverão obedecer a critérios de compatibilidade granulométrica entre si e com os materiais em contato, e deverão ser constituídos de materiais rochosos isentos de detritos vegetais e matéria orgânica.

Os blocos de rochas utilizados no enrocamento deverão ser de rocha sã, de origem geológico gnaisse ou granito, provenientes de pedreira ou do estéril rochoso da mina isentos de material radioativo.

Os blocos rochosos, além de densos e sãos, deverão se apresentar isentos de fissuras, rachaduras, veios e outras imperfeições que possam ocasionar a sua deterioração por causas naturais e/ou mudança significativa de sua granulometria quando submetidos às operações de compactação.

Em hipótese alguma será admitido o uso de materiais fora das faixas especificadas. Quaisquer alterações na granulometria dos materiais requerem novo dimensionamento geotécnico por parte de CONTRATANTE.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>32/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Ressalta-se que areias com mais de 5% passante na peneira N° 200 (0,075 mm) (fração argila) não poderão ser utilizadas para transição do filtro, devendo ser especificado a lavagem da mesma para retirada da fração fina.

Portanto, para evitar a colmatação dos vazios do material do núcleo drenante pelo material fino carregado do maciço e da fundação, foram dimensionadas transições geotécnicas, de maneira a atender aos seguintes critérios:

- Critério de contenção/estabilidade: as dimensões dos vazios no material do filtro devem ser suficientemente pequenas para reter as partículas maiores do material protegido;
- Critério de permeabilidade: o material do filtro deve ter alta condutividade hidráulica para impedir a geração de grandes forças de percolação e pressões hidrostáticas aplicadas aos filtros.

Para a definição das transições geotécnicas que atenderão aos critérios apresentados, foi considerado o dimensionamento a partir do enrocamento, pela metodologia de Terzaghi.

A implantação dos materiais de transições tem como objetivo evitar o carregamento da magnetita depositada, o que poderia gerar deformações excessivas, trazendo riscos a estabilidade da estrutura. Além disso, reduz-se a contaminação do enrocamento por finos, com consequências à permeabilidade do material de base e prejuízos ao funcionamento da drenagem interna da estrutura.

A Figura 8.3 apresenta as curvas granulométricas dos materiais de construção empregados no projeto da pilha de magnetita PDM 2. A Tabela 8.1, Tabela 8.2 e Tabela 8.3 apresentam os limites granulométricos para a magnetita, areia, brita 0, brita 3 e enrocamento ( $D_{50} = 250$  mm) a serem utilizados no sistema de drenagem interna da estrutura.

PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

33/76

Nº WALM:

WA02821014-1-GT-ETC-0001

REV.

0

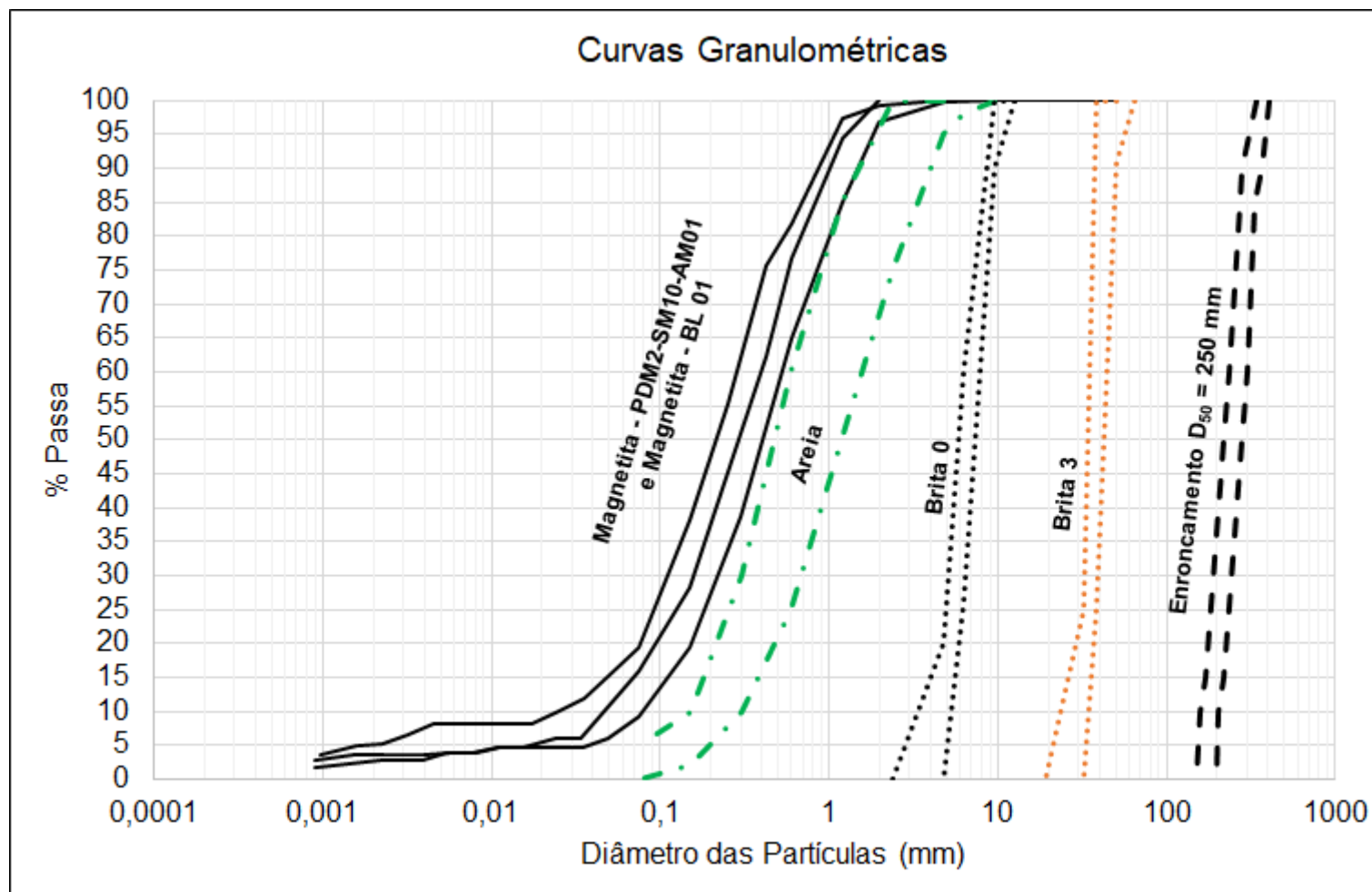


Figura 8.3. Faixas Granulométricas dos Materiais Utilizados.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>34/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 8.1. Limites Granulométricos da Magnetita.

Magnetita considerada na BL 01				Magnetita da sondagem PDM2-SM10-AM01	
Magnetita LI		Magnetita LS		Magnetita - LI	
d (mm)	% Passa	d (mm)	% Passa	d (mm)	% Passa
2	100	9,5	100	50,80	100,00
1,2	94,4	4,8	99,9	38,10	100,00
0,6	76,8	2	96,7	25,40	100,00
0,42	62,3	1,2	85	19,00	100,00
0,15	28,3	0,6	65	9,50	100,00
0,075	15,9	0,3	38,6	4,80	99,98
0,0464	10	0,15	19,5	2,00	99,35
0,0336	5,9	0,075	9,3	1,20	97,31
0,0237	5,9	0,0491	5,9	0,60	81,89
0,0151	4,8	0,0349	4,8	0,42	75,70
0,0107	4,8	0,0247	4,8	0,25	55,24
0,0076	3,8	0,0156	4,8	0,15	38,15
0,0054	3,8	0,011	4,8	0,08	19,52
0,0039	2,9	0,0079	3,8	0,05	15,52
0,0022	2,9	0,0056	3,8	0,04	11,87
0,0009	1,8	0,0039	3,7	0,03	10,04
		0,0023	3,7	0,02	8,22
		0,0015	3,7	0,01	8,22
		0,0009	2,7	0,01	8,22
				0,01	8,22
				0,00	8,22
				0,00	6,57
				0,00	5,11
				0,00	4,93
				0,00	3,65





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>35/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 8.2. Limites Granulométricos Areia, Brita 0 e Brita 3.

Material: Malha	Areia		Brita 0		Brita 3	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
76						
64					100	
50					90,8	100
38					25,2	100
32					0	25
25						13
19						0
12,5			100	100		
9,5	100		90	100		
6,3	98		26	60		
4,8	95	100	0	20		
2,4	75	100		0		
1,2	50	85				
0,6	25	60				
0,3	10	30				
0,15	2	10				
0,075	0	5				

Tabela 8.3. Limites Granulométricos Enrocamento.

<b>Enrocamento D50 = 250 mm</b>		
% passante	Inferior	Superior
100	340	410
90	283	370
85	275	330
60	236	300
50	220	280
15	170	220
10	157	205
0	150	200

Observa-se que os materiais, além de se situarem dentro da faixa granulométrica estipulada, deverão ser bem graduados, isto é, não deverão variar do limite inferior em uma peneira até o limite superior na peneira adjacente, ou vice-versa. A Tabela 8.4 a seguir apresenta os limites superior e inferior para os diâmetros D15, D50 e D85 dos materiais de drenagem interna/transições.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>36/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 8.4. – Faixa Granulométrica especificada materiais da drenagem interna e transições.

<b>Material</b>	<b>D<sub>15</sub> (mm)</b>	<b>D<sub>50</sub> (mm)</b>	<b>D<sub>85</sub> (mm)</b>
Enrocamento D <sub>50</sub> =250 mm	170,0 - 220,0	220,0 - 280,0	275,0 - 330,0
Brita 3	26,0 - 34,0	32,0 - 36,0	38,0 - 42,0
Brita 0	4,2 - 5,1	6,0 - 7,0	8,0 - 9,0
Areia	0,18 - 0,4	0,48 - 1,4	1,4 - 3,0

### 8.1.1 Características requeridas



As zonas dos materiais dos drenos deverão ser homogêneas, compactas, permeáveis e livres de contaminação de solos finos ou matérias orgânicas. Os materiais componentes da drenagem interna deverão ser constituídos por partículas duras e duráveis, obtidas de materiais rochosos isentos de detritos vegetais e de matéria orgânica e com porcentagem de finos (<#200) inferior a 5%.

A areia deverá ser compactada com grau de compactação relativa de, no mínimo, 60% em toda a espessura da camada. A areia e a brita 0 deverão apresentar, respectivamente, permeabilidades mínimas de  $1,00 \times 10^{-2}$  cm/s,  $1,00 \times 10^{-1}$  cm/s. Todos estes materiais devem possuir granulometria que se adequem às faixas especificadas na Tabela 8.4 e na Figura 8.3.

Para o controle de qualidade da construção é recomendado a realização dos ensaios apresentados na Tabela 8.5.

Tabela 8.5. Ensaios de controle para material do dreno e das transições.

<b>Local de Coleta de amostra</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Método de Ensaio</b>	<b>Quantidades especificadas*</b>
Areia	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 400 m <sup>3</sup> executado
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 400 m <sup>3</sup> executado
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR13292	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 400 m <sup>3</sup> executado
Brita 0	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m <sup>3</sup> executado
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m <sup>3</sup> executado
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR13292	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m <sup>3</sup> executado
Brita 3	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m <sup>3</sup> executado
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m <sup>3</sup> executado

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>37/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Nota: \* Se observado em campo mudança das características dos materiais, a quantidade de ensaios proposta deverá ser intensificada.

## 8.2 EXECUÇÃO

O sistema de drenagem interna do projeto da pilha de magnetita PDM 2 será construído conforme indicado no desenho aprovado para construção, documento nº: WA02821014-1-GT-DES-0030\_REV\_A\_AG DREANGEM INTERNA.

As camadas implantadas deverão ser obrigatoriamente protegidas, de modo a evitar a ocorrência de contaminações e erosões.

No lançamento e espalhamento, deverão ser evitadas a segregação dos materiais e a incorporação aos mesmos de materiais do aterro adjacente, contaminando-os e modificando sua granulometria. As faixas ou zonas onde, a critério da FISCALIZAÇÃO, ocorrer esta segregação ou contaminação, deverão ser removidas e substituídas por material de granulometria adequada, às expensas da CONTRATADA.

A liberação da camada de fundação de todos os trechos entre estacas antes da execução dos drenos deverá ser realizada pela FISCALIZAÇÃO. Esta liberação deverá ser registrada em documento de liberação.

Deverá ser realizada, pela Gestão da Qualidade e equipe de topografia, a checagem das granulometrias dos materiais a serem aplicados bem como a espessura das camadas.



A CONTRATADA deverá estocar, às suas expensas, os volumes de materiais que julgar suficientes para a execução dos drenos, transições e enrocamentos, de modo a evitar interrupções no lançamento e na compactação dos aterros.

Os drenos e as transições deverão ser construídos de maneira a permanecerem protegidos das águas pluviais. As camadas eventualmente contaminadas deverão ser removidas, manualmente ou com equipamentos de terraplenagem, às expensas da CONTRATADA.

Nas camadas do tapete sanduíche e transições, os materiais deverão ser lançados de modo a se obter camadas com espessura solta de no máximo 35 cm, sendo adensadas com 4 passadas de trator CAT-D3, com posterior irrigação intensa da praça. A areia deverá ser adensada de modo a atingir a compactidade relativa mínima de 60%.

Durante a execução, os pneus dos veículos deverão ser mantidos limpos a fim de evitar a contaminação. Outra opção é de proteger as passagens dos equipamentos com correias ou similares.

As camadas de brita deverão ser lançadas em camadas de 35 cm, sendo que cada camada lançada deverá ser espalhada e compactada com 2 passadas de trator de esteira do tipo D3.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>38/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 8.2.1 Controle

O controle geral de compactação será feito pela CONTRATADA por meio do acompanhamento permanente e da inspeção visual das diversas operações de lançamento, espalhamento, saturação e compactação, assim como pelos ensaios de controle.

O controle de qualidade, granulometria e permeabilidade dos materiais será efetuado com amostras recolhidas nas jazidas de areia, pilhas de estoque e, após o lançamento e/ou a compactação, nos locais de aplicação.

A granulometria da areia será verificada pela CONTRATADA por meio de, no mínimo, um ensaio a cada 400 m<sup>3</sup> de material lançado e em uma frequência nunca inferior a um ensaio por semana. Serão realizados ensaios de granulometria da areia com amostras coletadas antes e depois da compactação.

A compactação das areias do tapete sanduíche e das transições será controlada por meio de suas compacidades relativas – CR (%). Para a obtenção das densidades máxima e mínima, serão coletadas três ou mais amostras das pilhas de estoque dos materiais que serão utilizados e sobre cada amostra serão executados três ensaios de densidade máxima e mínima. Toda vez que houver mudança do tipo de areia, serão determinadas novas densidades máximas e mínimas, para servirem de referência.

Em princípio, será executado pelo menos um ensaio de controle da compacidade para cada 100 m<sup>3</sup> de areia compactada. Os graus de compacidade relativa deverão estar dentro da faixa especificada, para que cada camada seja considerada aprovada.

Para as britas, serão realizados ensaios de determinação da massa específica das camadas conforme a norma ABNT NBR NM 53 e ensaios de granulometria, a cada 1000 m<sup>3</sup> de material compactado, podendo ser modificado a critério da FISCALIZAÇÃO. A massa específica seca mínima a ser obtida no campo não deverá ser inferior a 1,7 t/m<sup>3</sup>.



## **9 EXECUÇÃO DO REATERRO DA FUNDAÇÃO EM MAGNETITA COMPACTADA E DO ATERRO DA PILHA EM MAGNETITA COMPACTADA**

### 9.1 OBJETIVO

O objetivo desta seção é estabelecer as normas e condições básicas a serem observadas no fornecimento de mão de obra, equipamentos e materiais para a execução dos serviços de terraplenagem para a implantação do depósito de magnetita.

### 9.2 ALINHAMENTO, TALUDES E SEÇÕES

O reaterro e as camadas do maciço deverão ser executadas com magnetita que deverão ser compactados e executados de acordo com esta Especificação Técnica bem como os desenhos aprovados para construção.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>39/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

O reaterro de fundação e o maciço será constituído por magnetita, compactadas com rolo liso com ou sem vibração, desde que seja avaliado a influência da mesma em estruturas de barramentos próximos e as camadas horizontais devem ter espessura máxima de 20 cm após serem compactadas. Esta espessura foi definida conforme executado no aterro experimental realizado pela Mosaic, e apresentado nos documentos (01 – PROCTOR, 02 - LIBERAÇÃO - HILF E FRASCO DE AREIA, 03 - RESUMO E COORDENADAS, 3 - RESUMO ATERRO EXPERIMENTAL). Caso a Mosaic, veja a necessidade de aumentar essa espessura e obter um ganho de deposição de material, um novo aterro experimental e estudos deverão ser realizados para averiguar o aumento ou não da espessura da camada compactada.

### 9.3 EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO

A CONTRATADA deverá fornecer à MOSAIC, antes do início da execução dos serviços, as especificações de todos os equipamentos previstos, incluindo dimensões, pesos, dados técnicos e cálculo da energia aplicada, devendo a eficiência dos equipamentos de compactação ser testada. Os equipamentos poderão ser reprovados, dependendo de inspeção feita pela equipe de segurança do trabalho.



A eficiência dos equipamentos deverá ser testada, devendo a CONTRATADA executar as modificações eventualmente necessárias para que o aterro apresente às características especificadas. Qualquer camada executada que não atenda às características especificadas, deverá ser removida e refeita pela CONTRATADA, sem ônus para a MOSAIC.

Para gradeamento, escarificação, homogeneização ou aeração de camadas a serem compactadas, serão empregadas grades de disco, escarificadores de motoniveladora, ou outros equipamentos desde que aprovados pela MOSAIC/FISCALIZAÇÃO.

A aspersão de água para correção da umidade dos materiais a serem compactados mecanicamente deverá ser feita por caminhões-pipa equipados com barras aspersoras que permitam a aplicação uniforme de água na área a ser umedecida e o controle da aspersão durante a operação. Não serão permitidos equipamentos de aspersão não aprovados pela MOSAIC/FISCALIZAÇÃO.

Os rolos compactadores deverão ser **LISOS** e ter sua eficiência validada por meio da execução de aterros experimentais antes do início das atividades. Deverá ser utilizado o rolo compactador modelo CA-25 ou similar. A Walm não recomenda a utilização de trator de esteira para a compactação.

Ressalta-se, no entanto, que a compactação deverá ocorrer sem vibração, caso a mesma tenha impacto em estruturas de barramento próximas a implantação da PDM 2. Este cuidado visa à segurança das atividades visto que vibrações próximas à barragem podem induzir ao processo de liquefação do material possibilitando assim uma ruptura súbita da estrutura. Entretanto, como o local de implantação da PDM 2 está distante das estruturas de barramento pode-se utilizar a **compactação com rolo liso com vibração**, desde que seja avaliado esta influência, possivelmente através da metodologia de microssísmica, para definir este impacto na barragem mais próxima.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>40/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Quando operados em série ou em paralelo em um mesmo material, os rolos deverão possuir as mesmas características de operação, forma, dimensões e pesos.

O eixo de cada cilindro do rolo deverá ser alinhado de modo a permitir perfeito contato com a superfície do aterro. Os cilindros serão equipados com dispositivos de limpeza, para evitar o acúmulo de materiais sobre os rolos.

Os rolos de pneus leves ou pesados serão do tipo autopropulsor, devendo as rodas estar dispostas de forma que os pneumáticos traseiros se alinhem aos vãos dos dianteiros. A CONTRATADA poderá propor rolos lisos comuns, de qualquer tipo, desde que eficientes na compactação dos materiais.

Os compactadores mecânicos de operação manual serão eventualmente utilizados apenas nas áreas confinadas, e nos locais inacessíveis aos equipamentos convencionais, devendo ser obedecidos nestes locais os mesmos requisitos de compactação exigidos para o aterro. Nesse caso, as camadas de solo lançadas “soltos” deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 10 cm.

Os compactadores mecânicos de operação manual poderão ser acionados por ar comprimido, por motores de combustão interna ou, ainda, por motores elétricos, e serão empregados nas áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais de terraplenagem, obedecidos os critérios de compactação com a espessura adequada ao equipamento.

### 9.3.1 Materiais, Preparação e Transporte

O material deverá ser lançado na pilha e atingir um grau de compactação de 98% do Proctor Normal, e compactado na umidade ótima. Caso seja verificada a necessidade, este deverá ser depositado provisoriamente em um pátio de estocagem/secagem intermediário, de modo a perder umidade para então ser transportado novamente para a frente de obra e ser utilizado como material de aterro para compactação na umidade ótima.

A CONTRATADA deverá manter o pátio de estocagem de rejeito com volume suficiente para que a produção não seja prejudicada, sempre respeitando a Especificação Técnica.



### 9.3.2 Execução

Os aterros serão construídos conforme indicado nos desenhos aprovados para construção ou determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Quaisquer aterros executados em desacordo com o projeto previsto serão corrigidos pela CONTRATADA, às suas expensas.

O lançamento da primeira camada só poderá ser realizado após a liberação da fundação, pela FISCALIZAÇÃO, e quando houver equipamento disponível para espalhamento e compactação imediatos. O lançamento desta camada deverá ser feito de modo que não haja



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>41/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

lentes, bolsões e veios de material cuja textura, granulometria e plasticidade sejam substancialmente diferentes da maioria do material lançado.

O lançamento e o espalhamento das primeiras camadas serão feitos de modo a regularizar as depressões existentes na fundação, até a obtenção de uma superfície uniforme.

As camadas serão lançadas e compactadas, de modo a obedecer às declividades de bermas e taludes apresentadas no projeto (notas de serviço).

As superfícies dos aterros serão mantidas em condições de permitir o tráfego dos equipamentos de transporte orientados em direções aproximadamente paralelas ao eixo, exceto quando impraticável, devendo neste caso obedecer ao determinado pela FISCALIZAÇÃO/ATO.

Tanto quanto possível, os equipamentos de transporte deverão ser dirigidos de modo a espalhar sua carga uniformemente, trafegando sobre o material solto lançado, e a não passar pelos mesmos caminhos.



As camadas cujas superfícies se apresentarem muito secas, impossibilitando uma boa ligação com a camada subjacente, serão irrigadas e tratadas até uma profundidade que assegure boas condições de ligação, a critério da FISCALIZAÇÃO/ATO. Se a superfície se apresentar muito úmida, que não dê suporte aos equipamentos, a camada será tratada até apresentar uma umidade adequada ao tráfego e à compactação. Quaisquer camadas que, após serem assim trabalhadas, não apresentarem condições adequadas, serão removidas a expensas da CONTRATADA.

O material lançado e espalhado terá sua superfície nivelada por motonivelamento ou trator de esteira e a FISCALIZAÇÃO/ATO poderá exigir o uso de gradeamento, antes da compactação, até que todo material esteja homogeneizado na profundidade total da camada.

O gradeamento deverá ser executado com grade de discos de diâmetro adequado à espessura do material lançado. Se julgar necessário, a FISCALIZAÇÃO/ATO poderá exigir o uso do escarificador das motoniveladoras.

A Magnetita deverá ser lançada e espalhada em camadas aproximadamente horizontais, com espessura de material solto menor ou igual a 30 cm e obter uma espessura máxima de 20 cm após compactado, conforme definido pelo aterro experimental executado pela Mosaic. A critério da MOSAIC/FISCALIZAÇÃO, em função dos graus de compactação obtidos nas primeiras camadas do aterro, deverão ser feitas aferições no método construtivo.

Caso os trabalhos de lançamento e compactação sejam interrompidos por um intervalo de tempo prolongado, a superfície do aterro deverá ser regularizada, selada convenientemente e será lançada sobre ela uma camada de material solto, com espessura mínima de 50 cm, com excesso de pelo menos 50 cm, medidos na horizontal, além dos alinhamentos previstos para a junta em talude. Este procedimento é necessário para evitar ressecamento e trincas do material compactado. Por ocasião da retomada dos trabalhos de compactação, toda a camada

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>42/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

de proteção da superfície horizontal e todo excesso lançado em talude, deverão ser removidos. Após a remoção das camadas de proteção, deverá ser feita também a remoção de camadas já compactadas dos maciços, ou parte das mesmas, se estas se apresentarem ressecadas, fissuradas ou com fendas.

Na iminência de chuvas, as superfícies dos aterros serão regularizadas e seladas convenientemente com rolos lisos ou equipamentos pneumáticos, para se obter uma superfície de drenagem lisa e reduzir a infiltração da chuva. Antes do reinício da compactação, as superfícies serão escarificadas a uma profundidade tal que atinja a última camada compactada, ou a critério da FISCALIZAÇÃO/ATO.

O material escarificado deverá ser homogeneizado e ter sua umidade ajustada, podendo ser exigida sua substituição, a expensas da CONTRATADA, se não apresentar condições adequadas de umidade e grau de compactação após ter sido retrabalhado.

A compactação deverá ser realizada de modo sistemático, ordenado e contínuo, com o número de passadas estabelecido no início dos trabalhos, nas camadas experimentais, de modo a assegurar as características de compactação especificadas. Entende-se como uma passada, a cobertura completa da superfície obtida pelo deslocamento do equipamento de compactação sobre a superfície da camada em somente uma direção e sentido, mesmo que o equipamento possua tambores em série.

O equipamento de compactação deverá trafegar na direção longitudinal aos eixos dos aterros, podendo a FISCALIZAÇÃO/ATO, excepcionalmente, liberar o tráfego na direção transversal, em áreas localizadas.

Deverá ser mantido um recobrimento mínimo de 50 cm entre as faixas adjacentes de circulação dos rolos.

Os aterros serão executados de modo que a geometria da camada de material compactado seja conseguida sem incorporar o material solto que fica na face do talude.



A espessura das camadas deverá ser controlada pela colocação de cruzetas a cada camada a ser executada. A cada 5 camadas deverá ser feito nivelamento topográfico nos bordos e no eixo da plataforma.

Caso ocorram camadas laminadas nos locais de tráfego concentrado de equipamentos de terraplenagem, elas deverão ser removidas. Serão também removidas quaisquer camadas em que ocorram “borrachudos” (ondulações devido à deformação plástica causada pela passagem dos equipamentos de terraplenagem sobre solos com excesso de umidade).

Todo o cuidado deverá ser tomado para se evitar a contaminação dos filtros com material erodido do maciço de solo fino; qualquer material de filtro contaminado deverá ser removido e substituído a expensas da CONTRATADA.

### 9.3.3 Materiais Inadequados



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>43/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Os materiais removidos da camada de proteção considerados inadequados pela FISCALIZAÇÃO deverão ser removidos para o bota-fora.

A CONTRATADA tomará precauções para que o material depositado no bota-fora não venha causar danos às áreas e obras adjacentes, por deslizamentos e erosões, e para que seja garantida a drenagem e proteção adequada dos taludes, a critério da MOSAIC/FISCALIZAÇÃO.

Os materiais serão lançados no bota-fora pelo processo de lançamento em ponta de aterro e espalhados por meio de tratores de esteiras para posterior retomada e compactação.

Os taludes provisórios do bota-fora deverão ser estáveis, devidamente drenados e não mais íngremes do que 2H:1V, salvo quando indicado em contrário. Qualquer reparo para desobstrução das áreas afetadas por eventuais desmoronamentos será executado pela CONTRATADA, às suas expensas e tão logo solicitado pela MOSAIC.

A MOSAIC se reserva o direito de solicitar o zoneamento dos materiais no lançamento em ponta de aterro, especificar taludes mais estáveis e melhor aparência estética, visando a utilização futura do aterro.

As áreas de bota-fora indicadas no plano viário da CONTRATADA deverão ser submetidas à aprovação da MOSAIC.



#### 9.3.4 Controle

O controle geral da compactação deverá ser feito pela CONTRATADA por meio de acompanhamento permanente e inspeção visual das diversas operações de escavação, lançamento, espalhamento, eventual umidificação ou secagem, homogeneização e compactação dos materiais.

Para verificar a qualidade dos serviços, a CONTRATADA deverá realizar poços de inspeção, ensaios, perfurações, amostragens e observações diretas ou indiretas, de campo e de laboratório, tudo o que for necessário para confirmar a adequada qualidade dos aterros, em conformidade com o Projeto e com esta Especificação Técnica.

Antes do lançamento de cada camada, a camada anterior deverá ser aprovada pela Gestão da Qualidade/FISCALIZAÇÃO. Sempre que solicitado, os ensaios de controle deverão ser fornecidos pela CONTRATADA à MOSAIC, que poderá solicitar a recompactação ou a remoção de qualquer camada que não atenda aos critérios especificados. Os trabalhos de correção ou de remoção de camadas de qualidade deficiente deverão ser realizados pela CONTRATADA sem ônus para a MOSAIC.

O material empregado na execução dos aterros e reaterros deverá apresentar teor de umidade que não cause problemas de trafegabilidade dos equipamentos de transporte sobre a praça de lançamento e/ou danos às camadas já compactadas (laminação excessiva, borrachudos,

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>44/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

deslocamento etc.) e que evite a ocorrência de material pulverulento, sem coerência quando compactado e sem condições de aderência com a camada anterior (limite do lado seco).

O reaterro e aterros compactados serão construídos utilizando magnetita conforme desenhos de projeto, em camadas horizontais de magnetita de espessura compactada uniforme menor ou igual a 20 cm, conforme definido pelo aterro experimental executado pela Mosaic. A compactação será obtida com um mínimo de 3 “feches” (ida+volta) possível para atingir a compactação adequada. O número de passadas poderá variar e deverá ser confirmado a partir da execução dos aterros experimentais previamente executados antes das atividades de compactação.

Em locais de difícil acesso aos equipamentos convencionais de terraplenagem, a compactação poderá ser obtida por meio de soquete/sapo mecânico ou placas vibratórias. A espessura de material lançado destas camadas neste caso deverá ser de 10 cm.

O controle do grau de compactação e desvio de umidade deverá ser obtido por meio de ensaios laboratoriais executados “in loco”, em cada camada, em pontos indicados pela MOSAIC/FISCALIZAÇÃO. Para tanto, a CONTRATADA deverá manter e operar um laboratório de solos na obra, com técnico especializado e laboratoristas, que operará subordinado à Gestão da Qualidade.



As camadas do reaterro e do aterro deverão ser compactadas com grau de compactação mínimo e máximo de 98% e 102% para a magnetita, em relação à densidade máxima de compactação na energia do Proctor Normal.

O material empregado na execução dos aterros deverá apresentar um teor de umidade apropriado para a compactação. A faixa de umidade a ser obedecida e deverá estar na umidade ótima ( $w_{ot}$ ) obtida no ensaio Proctor Normal (NBR 7182), podendo variar entre  $w_{ot} - 2\%$  e  $w_{ot} + 2\%$ .

O controle de compactação deverá ser feito pelo método de Hilf e/ou frasco de areia, conforme orientação da MOSAIC/FISCALIZAÇÃO. Deverá ser retirada amostra para controle de umidade em todos os pontos de ensaios de compactação. A obtenção da massa específica aparente seca “in situ” (densidade “in situ”) poderá ser feita pelo método de cravação do cilindro biselado.

Os valores do grau de compactação mínimo deverão ser verificados sistematicamente e, caso não sejam atingidos, deverão ser ajustados os métodos de execução de compactação.

As camadas que não atenderem às especificações serão recusadas e recompactadas. Se após a recompactação a camada ainda não atender às condições requeridas, deverá ser escarificada, homogeneizada e recompactada, ou removida para bota-fora a critério da MOSAIC.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>45/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

A umidade deverá ser uniforme ao longo de toda a camada e, se necessário, correções deverão ser feitas, preferencialmente fora da praça de lançamento, ou seja, na Pilha de Estoque.

Os ensaios de determinação do grau de compactação e de desvio de umidade deverão ser realizados em todas as camadas, bem como nos seguintes locais:

- Nas junções entre zonas compactadas manualmente e por rolo;
- Nas áreas onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuam sua velocidade durante as operações de compactação;
- Outros locais onde seja necessário, a critério da MOSAIC/FISCALIZAÇÃO.

A MOSAIC/FISCALIZAÇÃO poderá alterar a frequência dos ensaios de comprovação, intensificando-os no início dos serviços e reduzindo-os à medida que se estabelecer uma rotina na execução, de acordo com a uniformidade dos resultados obtidos.

No decorrer dos serviços, o número de passadas poderá ser modificado em função das condições dos materiais e/ou equipamentos, conforme os resultados dos ensaios.

#### 9.4 REATERRO MANUAL

O reaterro em locais confinados ou em valetas deverá ser realizado manualmente, com lançamento em camadas de espessura solta de 10 cm e compactados com compactadores manuais.



O controle de compactação deverá ser feito nos mesmos moldes do aterro compactado com rolo e poderá ser solicitado, a qualquer momento e em qualquer local pela MOSAIC/FISCALIZAÇÃO, caso esta julgue necessário.

### 10 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Os dispositivos de drenagem superficial dizem respeito às canaletas de topo e de acesso, descida de água e canais periféricos, responsáveis por coletar e drenar o escoamento pluvial originado na pilha de magnetita PDM 2 de forma ordenada, prevenindo a incidência de processos erosivos na própria pilha e entorno.

A descrição geral dos dispositivos hidráulicos previstos está apresentada no relatório técnico do projeto detalhado da PDM 2, documento nº WA02821014-1-GT-RT-001 e são apresentados também nos formatos técnicos do projeto.

Os subitens a seguir apresentam as especificações técnicas referentes a construção dos bueiros em concreto, às escavações de valas e execução de aterros para implantação dos dispositivos de drenagem.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>46/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 10.1 ATERROS DE VALAS ESCAVADAS

Para implantação dos dispositivos de drenagem será escavada uma vala que posteriormente deverá ser aterrada. O solo desse aterro deverá ser o mesmo utilizado para escavação, desde que não haja materiais inconsolidados, saturados ou orgânicos durante os trabalhos de escavação. Caso contrário, esses materiais deverão ser substituídos por outros e submetidos para aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os reaterros das valas poderão ser executados sem controle do grau de compactação, com camadas não superiores a 25 cm, através da passada de tratores de esteira tipo D8 ou similar. Recomenda-se pelo menos 4 (quatro) passadas de tratores de esteira por camada (uma passada significa o ciclo de uma ida e uma volta sobre a camada). Onde a compactação for executada com placa vibratória, caso aplicado, a camada solta deverá ser de no máximo 15 cm.

## 10.2 EXECUÇÃO DE BUEIROS

O bueiro 1, consiste em um bueiro celular de concreto triplo, com células de 3,5 x 3,5 m e de um aterro, de espessura aproximada de 1,5 m, conformando o acesso e deverá ser implantado conforme os desenhos de projeto executivo e especificações técnicas recomendadas no projeto. Deverá ser executada a escavação, execução do berço e posterior montagem dos módulos. O Bueiro 2 está localizado sob a futura travessia do canal de lama e como ainda não possui maiores informações, o projeto desse bueiro será desenvolvido a nível conceitual, portanto não sendo objeto desta especificação técnica.

### 10.2.1 Materiais



Os materiais a serem empregados na confecção dos dispositivos acessórios e demais elementos constitutivos dos bueiros, devem atender às normas e especificações da ABNT pertinentes ao caso, em sua edição mais recente e às exigências adiante indicadas.

#### 10.2.1.1 Células de concreto

As aduelas de concreto simples ou armado deverão obedecer ao especificado na NBR 8890 NBR15396 e NBR15645, e serem inspecionados antes de sua aceitação pela FISCALIZAÇÃO, que poderá, quando julgar necessário, independentemente da apresentação pelo fornecedor dos certificados de fabricação, exigir a realização de ensaios a fim de verificar se os mesmos atendem as Normas Técnicas em vigor.

As aduelas que apresentarem rachaduras ou qualquer avaria deverão ser sumariamente condenados e retirados do canteiro de serviços.

#### 10.2.1.2 Concretos, argamassas, aços para armaduras, formas e escoramentos

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>47/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Os concretos a serem empregados na construção de berços, contra berço, alas e o copo do bueiro, bem como o aço para as respectivas armaduras, serão confeccionados segundo as especificações contidas no item referente as especificações de Concreto.

As argamassas serão de cimento e areia deverão obedecer aos traços estipulados nos formatos técnicos apresentados, em volume, e atenderão as especificações mencionadas anteriormente.

A madeira para as formas e escoramentos das alas, berços e contra berços deverão ser de boa qualidade, devendo estar isenta de furos de nós e nós soltos, fendas, deformações ou outros defeitos que afetem sua resistência ou a aparência do concreto. A madeira a ser utilizada nos escoramentos deverá, ainda, apresentar resistência à compressão compatível com a carga atuante no escoramento.

#### 10.2.1.3 Material de rejuntamento

Os materiais a empregar nos rejuntamentos a serem executados devem seguir os tipos apresentados no projeto e, na falta de outra indicação, devem ser feitos com argamassa de cimento e areia no deverão obedecer aos traços estipulados nos formatos técnicos apresentados, em massa.

Podem ainda ser empregados os seguintes materiais de rejuntamento, mediante aprovação da FISCALIZAÇÃO: estopa alcatroada, corda de cânhamo ou juta, asfalto para rejuntamento (CAP 85/100 ou CAP 100/120).

### 10.2.2 EXECUÇÃO

#### 10.2.2.1 Locação da obra



A CONTRATADA procederá a locação da obra de acordo com o Projeto Executivo, devendo obedecer aos alinhamentos e cotas de implantação nele definidos.

Serão adotadas todas as precauções necessárias em relação à segurança e amarração externa dos elementos de locação de maneira a permitir o restabelecimento destes nas diversas fases da obra.

#### 10.2.2.2 Limpeza do terreno

Antes de serem iniciadas as escavações deverá a CONTRATADA proceder a limpeza do terreno em toda a área necessária à implantação da obra. Para isto será feito o desmatamento, destocamento, a remoção, a demolição e a retirada para fora da área, de todos os detritos, pedras, matacões e outros elementos obstrutivos.

#### 10.2.2.3 Escavação

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>48/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

As escavações serão executadas segundo a seção, cotas e alinhamentos indicados no Projeto Executivo, apenas podendo ser alterados aqueles elementos definidos, em situações especiais, a critério da FISCALIZAÇÃO e de acordo com ordem expressa a ser pela mesma expedida.

Quando, na cota de fundação do berço do bueiro, for encontrado material de resistência superior ao da fundação do aterro contíguo, a escavação deverá prosseguir até a profundidade estipulado em projeto, salvo indicação contrária do projeto ou da FISCALIZAÇÃO, que poderá, a seu critério, dispensar esta providência.

O material escavado deverá ser removido até uma distância e local que não prejudiquem o andamento do serviço, o tráfego na via, a movimentação do pessoal e equipamentos, garantem a segurança, a eficiência do trabalho e a integridade da obra durante a execução.

Escavações em vala, sob vias e acessos de veículos em tráfego, serão precedidas de escoramento das vias, de acordo com o projeto ou segundo orientação da FISCALIZAÇÃO.

As paredes das valas serão verticais e, no caso do coeficiente de atrito do material que constitui o solo ser tal que não permita essa condição, ficará a critério da FISCALIZAÇÃO, a exigência de ser procedido o escoramento, ou determinar o abatimento dos taludes da vala.

Será obrigatório o esgotamento das águas provenientes de infiltração ou de chuvas que impeçam ou prejudiquem a qualidade dos serviços, com as devidas precauções no sentido de garantir o lançamento da água esgotada em locais que não danifiquem outras partes em construção ou causem prejuízos a terceiros.

#### 10.2.2.4 Fundação e corpo da galeria



A declividade longitudinal do bueiro deve ser contínua e somente em condições excepcionais permitir descontinuidades no perfil da galeria.

O corpo das células pode assentar-se diretamente sobre o terreno de fundação simplesmente regularizado com ou sem substituição prévia do solo subjacente, ou ser assentado sobre uma camada de regularização e de distribuição de cargas, constituída de concreto simples estipulado em projeto, devendo ser estas modalidades de fundação definidas no projeto ou indicadas pela FISCALIZAÇÃO.

Caso tenha havido necessidade de escavação em profundidade abaixo da cota de fundação, conforme o item anterior, será restabelecido o nível da fundação, mediante o preenchimento da cava ou vala com material da mesma natureza e resistência que o aterro contíguo, compactado a 98% do Proctor Normal.

Ocorrendo ao nível da fundação surgências de água que prejudiquem o seu preparo, deverá ser executado um rebaixo de 20 cm, salvo orientação em contrário da FISCALIZAÇÃO e procedido o preenchimento com material drenante até o restabelecimento da cota de fundação.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>49/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Será executada a primeira camada constitutiva do berço, segundo as dimensões indicadas no projeto ou pela FISCALIZAÇÃO.

Após a execução da primeira camada do berço, serão colocadas as aduelas, segundo o alinhamento e declividade do projeto, utilizando-se para tanto, cunhas ou calços de madeira ou de concreto pré-moldado. Executa-se a seguir a segunda camada de concretagem do berço, devendo-se ter o cuidado para que seja perfeitamente preenchido o espaço situado entre a parte inferior da aduela e a primeira camada do berço, de modo a assegurar perfeito contato e aderência entre a aduela e o berço.

As aduelas machos e fêmeas deverão ser dispostas de modo que as fêmeas fiquem voltadas para montante, devendo os machos serem bem encaixados.

#### 10.2.2.5 Execução do rejuntamento

Deverá ser tomada a máxima precaução no rejuntamento das aduelas a fim de ser evitado qualquer vazio entre os elementos. O rejuntamento deve ser feito de modo a atingir todo o perímetro da galeria, a fim de garantir a sua estanqueidade. Deste modo, o rejuntamento dos tubos deverá ser executado depois de feito o encaixe de três células adiante, a fim de que o rejunte não venha a se romper em consequência de abalos.

O projeto indicará os detalhes dos rejuntamentos a serem empregados nas aduelas da galeria. Estes rejuntos deverão ser do tipo rígido, com argamassa de cimento e areia.

#### 10.2.2.6 Aterro em torno da galeria

A execução do aterro em torno do bueiro deverá ser feita numa extensão de 1,0 m para cada lado do berço, em camadas superpostas com a espessura de 15 cm de material solto, com características e grau de compactação idênticos ao do aterro contíguo.



Quando a implantação do bueiro ocorrer em valas abertas em aterros já construídos ou em terreno natural, o aterro em torno dos tubos terá como limites a escavação da vala.

A compactação do aterro deverá ser feita de ambos os lados, simultaneamente, com os cuidados necessários à preservação da integridade da obra, utilizando-se para isso equipamentos leves de compactação, até pelo menos 20 cm acima da geratriz superior das aduelas.

É terminantemente vetado o emprego de rolos vibratórios, nestes casos.

Deverá ter-se o máximo cuidado ao compactar igualmente o aterro a ser colocado no espaço entre as aduelas, no caso de galerias múltiplas.

#### 10.2.2.7 Acabamentos

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>50/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Após o término da obra serão corrigidos os defeitos de ligação entre o aterro e as alas, eliminadas eventuais erosões, todas as imperfeições aparentes e efetuada a limpeza de sedimentos e detritos.

#### 10.2.2.8 Controle

O alinhamento, esconsidade, declividade, comprimentos e cotas da galeria serão conferidos por métodos topográficos correntes.

O controle tecnológico do concreto, das armaduras, formas e escoramentos será efetuado de acordo com o estipulado nas normas específicas.

#### 10.2.2.9 Muro Ala

Já os muros alas serão em concreto pré-moldado, e também seguirá o padrão DNIT.

## 11 ESTRUTURAS DE CONCRETO

### 11.1 COMPOSIÇÃO

O concreto especificado a seguir será usado para a construção das estruturas hidráulicas (descidas d'água, canais periféricos e bacia de dissipação) da pilha de magnetita PDM 2. O concreto deve ser composto, basicamente, de cimento Portland comum ou pozolânico, água, e agregados graúdo e miúdo, além de aditivos que possam ser necessários para melhorar as características da mistura.

A composição dos diversos tipos de concreto será objeto de estudo de dosagem em laboratório especializado de forma a se obter, com o menor fator água/cimento possível, mistura plástica, trabalhável e adequada para as condições específicas de cada lançamento e, quando devidamente curado, concreto com durabilidade, impermeabilidade, densidade, resistência e textura que satisfaça todas as exigências das estruturas de drenagem.



#### 11.1.1 Cimento

Todo o cimento a ser usado na obra deverá ser de boa qualidade, de conformidade com as prescrições da ABNT, adquirido em fábricas com qualidade reconhecida. Poderão ser empregados os cimentos Portland comum ou pozolânico.

O cimento Portland comum deverá atender a todas as prescrições da NBR 5732, tendo suas características físicas e químicas de acordo com as exigências desta Norma.

O cimento Portland pozolânico deverá atender a todas as prescrições da NBR 5736, tendo suas características físicas e químicas de acordo com as exigências desta Norma. O limite



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>51/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

para a superfície específica (Blaine) do cimento pozolânico deverá ser definido em função do tipo de material pozolânico utilizado.

#### 11.1.2 Ensaios

Todos os cimentos empregados deverão estar acompanhados dos certificados dos ensaios de fábrica, executados em conformidade com as normas da ABNT. Além disso, deverão ser coletadas amostras no Canteiro de Obra, para fins de realização de ensaios, compostos de todo o cimento recebido em um dia.

Quando o cimento for transportado em sacos ou "containers" de lona vinílica, deverão também ser coletadas amostras representativas para a execução de ensaios.

#### 11.1.3 Transporte

Na utilização do cimento a granel, o transporte para o Canteiro de Obra deverá ser efetuado em caminhões e/ou vagões equipados com silos estanques, adequadamente construídos, de forma a proteger completamente o cimento da umidade. No transporte de cimento ensacado, as cargas deverão ser permanentemente protegidas por cobertura de lona ou material similar.

Deverá ainda ser considerada, como alternativa de transporte e armazenamento intermediário, a utilização de "containers" de lona vinílica.

Imediatamente após o recebimento no Canteiro de Obra, o cimento deverá ser armazenado em silos ou depósitos secos, convenientemente ventilados e estanques, equipados para impedir absorção de umidade pelo material.

O cimento ensacado não deverá ser armazenado em pilhas com mais de 14 sacos, se sua utilização for prevista para períodos não superiores a 30 dias, nem com mais do que 7 sacos, quando por períodos maiores.



Para evitar a utilização de cimento envelhecido, deverá, prioritariamente, ser utilizado cimento que esteja armazenado por 45 dias ou mais. Estes cuidados são requeridos tendo em vista que cimentos com mais de 4 meses de armazenamento em silos ou 2 meses em sacos ou "containers" serão rejeitados.

#### 11.1.4 Temperatura do Cimento

Inicialmente a temperatura do cimento na entrada das betoneiras não deverá exceder a 50°C. Posteriormente ao início das obras este limite poderá ser ampliado até 60°C, a partir de ensaios específicos de controle de temperatura do concreto.

#### 11.1.5 Aditivos

Os aditivos a serem usados nos concretos deverão ter sua qualidade assegurada por meio de atestados emitidos pelos fabricantes.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>52/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 11.1.6 Água

A água para amassamento e cura do concreto, deverá atender ao especificado na Norma Brasileira NBR-11560. Esta deverá ser limpa e isenta de quantidades inadmissíveis de silte, matéria orgânica, óleo, álcalis, sais, despejos de esgotos e outras substâncias nocivas. Deverão ser providenciadas instalações para o armazenamento de água, de maneira a garantir a continuidade das operações de concretagem e cura.

### 11.1.7 Agregados – Ordem, produção e requisitos básicos de qualidade

Os agregados para o concreto deverão ser obtidos de fontes que contenham materiais que possam atender às exigências desta Especificação.

O processamento das matérias primas deverá incluir a britagem, peneiramento, transporte e mistura, como necessário, para a produção de agregados apropriados. Adicionalmente, areias naturais obtidas em jazidas adequadas deverão ser empregadas como agregado para o concreto.

A fonte principal dos agregados serão as rochas graníticas. Os agregados deverão ser constituídos de fragmentos sólidos, densos, resistentes e isentos de películas. Para minimizar a possibilidade de incidências de reação álcali-agregado, amostras representativas das rochas maciças previstas para produção de agregados deverão ser submetidas, previamente ao início das Obras de Concreto, a ensaios específicos para determinação de seu potencial em termos de reatividade.



#### Agregado Graúdo

O termo "agregado graúdo" é empregado para designar o agregado bem graduado, com dimensões entre 4,8 a 50 mm (3/16" a 2"), ou qualquer dimensão ou faixa dentro destes limites. Esta especificação foi concebida para misturas utilizando-se como diâmetros de referência para brita 1 e 2, respectivamente, 25 e 50 mm. O agregado graúdo para concreto deverá ser exclusivamente composto de rocha britada. Ao ser transportado para a central de concreto, o agregado graúdo deverá ter teor de umidade uniforme e estável.

#### Estocagem dos Agregados

O agregado deverá ser estocado e conservado de modo a evitar contaminação por materiais estranhos. As pilhas de estoque deverão ser formadas de modo a impedir segregação. A disposição dos materiais estocados e sua retirada deverão ser efetuadas de maneira a obter a melhor uniformidade da graduação, tanto quanto praticável. As pilhas de estocagem deverão dispor de sistema adequado de drenagem e ser utilizadas de maneira a permitir mínimo de 24 horas de drenagem, anteriormente à utilização do agregado.

Poderá ser requerido o peneiramento e a lavagem da areia natural, antes da sua colocação na pilha de estoque, caso sejam observados materiais indesejáveis ou de grandes dimensões.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>53/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

A quantidade mínima de agregado estocado deverá ser determinada de acordo com o cronograma de construção.

## 11.2 DOSAGEM DO CONCRETO

O concreto será dosado de forma a se obter misturas suficientemente trabalháveis que, com a mínima quantidade possível de cimento, possam atender às exigências desta Especificação.

## 11.3 CONTROLE

Para determinar os traços a serem utilizados nos concretos, deverão ser desenvolvidos estudos de dosagens e ensaios experimentais com agregados e com concreto. As proporções de todos os materiais que compõem o concreto poderão ser modificadas, sempre que for necessário, a fim de manter o padrão de qualidade exigido.

O teor de aglomerantes nos vários tipos de concreto variará de acordo com a resistência especificada no projeto, dependendo dos requisitos estruturais. As dosagens de concreto serão elaboradas visando o emprego das maiores quantidades possíveis de agregado miúdo e graúdo.

## 11.4 CLASSE DO CONCRETO

Os concretos convencionais destinados às diversas partes das estruturas serão classificados de acordo com a resistência característica de projeto ( $f_{ck}$ ), sendo os locais de aplicação de cada classe indicados na tabela abaixo. São previstas as classes de concreto mostradas na Tabela 11.1.

Tabela 11.1. – Classes do Concreto.



Classe	$f_{ck}$ (MPa)	Idade de Controle (dias)
C10	10	90
C30	30	28

As idades de controle da tabela acima poderão ser alteradas em função do cronograma da obra, desde que previamente aprovadas pela PROJETISTA.

Na Tabela 11.2 são apresentadas as classes de concreto indicadas para a execução das principais estruturas do empreendimento.

Tabela 11.2. Classes do Concreto e suas aplicações.

<b>Classe C10:</b>	Concreto de regularização.
<b>Classe C30:</b>	Concreto a ser utilizado nos dispositivos de drenagem.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>54/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 11.5 ENSAIOS DO CONCRETO

O responsável pelo fornecimento do concreto efetuará todos os ensaios necessários à definição, produção e controle dos concretos, em conformidade com as normas aplicáveis da ABNT, em particular a NBR 9833, ou outras similares. De um modo geral, esses ensaios compreenderão:

- Determinação da adequabilidade dos materiais propostos para utilização no concreto;
- Determinação, por meio de cálculos e/ou misturas experimentais, dos traços para obtenção de concreto econômico, com a necessária resistência, trabalhabilidade e outras propriedades exigidas por esta Especificação;
- Verificação, durante o andamento da obra, da uniformidade qualitativa e adequabilidade dos materiais;
- Verificação, por meio de ensaios em corpos de prova produzidos à medida que os trabalhos avançam, se está sendo obtido concreto com a qualidade exigida;
- Determinação das alterações nos traços que se tornem necessárias ou aconselháveis.

As resistências à compressão deverão ser determinadas através de ensaios, feitos e curados de conformidade com a NBR 5738. As amostras para a confecção desses cilindros serão obtidas em conformidade com as especificações em vigor da ABNT. Serão retiradas amostras em número suficiente para proporcionar o registro completo das resistências do concreto empregado em cada parte da obra.



Deverão ser mantidos registros de todos os ensaios e resultados e deverão ser emitidos relatórios técnicos apresentando estes dados devidamente analisados e compilados.

## 11.6 ADENSAMENTO DO CONCRETO

Cada camada de concreto deverá ser adensada à máxima densidade praticável, de maneira a não conter bolsões ou vazios no seu interior ou ao longo das superfícies das formas e materiais embutidos. Ao adensar cada camada de concreto, deve-se deixar que o cabeçote de vibração penetre e revibre o concreto na parte superior das camadas subjacentes, onde praticável, ou onde o concreto subjacente não venha a ser danificado. O vibrador deverá ser operado em posição quase vertical, deixando que o cabeçote penetre sob a ação de seu próprio peso.

Deverá ser evitado qualquer contato dos vibradores em operação com a armadura ou qualquer material embutido.

Os vibradores serão do tipo de imersão, operando por ação elétrica ou pneumática. A frequência da vibração não deverá ser inferior a 6.000 ciclos/min. A vibração excessiva, que provoque segregação e exsudação de água, deverá ser evitada. Não se prevê o uso de vibradores de superfície e/ou de formas. O equipamento de vibração deverá sempre ser adequado, em número de unidades, diâmetro e potência unitária, para adensar, satisfatoriamente, todo o concreto.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>55/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 11.7 FORMAS

Onde necessário, as formas deverão ser usadas para confinar o concreto e dar-lhe a forma. As formas deverão ter resistência suficiente para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, estar rigidamente fixadas na posição correta e ser suficientemente estanques para impedir a perda de argamassa. As formas para superfícies que receberão aterro poderão ser construídas com madeira bruta e aquelas para superfícies expostas e de passagem de água deverão ser revestidas ou construídas com material liso, tal como aço ou madeira compensada.

O revestimento das formas deverá ser mantido em condições aceitáveis e substituído quando necessário, por material novo. Deverão ser colocadas tiras nos cantos, de modo a produzir cantos chanfrados nas superfícies de concreto, permanentemente expostos. Os ângulos interiores dessas superfícies não necessitarão chanfros, salvo se exigidos no detalhamento do projeto em etapas futuras.

### 11.7.1 Limpeza e Preparo

Por ocasião da colocação do concreto nas formas, as suas superfícies deverão estar isentas de incrustações de argamassa, cimento ou qualquer material estranho que possa contaminar o concreto ou interferir com o cumprimento das exigências das especificações relativas ao acabamento das superfícies. Antes do lançamento do concreto ou durante a movimentação das formas, as superfícies deverão ser untadas com desformante comercial apropriado que possa, efetivamente, impedir a aderência e que não manche as superfícies do concreto. Dever-se-á tomar cuidado para que este desformante não contamine o concreto que se ligará com a nova camada, nem afete a armadura, o material embutido, vedajuntas e outros materiais.

### 11.7.2 Remoção

Em geral, as formas deverão ser removidas logo que praticável, a fim de evitar demora na cura e reparos das imperfeições de superfície.



As formas deverão ser removidas com cuidado, a fim de evitar danos ao concreto. Quando estes ocorrerem, os reparos ou tratamentos necessários deverão ser executados de imediato, de tal forma a alcançar coloração tão aproximada quanto possível do concreto existente.

## 11.8 CURA E PROTEÇÃO

Em geral, o concreto deverá ser curado logo após a pega, como segue:

### Pisos, Degraus, Caixas dissipadoras e Valas

O concreto das descidas d'água em degraus, caixas dissipadoras e valas das estruturas deverá ser curado durante 14 dias, com água ou cobertura saturada. A cura das superfícies

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>56/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

das juntas de construção poderá ser interrompida antes dos 14 dias, quando cobertas com concreto fresco.

### Outras superfícies

As outras superfícies deverão ser curadas com água. As superfícies sem formas, deverão ser umedecidas, cobrindo-as com material saturado de água, ou por outros meios eficientes, logo que o concreto tenha endurecido suficientemente para impedir avarias causadas pela água. Estas superfícies, as de declive acentuado e as verticais, deverão ser mantidas completa e continuamente úmidas, antes e durante a remoção das formas, aplicando-se a água nas superfícies do topo e deixando-a fluir entre as formas e as faces de concreto. Depois deste procedimento, deverá ser feita a cura com água.

#### 11.8.1 Com Água

O concreto curado com água deverá ser mantido umedecido durante, no mínimo, 14 dias, imediatamente após o lançamento ou até que seja coberto com concreto fresco. Manter-se-á continuamente (não periodicamente) umedecido o concreto, cobrindo-o com material saturado com água ou espargindo água por sistema de tubulação perfurada ou espargidores mecânicos. O material saturado com água para cura não deverá ser mantido excessivamente molhado a ponto de drenar água e manchar as paredes do concreto, devendo ser removido depois de expirado o período de cura.

A água usada para a cura deverá satisfazer às exigências da Norma NBR 11560 para misturar o concreto.



#### 11.8.2 Através de Película

A cura através de película deverá ser feita por aplicação de composto selante que forme película retentora de água na superfície do concreto. O composto selante deverá ser branco, possuir qualidade reconhecida e ter consistência e qualidade uniformes, em cada recipiente de cada lote.

O composto selante deverá ser aplicado às superfícies de concreto por pulverização, de modo a resultar em película contínua e uniforme sobre toda a área. A média de aplicação deverá ser de, no mínimo, a especificada pelo fabricante, a fim de se obter a película contínua adequada.

O composto selante só poderá ser aplicado após se molhar a superfície até sua saturação, iniciando-se então a aplicação imediatamente. O equipamento de aplicação deverá ser do tipo tanque de pressão, provido de agitadores contínuos do composto. Durante o período de cura deverão ser controlados o tráfego e outras operações, a fim de proteger a película contra danos. A cobertura da película com areia ou outros materiais poderá ser empregada, se o tráfego sobre a superfície não puder ser evitado. Em caso de danos ou descolamento da película, durante o período de cura, os reparos deverão ser imediatamente realizados.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>57/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 11.8.3 Proteção

As superfícies expostas do concreto deverão ser protegidas dos raios solares, pelo menos nos três primeiros dias após o início da cura. Os locais sujeitos ao fluxo de água, na região do piso, deverão ser cobertos com proteção de madeira.

### 11.8.4 Reparos no Concreto

Os reparos das imperfeições no concreto com formas deverão ser completados preferencialmente 24 horas após a remoção das mesmas. As rebarbas deverão ser totalmente removidas das superfícies expostas. O concreto danificado ou com "ninhos de abelhas" deverá ser removido até a parte sã e substituído com enchimento seco, argamassa ou concreto, como especificado adiante. A superfície a ser removida deverá ser contornada por sulco de 2 cm de profundidade, feito com disco de corte no concreto sã.

Todo concreto poroso ou fraturado deverá ser removido por escareamento. Os cortes deverão ser em forma de cunha (rabo de andorinha), ficando as bordas em ângulos agudos. Deverão ser preenchidos até a linha de projeto com concreto fresco ou argamassa. Quando for utilizado concreto para o preenchimento do corte, este não deverá ter profundidade inferior a 10 cm e dimensões como especificado adiante. Em alguns reparos poderá ser necessária a aplicação de adesivos epóxicos, os quais serão utilizados de acordo com as instruções do fabricante.



Os enchimentos secos deverão ser aplicados em vazios que tenham, pelo menos, uma dimensão inferior à profundidade. Estes serão, normalmente, os furos causados pela remoção dos prendedores das extremidades dos tirantes das formas, os rebaixos de cimentação e tubulação e as ranhuras estreitas cortadas para o reparo das fendas. Não será necessário o enchimento dos vazios deixados pela remoção dos prendedores das extremidades dos tirantes em juntas de construção ou em superfícies sujeitas a enchimento com concreto. Não deverá ser usado enchimento seco para preencher vazios contíguos a armaduras ou que se estendam inteiramente por seção de concreto.

O enchimento com argamassa deverá ser feito em vazios demasiadamente largos para serem preenchidos com enchimento seco e muito rasos para serem obturados com concreto.

Todos os enchimentos deverão aderir firmemente às superfícies dos vazios e deverão ser perfeitos e isentos de rachaduras produzidas por retração. Deverá igualar-se em cor ao concreto adjacente. Para que isto seja alcançado, deve-se prever a utilização de cimento branco nas argamassas de reparo, nas quantidades determinadas em testes de laboratório.

Nas superfícies permanentemente submersas, ou sujeitas à ação do fluxo de água, poderá ser requerida a colagem com adesivo epoxídico do reparo ao substrato e também aplicação de argamassas pré-dosadas, com polímeros de alta resistência e adesivo sintético tixotrópico.

Caso ocorram infiltrações de água não previstas através de qualquer estrutura de concreto, esta deverá receber tratamento adequado, a fim de eliminá-las.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>58/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 11.9 ARMADURA

Este item abrange a execução de todos os trabalhos relacionados com armadura. A CONTRATANTE deverá fornecer todas as armaduras que incluem barras ou telas soldadas, arames e acessórios. A CONTRATADA deverá ser responsável pelo corte, dobra e instalação.

### 11.9.1 Aço para Armaduras

Salvo especificação em contrário, os aços para as armaduras e barras de ancoragem deverão ser de categoria especificado no projeto executivo, e ser de acordo com a norma NBR 7481/90. No projeto detalhado deverá ser indicado à localização geral e os dobramentos típicos das barras consideradas no projeto das estruturas de concreto. Durante a execução da obra, deverão ser fornecidos os Desenhos Executivos de Armaduras, acompanhados das listas de ferros e esquemas de dobramento do aço, mostrando, em detalhe, como deverão ser preparadas e montadas as armaduras e as barras de ancoragem.

Os lotes recebidos na obra deverão ser marcados com a identificação do nome da siderúrgica, categoria do aço e número do lote, de tal maneira que possam ser facilmente correlacionados com os correspondentes certificados de ensaios anexos a cada fornecimento.

Poderá ser solicitada a realização de testes em determinadas partidas de aço, de acordo com os procedimentos estabelecidos pela ABNT.

Todas as armaduras e barras de ancoragem deverão estar isentas de ferrugem, óleo, graxa ou outras películas que possam reduzir sua aderência ao concreto.

O aço para as armaduras e barras de ancoragem deverá ser estocado afastado do solo, em grupos separados, de acordo com a categoria do aço, bitola e lotes de fornecimento, a fim de permitir rapidez no acesso e facilitar a inspeção, sempre que necessária.

### 11.9.2 Preparo para a colocação da armadura



A CONTRATADA deverá cortar e dobrar todo o aço, de acordo com o cronograma de construção, utilizando métodos e equipamentos usuais. Todos os cortes e dobramentos serão executados somente a frio, não se aceitando o endireitamento de barras já dobradas ou o redobrimento das mesmas, exceto quando expressamente permitido pela FISCALIZAÇÃO.

As barras não deverão ser dobradas com auxílio de calor, nem após o seu embutimento no concreto, salvo se expressamente indicado no projeto detalhado.

O aço cortado e dobrado deverá atender as indicações das especificações do projeto detalhado e possuir etiqueta, à prova d'água, que permita a identificação a que se destina, sendo, então, convenientemente estocado em áreas demarcadas.

Todas as armaduras deverão ser mantidas em posição, mediante o emprego de suportes, espaçadores, tirantes de metal ou concreto



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>59/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Nas interseções, as barras deverão ser firmemente atadas com arame próprio para esta finalidade.

Os suportes deverão ter resistência e rigidez suficiente para manter a armadura em posição durante toda a operação de concretagem. Os suportes deverão ser tais que não prejudiquem a concretagem e não fiquem expostos ou contribuam de alguma forma para a deterioração do concreto.

Durante as concretagens, deverão ser tomados cuidados especiais para a remoção de concreto fresco aderido à ferragem que ficará exposta, a fim de que o concreto não endureça sobre a armadura.

Os espaçamentos das barras deverão obedecer ao indicado no detalhamento do Projeto. As distâncias livres deverão atender a NBR 6118 (ABNT, 2003)

O cobrimento das armaduras, ou seja, a distância livre entre a superfície do concreto e a face da armadura, deverá obedecer às dimensões indicadas no detalhamento do Projeto.

As emendas das barras de aço para as armaduras poderão ser executadas por qualquer dos processos especificados da NBR 6118 (ABNT, 2003).

O comprimento das emendas deverá ser no mínimo, o indicado nos Desenhos Executivos, os quais serão elaborados considerando os planos de concretagem e posicionando as emendas segundo as juntas previstas nesses planos.



Os serviços de solda das barras deverão ser executados em instalações especiais, ao abrigo de intempéries, evitando-se resfriamento brusco.

Deverão ser realizados ensaios prévios das soldas, executadas do mesmo modo e com o mesmo equipamento e pessoal empregado na obra, assim como ensaios posteriores para controle, de acordo com as Normas NBR 11919 (ABNT, 1978) e NBR 8548 (ABNT, 1984). As soldas deverão evidenciar eficiência total. O controle de qualidade das soldas será supervisionado através de ensaios de laboratório.

Caso haja interesse da CONTRATADA no reaproveitamento de barras curtas, a emenda por solda poderá ser adotada, desde que observadas:

- Atenda estas Especificações;
- Seja utilizada solda de topo por pressão, com duas emendas por barra;
- Tolerâncias de Construção.

Os trabalhos de construção serão realizados cuidadosamente e com precisão, respeitando as posições, níveis e dimensões indicados no Projeto.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>60/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

## 12 INSTRUMENTAÇÃO

Este documento apresenta as diretrizes gerais e recomendações básicas para a instalação, comportamento e as condições de segurança dos aterros da pilha de magnetita PDM 2, durante e após a fase de operação da estrutura. As avaliações e/ou verificações de segurança ocorrem por meio do controle da vazão da drenagem interna, controle do nível de água no interior do maciço, verificação das pressões desenvolvidas na fundação e deformações no corpo do acesso, de modo a serem identificados possíveis problemas em tempo hábil para adoção de medidas corretivas.

Os instrumentos a serem instalados na pilha de magnetita PDM 2 são:

- Marcos Superficiais (MS's): previstos na crista e bermas dos aterros da pilha de magnetita PDM 2, objetivando a avaliação do recalque que a estrutura sofrerá durante a fase de construção, após a construção e durante a etapa de descomissionamento;
- Piezômetros tipo Casagrande (PZ's): a serem instalados na fundação da pilha de magnetita PDM 2, para conhecer e avaliar as poropressões desenvolvidas devido ao desenvolvimento da estrutura;
- Indicadores de Nível de Água (INA's): indicados para instalação ao longo do maciço da pilha de magnetita PDM 2, para monitoramento das condições do nível de água no interior do maciço e avaliação do funcionamento do sistema de drenagem interna.
- Medidor de vazão: medir e determinar a vazão d'água percolada pelo maciço e pela fundação da PDM 2.



A instalação dos instrumentos deve ser executada por profissionais com experiência nos procedimentos de instalação e com conhecimento do funcionamento e operação dos instrumentos.

A CONTRATADA deverá fornecer e instalar a instrumentação prevista para o monitoramento da pilha de magnetita PDM 2, sendo esta composta de marcos superficiais (MS's), indicadores de nível d'água (INA's) e piezômetros tipo Casagrande (PZ's), cujas locações e detalhes de instalação se encontram nos desenhos do projeto executivo nº: WA02821014-1-GT-DES-0035\_REV\_A\_INSTRUMENTAÇÃO PLANTA.

Os INA's e PZ's deverão ser instalados assim que constituídas as primeiras bancadas do depósito, nos pontos designados logo após a formação definitiva dos taludes e bermas. Desse modo, estes deverão ser continuamente alteados, à medida em que a pilha for sendo implantada.

Os instrumentos deverão ser instalados em furos independentes, distantes no mínimo 2,0 m entre si, observando as condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo.

Na fase de locação, a identificação de posicionamento dos instrumentos poderá ser feita preferencialmente através de meios topográficos, podendo, no entanto, serem locados por instrumentos de posicionamento global (GPS) com precisão mínima de 1,0 m. Deverão ser levantadas as elevações da boca do tubo dos instrumentos e a superfície do terreno na base

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>61/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

do mesmo. Os instrumentos deverão ser instalados, logo após a perfuração do furo objetivando impedir o fechamento parcial das suas paredes.

Nos casos em que existam instrumentos instalados próximos entre si, deverão ser executados sempre primeiro o furo mais profundo, utilizando o método de sondagem rotativa, anotando o nível d'água e dos contatos aterra/fundação.

Os indicadores de nível d'água deverão ser identificados pela sigla INA, seguida da respectiva numeração, respectivamente, constando as características do instrumento tais como identificação em campo do instrumento com número, coordenadas, executor e data de instalação, profundidade total, profundidade do filtro, pré-filtro, selo de bentonita (para o caso dos piezômetros), elevação da boca do furo e comprimento acima do terreno. Todos os dados pertinentes à instalação dos instrumentos deverão ser registrados em boletins de instalação dos instrumentos ou em quadro resumo de instalação.

A CONTRATADA estabelecerá as referências de cotas e fará as leituras de todos os instrumentos, conforme especificado, até a entrega da obra à FISCALIZAÇÃO.



A CONTRATADA será responsável pela instalação e manutenção do sistema de proteção dos instrumentos, resguardando sua condição de uso a qualquer tempo.

Deverão ser emitidas, pela FISCALIZAÇÃO, instruções de serviço por ocasião da instalação dos respectivos instrumentos.

## 12.1 MARCOS SUPERFICIAIS

Os marcos superficiais serão instalados nos locais indicados no projeto de instrumentação com a finalidade de medir eventuais recalques e deslocamentos horizontais da pilha de magnetita PDM 2 por meio de levantamentos topográficos de precisão.

Os marcos superficiais (MS's) consistem em um bloco de concreto de dimensões definidas e apresentadas em projeto, instalados na superfície do terreno e chumbados ao solo por meio de uma barra de aço CA-50 de diâmetro de  $\phi=25$  mm e comprimento de aproximadamente 1,65 m, sendo 15 cm embutidos no bloco de concreto e 1,50 m no solo, através de furo de diâmetro de  $\phi=10,2$  cm preenchido com argamassa de cimento com  $fck \geq 18$  MPa. No topo do bloco de concreto é chumbada peça metálica cuja finalidade é servir de apoio para mira de aço ou baliza com prisma de reflexão. A Figura 12.1 apresenta o detalhe esquemático do marco topográfico.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>62/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

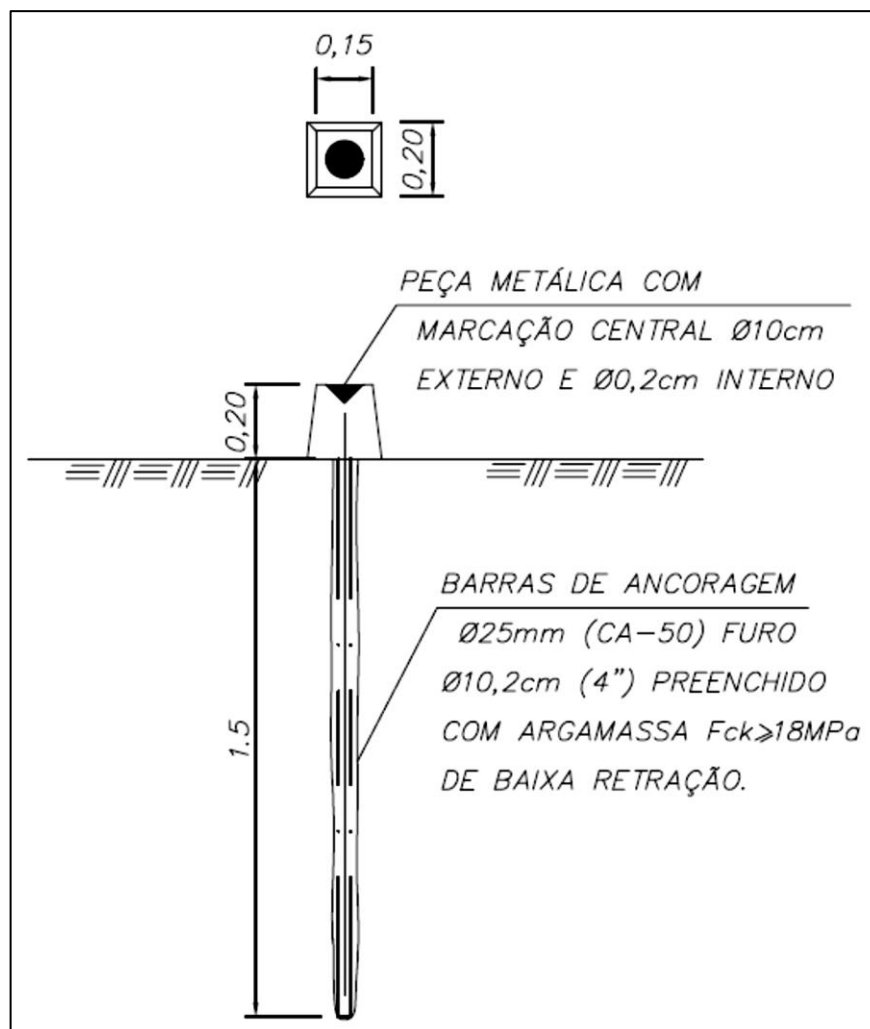




Figura 12.1. Detalhe esquemático do marco superficial de deformação.

### 12.1.1 Cuidados Iniciais

A executante deverá proceder à locação dos marcos em atendimento ao projeto. Antes de iniciar a instalação dos marcos, as dúvidas ou problemas devem ser resolvidos com a FISCALIZAÇÃO. A implantação dos elementos deve atender às dimensões e profundidades previstas no projeto.

### 12.1.2 Preparo e Lançamento de Concreto

Antes do lançamento do concreto para confecção dos marcos, o local deve ser cuidadosamente limpo, isento de quaisquer materiais que sejam nocivos ao concreto. Em caso de existência de água na superfície, deve haver total esgotamento, e a área deve ser devidamente protegida, não sendo permitida a concretagem antes dessa providência. Atenção especial deve ser dada para manter durante a concretagem a espessura recomendada, e o recobrimento das armaduras.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>63/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 12.1.3 Instalação de Peça Metálica

Ao final da concretagem, com o concreto ainda fresco, a peça metálica deverá ser instalada na superfície do marco topográfico, na posição indicada no desenho de projeto.

### 12.1.4 Identificação

Ao final da instalação, os marcos superficiais de deformação deverão ser identificados por sequencial a ser indicado pela CONTRATANTE.

### 12.1.5 Procedimentos Gerais de Instalação

Em local conforme indicado em projeto ou na falta deste, a critério do Técnico de Instrumentação e com aprovação da FISCALIZAÇÃO, deve ser instalado o RN (Referência de Nível). O local escolhido deve estar isento de qualquer tipo de perturbação, protegido e que permita visada do maior número de MS's.

São utilizados aparelhos de medição apropriados e dispositivos (miras de aço ou balizas com prismas de reflexão) acoplados aos MS's, todos com precisão adequada e devidamente aferidos e calibrados.

Tais aparelhos e dispositivos permitem a leitura óptica do desnível entre o RN e os MS's, o qual é transformado em elevação (cota) ou altitude através de cálculo específico. O procedimento determina que após a instalação dos MS's seja efetuada, e devidamente registrada, série de pelo menos 3 (três) leituras para cada MS instalado.

Objetivando evitarem-se erros sistêmicos é recomendada a mudança do ângulo de visada entre o MS considerado e o RN, através de deslocamento do aparelho de leitura.

O valor médio da série inicial de leituras é chamado de Leitura Inicial (Lo) e tem relação biunívoca com o respectivo MS.



Os dados anotados nos respectivos registros (acima mencionados) serão processados por "softwares" específicos gerando tabelas e gráficos para serem apresentados nos relatórios de monitoramento dos reservatórios.

## 12.2 INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA

A elevação final de instalação dos bulbos está apresentada nos desenhos de projeto, mas ela será definida no campo pela FISCALIZAÇÃO, conforme os materiais encontrados. Antes da instalação dos indicadores de nível d'água, os furos deverão ser cuidadosamente limpos com circulação de água, antes da descida dos tubos de PVC.

### 12.2.1 Instalação

Os indicadores de nível d'água serão constituídos por:

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>64/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

- Tubos e filtros geomecânicos de diâmetro 1 ½”;
- Alternativamente, tubos de PVC rígido de diâmetro de 1 ½” preparados para trecho em filtro de comprimento variável, com furos de diâmetro 1/16”, dispostos em seções espaçadas de 4 cm, contendo oito furos diametralmente opostos em cada seção, protegidos por tela ou manta geotêxtil. Alternativamente poderá optar por ranhuras de aproximadamente 1 mm de espessura, 6 mm de comprimento e espaçamento de 4 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente para o trecho do filtro;
- Centralizadores;
- Areia graduada e lavada com granulometria entre 2,0 mm e 0,5 mm;
- Bentonita selante (pó);
- Cimento tipo Portland;
- Tubo protetor de aço 4” (mínimo) e caixa de concreto pré-moldado de 0,50 x 0,50 x 1,00 m;
- Boletim de Instalação de medidor de nível d’água.

Os indicadores de nível d’água somente serão instalados nos furos de sondagem nas condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo. Qualquer anormalidade ou diferença das condições esperadas deverá ser registrada no resumo de instalação do instrumento e prontamente notificada à FISCALIZAÇÃO para que sejam tomadas providências e decisões sobre sua instalação.



Durante a instalação, cuidados especiais deverão ser tomados para se evitar que sujeira e materiais indesejáveis caiam dentro do furo. Caso isto aconteça, a critério da FISCALIZAÇÃO, será solicitada nova limpeza do furo ou a abertura de novo furo para a instalação do instrumento

Inicialmente deve-se preencher o fundo do furo com o pré-filtro de areia lavada e graduada entre as granulometrias de 2,00 mm e 0,50 mm. Este intervalo deverá ter altura de cerca de 50 cm e servirá de base para assentar o tubo que constitui o conduto para medida do nível d’água. No caso dos furos revestidos, esta operação é realizada simultaneamente com a retirada do revestimento.

No caso da utilização de tubo geomecânico, o corpo do indicador de nível d’água é constituído por tubo geomecânico ranhurado de 1 ½” (diâmetro mínimo). A seção filtrante do instrumento deve ir da base até 50 cm abaixo da base de concreto do topo do instrumento.

No caso da utilização de tubo de PVC rígido, o corpo do indicador do nível d’água é constituído por tubo de parede perfurada de diâmetro de 1 ½” (diâmetro mínimo). A seção filtrante do indicador do nível d’água deverá ir da base até 50 cm abaixo da base de concreto do topo do instrumento. Os furos deverão ser feitos em linhas de diâmetro de 1/16”. Estas linhas serão espaçadas a cada 4 cm ao longo de toda seção drenante. Cada linha de furos contará com mínimo de oito furos diametralmente opostos para facilitar sua execução, envoltos por tela ou manta geotêxtil. O trecho perfurado deverá ser envolto com manta geotêxtil estendida, cerca de 15 cm abaixo e 15 cm acima do trecho perfurado, fixada através de fio de nylon.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>65/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

A porção inferior do tubo do instrumento deverá ser vedada com tampão. Os tubos poderão ser unidos por luvas coladas ou de rosca. Na base do tubo deverá existir tampão que também poderá ser colado ou rosqueado.

O pré-filtro de areia graduada e lavada entre as granulometrias de 2,00 mm e 0,50 mm deverá preencher o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo, desde sua base até aproximadamente 1,00 m da superfície do terreno. Este procedimento, por se tratar de profundidades rasas, poderá ser executado manualmente, despejando-se a areia entre o tubo e as paredes do furo. A areia deverá ser de material silicoso, bem arredondada e limpa (livre de matéria orgânica, resíduos, etc.).

No caso de o furo estar revestido, a implantação do pré-filtro dá-se à medida que o revestimento é sacado. Esta operação deverá ser cuidadosamente executada para evitar falhas e imperfeições no pré-filtro provocadas por desmoronamentos das paredes do furo.

A areia destinada ao pré-filtro da seção drenante do indicador de nível d'água deverá estar lavada e isenta de qualquer detrito. A granulometria da areia deverá passar totalmente pela peneira nº 4 (4,76 mm) e ficar retida na peneira nº 10 (2,00 mm).

Imediatamente acima do pré-filtro será colocado material (grout) calda com cimento e bentonita para funcionar como selo superficial. Este material deverá ser cuidadosamente assentado no furo formando o selo impermeável em torno do tubo. Não poderá ser utilizado material proveniente do refluxo da perfuração desde que seja argiloso.

O trecho restante do furo deverá ser preenchido com argila e bentonita, com umidade próxima do Limite de Liquidez.

Para a proteção dos instrumentos, deverá ser instalado tubo de aço galvanizado sem costura, com cerca de 2,00 m de comprimento e diâmetro de 4". O tubo será cravado no terreno em cerca de 1,00 m, fixado em base de concreto. Essa base de concreto terá largura de 50 cm por 50 cm e altura de 1,00 m, sendo que 30 cm ficarão acima do terreno e 70 cm abaixo.

O topo do tubo deverá ficar 1,00 m acima da base do terreno e aprox. 70 cm acima da base de concreto. O topo do tubo deve ser fechado por tampão rosqueável, somente aberto com ferramenta tipo chave de grifo. O tubo de boca deverá ser instalado no centro da base de concreto, possuindo pinos metálicos soldados radialmente, que ficarão embutidos no concreto.

Também deverá ser providenciada a devida identificação em campo do instrumento com número, coordenadas, cota, executor e data de instalação.

As bocas dos indicadores de nível d'água serão protegidas com tampão de vedação provido de pequenos orifícios que permitam a entrada de ar no interior dos tubos.

A Figura 15-2 apresenta o detalhe típico e esquemático do indicador de nível d'água.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**66/76**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-ETC-0001**

REV.

**0**

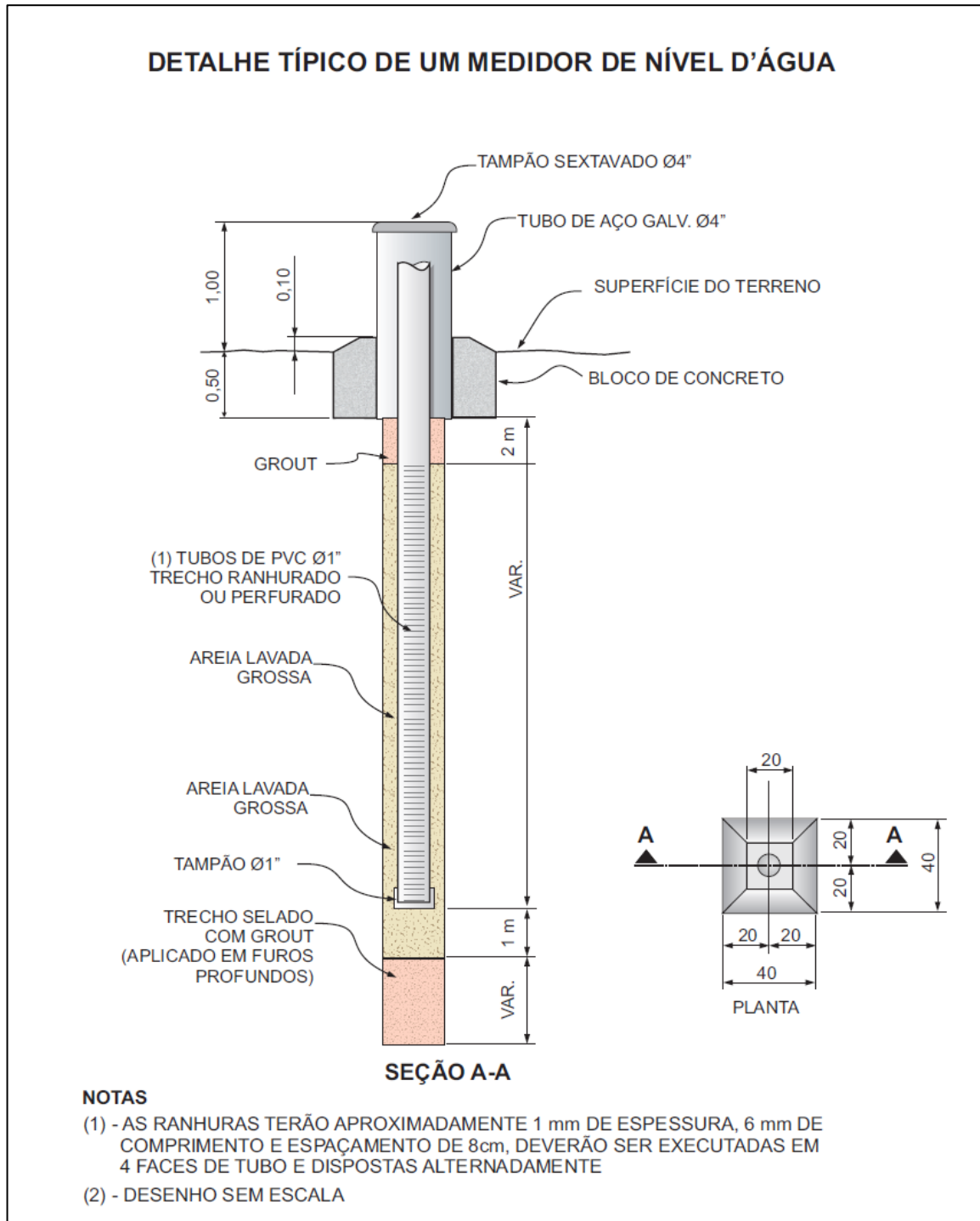




Figura 12.2. – Detalhe típico de um indicador de nível d'água. As dimensões são meramente ilustrativas, não correspondem as dimensões especificadas.

### 12.2.2 Teste de Funcionamento

Após o indicador de nível d'água ter sido instalado, o mesmo deverá ser limpo com circulação de água limpa, por gravidade. A água utilizada deverá ser isenta de sólidos em suspensão.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>67/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Após a instalação ter sido verificada pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser executado ensaio para verificar o funcionamento do INA.

O ensaio de verificação de funcionalidade (teste de vida) do instrumento consistirá em preencher o instrumento com água até a boca, observando a descida do nível de água no interior do tubo. As leituras de acompanhamento da descida do nível de água obedecerão ao seguinte critério:

- Leitura de minuto em minuto, nos primeiros 5 minutos;
- 2 leituras de 5 em 5 minutos;
- 3 leituras de 15 em 15 minutos; e
- Posteriormente, a cada hora até atingir a estabilização.

As leituras do nível de água serão executadas com medidor elétrico. Os dados coletados deverão ser inseridos em tabela e "plotadas" em gráfico.

O indicador de nível d'água será aceito como acabado, após a FISCALIZAÇÃO aprovar o teste de funcionamento. Caso o instrumento não atenda ao teste de funcionamento, e não seja aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser substituído pela CONTRATADA, o qual deverá arcar com os custos da nova instalação.

A executora de instalação dos indicadores de nível d'água deverá emitir relatório, para aprovação pela FISCALIZAÇÃO, atestando a instalação e o seu funcionamento, constando:

- Perfil do terreno (maciço);
- Esquema de instalação com a posição dos selos, trechos perfurados, elevação de instalação, etc.;
- Locação e nivelamento da "cota de boca" do INA;
- Tabelas e gráficos de leituras do teste de funcionamento.

Todos os dados pertinentes à instalação dos indicadores deverão ser registrados em boletins de instalação dos instrumentos ou em quadro resumo de instalação, conforme apresentado na Figura 12.3.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**68/76**

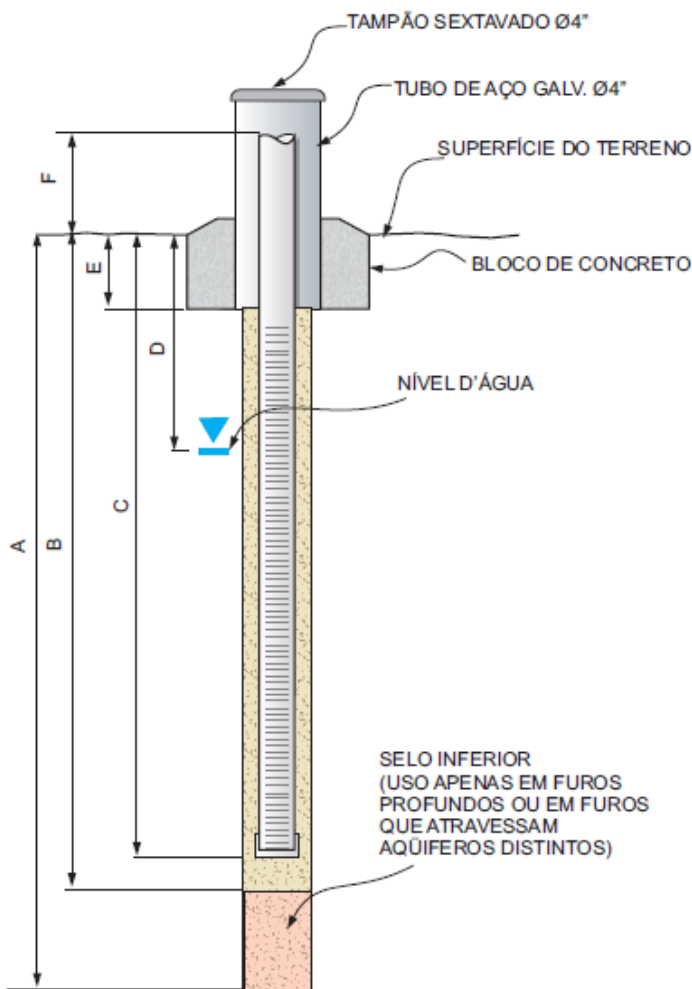
Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-ETC-0001**

REV.

**0**

## BOLETIM DE INSTALAÇÃO DE MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA



### QUADRO RESUMO DE INSTALAÇÃO

MEDIDOR Nº: \_\_\_\_\_

DATA DE INSTALAÇÃO: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

#### COORDENADAS

UTM N: \_\_\_\_\_

UTM E: \_\_\_\_\_

COTA (m): \_\_\_\_\_

#### DIMENSÕES DO INSTRUMENTO (m)

A = \_\_\_\_\_

B = \_\_\_\_\_

C = \_\_\_\_\_

D = \_\_\_\_\_

E = \_\_\_\_\_

F = \_\_\_\_\_

OBS.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



RESPONSÁVEL INSTALAÇÃO: \_\_\_\_\_

ASSINATURA: \_\_\_\_\_

APROVAÇÃO FISCALIZAÇÃO: \_\_\_\_\_

ASSINATURA: \_\_\_\_\_

Figura 12.3. Boletim de Instalação de medidor de nível d'água.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>69/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 12.3 PIEZÔMETRO DE TUBO ABERTO

A elevação final de instalação dos bulbos está apresentada nos desenhos de projeto, porém poderá sofrer alteração no campo com autorização da FISCALIZAÇÃO, em função dos materiais encontrados. Antes da instalação dos piezômetros, os furos deverão ser cuidadosamente limpos com circulação de água, antes da descida dos tubos de PVC.

#### 12.3.1 Instalação

Os piezômetros tipo Casagrande serão constituídos por:



- Tubos e filtros geomecânicos de diâmetro 1 ½”;
- Alternativamente, tubos de PVC rígido de diâmetro de 1 ½” preparados para trecho em filtro de comprimento variável, com furos de diâmetro 1/16”, dispostos em seções espaçadas de 4 cm, contendo oito furos diametralmente opostos em cada seção, protegidos por tela ou manta geotêxtil. Alternativamente poderá optar por ranhuras de aproximadamente 1 mm de espessura, 6 mm de comprimento e espaçamento de 8 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente para o trecho do filtro;
- Centralizadores;
- Areia graduada e lavada com granulometria entre 0,5 e 2,0 mm;
- Bentonita (pó);
- Cimento tipo Portland;
- Tubo protetor de aço 4” (mínimo) e caixa de concreto pré-moldado de 0,50 x 0,50 x 1,00 m;
- Boletim de Instalação de Piezômetros.

Os piezômetros somente serão instalados nos furos de sondagem nas condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo. Qualquer anormalidade ou diferença das condições esperadas deverá ser registrada no resumo de instalação do instrumento e prontamente notificada à FISCALIZAÇÃO para que sejam tomadas providências e decisões sobre sua instalação.

Durante a instalação, cuidados especiais deverão ser tomados para se evitar que sujeira e materiais indesejáveis caiam dentro do furo. Caso isto aconteça, a critério da FISCALIZAÇÃO, será solicitada nova limpeza do furo ou a abertura de novo furo para a instalação do instrumento. Inicialmente deve-se preencher o fundo do furo com o pré-filtro de areia lavada e graduada entre as granulometrias de 2,00 mm e 0,50 mm.

Este intervalo deverá ter altura de cerca de 20 cm e servirá de base para assentar o tubo que constitui o conduto para medida do nível d’água. No caso dos furos revestidos, esta operação é realizada simultaneamente com a retirada do revestimento.

No caso da utilização de tubo geomecânico, o corpo do piezômetro é constituído por tubo geomecânico liso de 1 ½” (diâmetro mínimo) e a seção/célula filtrante (bulbo) do piezômetro deverá ter 1,0 a 1,5 m e ser ranhurada de mesmo diâmetro da parte lisa.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>70/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

No caso da utilização de tubo de PVC rígido, o corpo do piezômetro é constituído por tubo liso de diâmetro de 1 ½” (diâmetro mínimo). A seção filtrante do piezômetro deverá ser feita com paredes perfuradas em linhas de furos de diâmetro de 1/16”. Estas linhas serão espaçadas a cada 4 cm ao longo da seção drenante. Cada linha de furos contará com mínimo de oito furos diametralmente opostos para facilitar sua execução, envoltos por tela ou manta geotêxtil. O trecho perfurado deverá ser envolto com manta geotêxtil estendida, cerca de 15 cm abaixo e 15 cm acima do trecho perfurado, fixada através de fio de nylon.

A porção inferior do tubo do instrumento deverá ser vedada com tampão. Os tubos poderão ser unidos por luvas coladas ou de rosca. Na base do tubo deverá existir tampão que também poderá ser colado ou rosqueado.

O pré-filtro de areia graduada e lavada entre as granulometrias de 2,00 mm e 0,50 mm deverá preencher o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo, desde a base do furo até aproximadamente 20 cm acima da seção/célula drenante. A areia deverá ser de material silicoso, bem arredondada e limpa (livre de matéria orgânica, resíduos, etc.).

No caso de o furo estar revestido, a implantação do pré-filtro dá-se à medida que o revestimento é sacado. Esta operação deverá ser cuidadosamente executada para evitar falhas e imperfeições no pré-filtro provocadas por desmoronamentos das paredes do furo.

Acima da camada de areia fina do trecho drenante, deverá ser lançada bentonita em pelotas, formando camada de, no mínimo, 50 cm. Estas pelotas deverão ser cuidadosamente assentadas no furo formando o selo impermeável em torno do tubo.

O trecho restante do furo deverá ser preenchido com argila e bentonita, com umidade próxima do Limite de Liquidez.

Para a proteção dos instrumentos, deverá ser instalado tubo de aço galvanizado sem costura, com cerca de 2,00 m de comprimento e diâmetro de 4”. O tubo será cravado no terreno em cerca de 1,00 m, fixado em base de concreto. Essa base de concreto terá largura de 50 cm por 50 cm e altura de 1,00 m, sendo que 30 cm ficarão acima do terreno e 70 cm abaixo. O topo do tubo deverá ficar 1,00 m acima da base do terreno e aprox. 70 cm acima da base de concreto.

O topo do tubo deve ser fechado por tampão rosqueável, somente aberto com ferramenta tipo chave de grifo. O tubo de boca deverá ser instalado no centro da base de concreto, possuindo pinos metálicos soldados radialmente, que ficarão embutidos no concreto.

Também deverá ser providenciada a devida identificação em campo do instrumento com número, coordenadas, cota, executor e data de instalação.

As bocas dos piezômetros serão protegidas com tampão de vedação provido de pequenos orifícios que permitam a entrada de ar no interior dos tubos.

A Figura 12.4 apresenta o perfil esquemático do piezômetro de tubo aberto (tipo Casagrande).

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**71/76**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-ETC-0001**

REV.

**0**

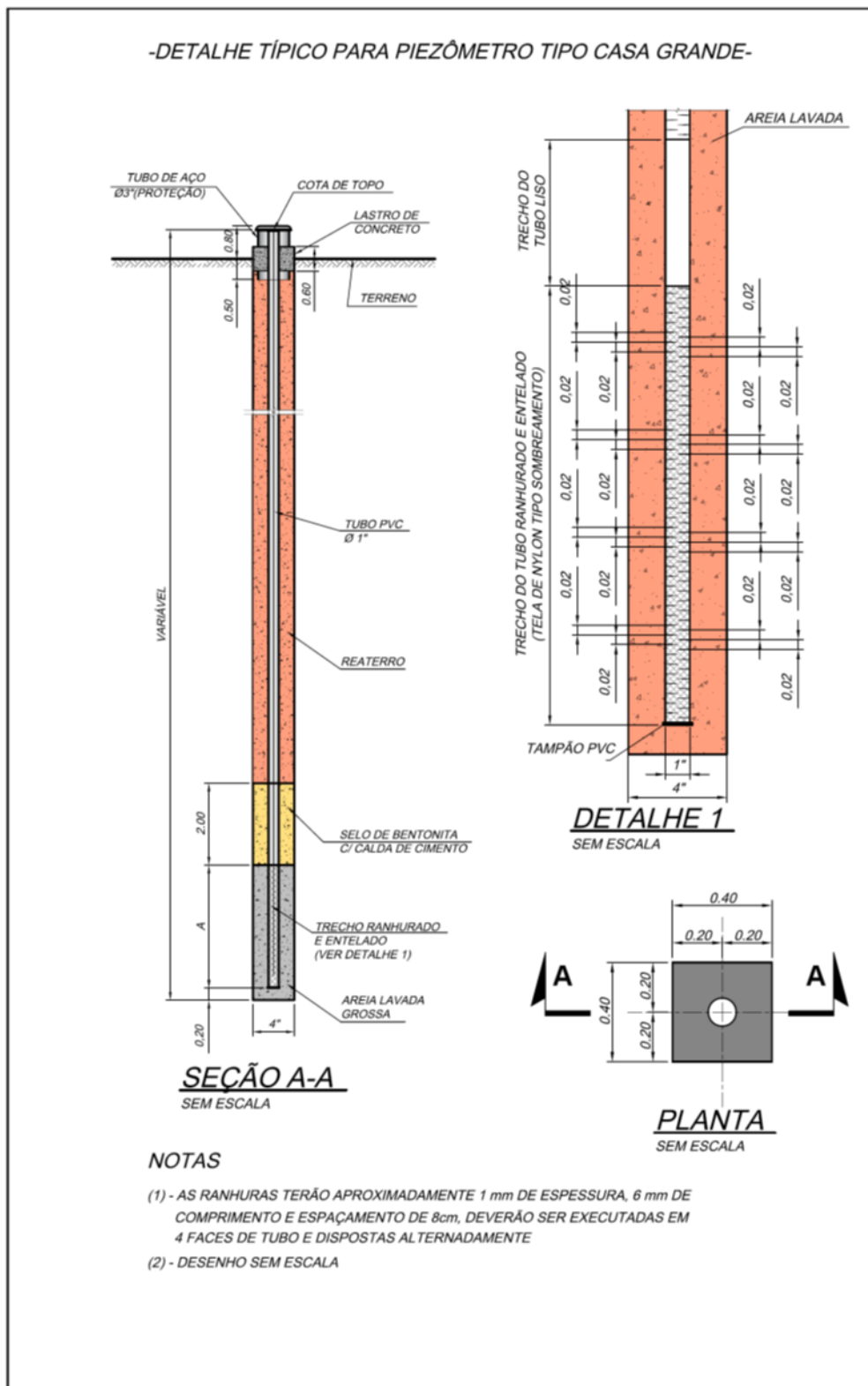




Figura 12.4. Perfil esquemático do Piezômetro.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>72/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

### 12.3.2 Teste de Funcionamento

Após o piezômetro ter sido instalado, deverá ser limpo com circulação de água limpa, por gravidade. A água utilizada deverá ser isenta de sólidos em suspensão. Após a instalação ter sido verificada pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser executado ensaio para verificar o funcionamento do piezômetro.

O ensaio de verificação de funcionalidade (teste de vida) do piezômetro consistirá em preencher o instrumento com água até a boca, observando a descida do nível de água no interior do tubo. As leituras de acompanhamento da descida do nível de água obedecerão ao seguinte critério:

- Leitura a cada 01 minuto, nos primeiros 5 minutos;
- 2 leituras de 5 em 5 minutos;
- 3 leituras de 15 em 15 minutos; e
- Posteriormente, a cada hora até atingir a estabilização.

As leituras do nível de água serão executadas com medidor elétrico. Os dados coletados deverão ser inseridos em tabela e "plotadas" em gráfico.

O piezômetro será aceito como acabado, após a FISCALIZAÇÃO aprovar o teste de funcionamento. Caso o piezômetro não atenda ao teste de funcionamento, e não seja aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser substituído pela CONTRATADA, a qual deverá arcar com os custos da nova instalação.

A executora de instalação dos piezômetros deverá emitir relatório, para aprovação pela FISCALIZAÇÃO, atestando a instalação e o seu funcionamento, constando:

- Perfil do terreno;
- Esquema de instalação com a posição dos selos, trechos perfurados, elevação de instalação, etc.;
- Locação e nivelamento da "cota de boca" do PZ;
- Tabelas e gráficos de leituras do teste de funcionamento.

A Figura 16.5 apresenta o boletim de instalação do piezômetro de tubo aberto (tipo Casagrande).

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**73/76**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-ETC-0001**

REV.

**0**

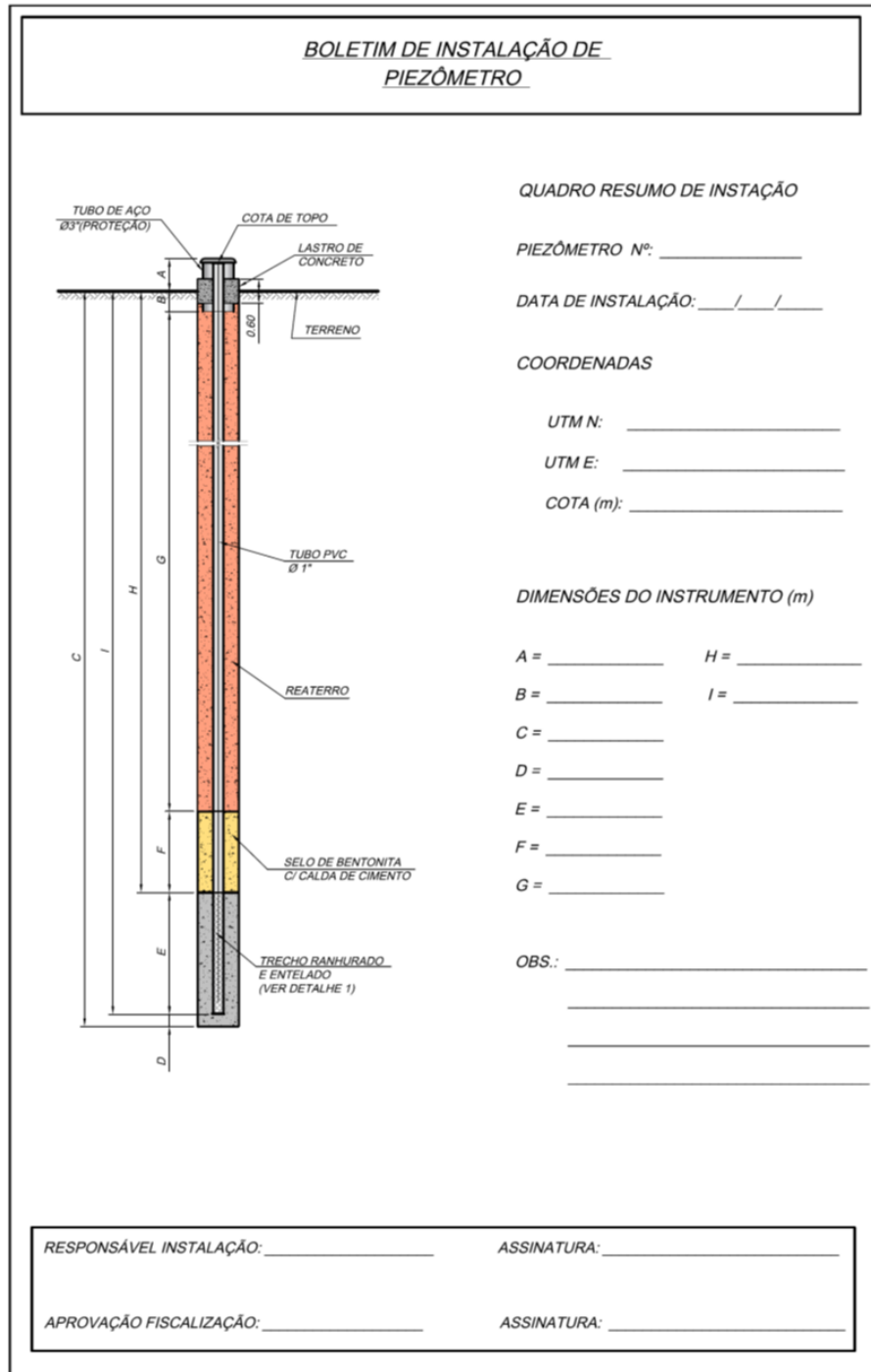




Figura 12.5. Boletim de Instalação do Piezômetro.

## 12.4 MEDIDOR DE VAZÃO

O medidor de vazão proposto deverá ser instalado na saída da drenagem interna. O medidor será do tipo Calha Parshall.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2</b> <b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC:	FOLHA
		-	<b>74/76</b>
		Nº WALM:	REV.
		<b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	<b>0</b>

As Figura 12.6 e Figura 12.7 apresentam a planta e detalhes tipo do medidor de vazão, respectivamente. Na Tabela 12.1 são apresentadas as dimensões das calhas especificadas a partir das vazões calculadas para o depósito.

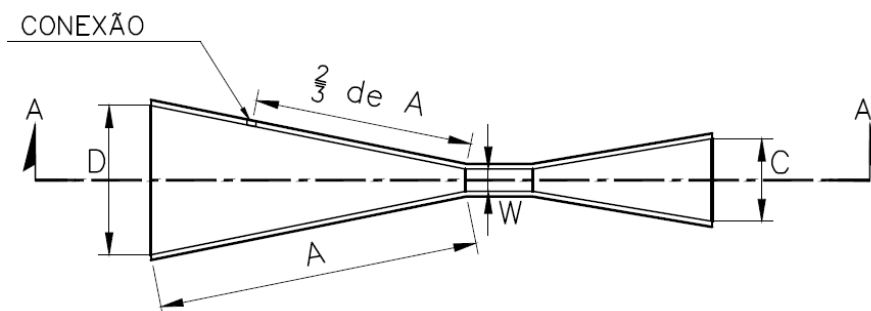


Figura 12.6. Calha Parshall – planta.

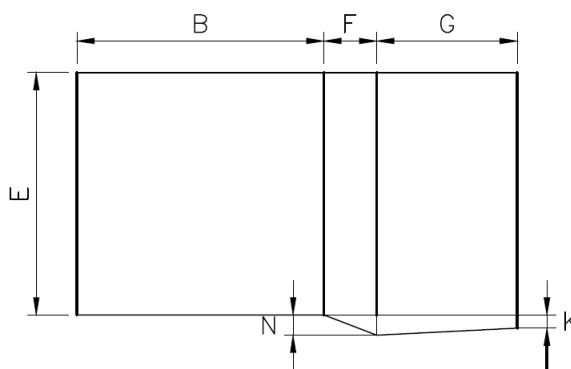


Figura 12.7. Calha Parshall – Corte A-A.

Tabela 12.1. Dimensões das Calhas Parshall especificadas.

Dimensões - Norma ASTM D 1941												
Garganta (W)		A	B	C	D	E	T	G	K	N	Vazão (l/s)	
Poleg	mm										mín	máx
6	152,0	62,1	61	39,4	40,3	45,7	30,5	61	7,6	11,4	1,40	110,40



### 13 REVESTIMENTO DOS TALUDES

De acordo com a evolução e após a conclusão das obras, os taludes do aterro da pilha de magnetita PDM 2, que foram implantados, deverão ser protegidos por revestimento vegetal (grama em placas, hidrossemeadura ou similar), a critério da MOSAIC, para a proteção e redução dos processos de erosão superficial.

### 14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como condição para a aceitação pela FISCALIZAÇÃO, as Obras Civis executadas pela CONTRATADA deverão atender aos requisitos e às exigências estabelecidas no Projeto





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>75/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>

Executivo, nos documentos do contrato, na Especificação Técnica e nas normas técnicas aplicáveis. Em especial, deverá ser atendido o disposto nas normas ABNT NBR 6118, no item referente à existência de não conformidades em obras executadas.

No caso de defeitos ou imperfeições que, a critério da FISCALIZAÇÃO, se constituam em problemas de natureza estrutural, serão aplicáveis as disposições estabelecidas na norma ABNT NBR 6118, conforme mencionado no parágrafo acima.

Quaisquer serviços, materiais ou outros fornecimentos, que, a critério da FISCALIZAÇÃO, não atendam às disposições do Contrato, aos requisitos de qualidade e durabilidade e às tolerâncias especificadas, mesmo que não relacionados à segurança estrutural das obras, não serão aceitos, devendo ser refeitos, reparados, adequados e/ou substituídos pela CONTRATADA, segundo procedimentos acordados com a FISCALIZAÇÃO. Para isso, deverão ser utilizados procedimentos e métodos de reparo que garantam a manutenção da resistência especificada para a estrutura e o atendimento aos requisitos de funcionalidade, desempenho, durabilidade, tolerâncias dimensionais e, se for o caso, aparência, como determinado pela FISCALIZAÇÃO. Os trabalhos de reparos executados estarão sujeitos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA se responsabilizará por todas as providências e ônus referentes aos serviços necessários à colocação das estruturas em condições de serem aceitas pela FISCALIZAÇÃO e pela MOSAIC.


		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>76/76</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0001</b>	REV. <b>0</b>




---

Rua Antônio de Albuquerque, 156, 13° andar, Funcionários.  
 30112-010 – Belo Horizonte - MG  
 Tel.: (31) 3234-4003 / 3324-4003  
[www.walmengenharia.com.br](http://www.walmengenharia.com.br)



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>2/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
2	<b>CONCEITOS</b>	<b>3</b>
3	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>4</b>
4	<b>ESCOPO</b>	<b>7</b>
4.1	DETALHAMENTO DO ESCOPO	8
5	<b>PROGRAMAÇÃO DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS</b>	<b>8</b>
6	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DAS ATIVIDADES</b>	<b>11</b>
6.1	SONDAGEM A PERCUSSÃO	11
6.2	ENSAIO DE INFILTRAÇÃO	18
6.3	AMOSTRA DENISON	20
7	<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO</b>	<b>25</b>
7.1	ENSAIOS PROPOSTOS	27
7.2	ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO	27
7.3	ENSAIO ESPECIAIS	30
8	<b>QUANTITATIVO</b>	<b>39</b>
9	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>40</b>
10	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>41</b>
	<b>APÊNDICE A – DESENHOS</b>	<b>43</b>

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>3/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento tem como objetivo complementar as investigações geológicas geotécnicas para implantação de PDM-2. Neste será apresentado a programação de ensaios de campo e laboratório.

Este documento tem como objetivo mapear a extensão do colúvio encontrado na porção oeste da área de implantação da pilha na campanha investigações da fase conceitual, conforme documento WA12217280-1-GT-ETC-0001.

Além disto, a campanha aqui apresentada visa realizar o mapeamento geológico-geotécnico da porção leste da região da pilha, a qual não foi possível realizar sondagens devido à dificuldade de acesso na região.

Por fim, também se faz necessário o estudo do colúvio com  $N_{spt}$  maior que 7, no que diz respeito a sua compressibilidade e ao seu comportamento quando saturado.



As investigações geológico-geotécnicas programadas para a região consistem na execução de sondagens mistas (SM) com extração de amostras indeformadas do tipo Denison, ensaios de laboratório, além de ensaio de infiltração, com objetivo de confirmar os parâmetros dos materiais geológicos-geotécnicos da fundação utilizados no projeto executivo de PDM-2.

A planta de locação das sondagens a serem realizadas estão apresentadas no APÊNDICE A deste documento.

## 2 CONCEITOS

Serão apresentados neste tópico os principais termos que representam as partes envolvidas na elaboração desta especificação técnica.

- **CONTRATANTE:** MOSAIC, empresa proprietária da obra, que terceirizará a execução dos serviços;
- **Equipe técnica da CONTRATANTE:** Corpo técnico da MOSAIC, consultores externos e internos envolvidos na elaboração do projeto e no acompanhamento das obras;
- **FISCALIZAÇÃO:** Pessoas ou firmas designadas pela CONTRATANTE para examinar, verificar e ajustar as soluções construtivas não previstas no projeto; e
- **CONTRATADA:** Pessoas, firmas ou consórcio de firmas que têm como responsabilidade a execução dos serviços referentes às obras de engenharia, bem como fornecimento dos materiais e equipamentos necessários à construção das referidas obras.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>	Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>4/44</b>	
	Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>	

### 3 LOCALIZAÇÃO

O Complexo de Mineração de Tapira (CMT) está localizado no Município de Tapira/MG, região sudoeste do estado de Minas Gerais, a aproximadamente 415 km da capital mineira – Belo Horizonte, podendo o acesso a partir da cidade de Araxá ser feito pela rodovia BR-146. As Barragens BL-1, BR, BRI, BA3, BD2, BD5 são as estruturas que atualmente pertencem ao Complexo de Mineração de Tapira.

A Figura 3.1 apresenta a localização do complexo, a Figura 3.2 apresenta a vista aérea de todas as estruturas pertencentes a CMT e a

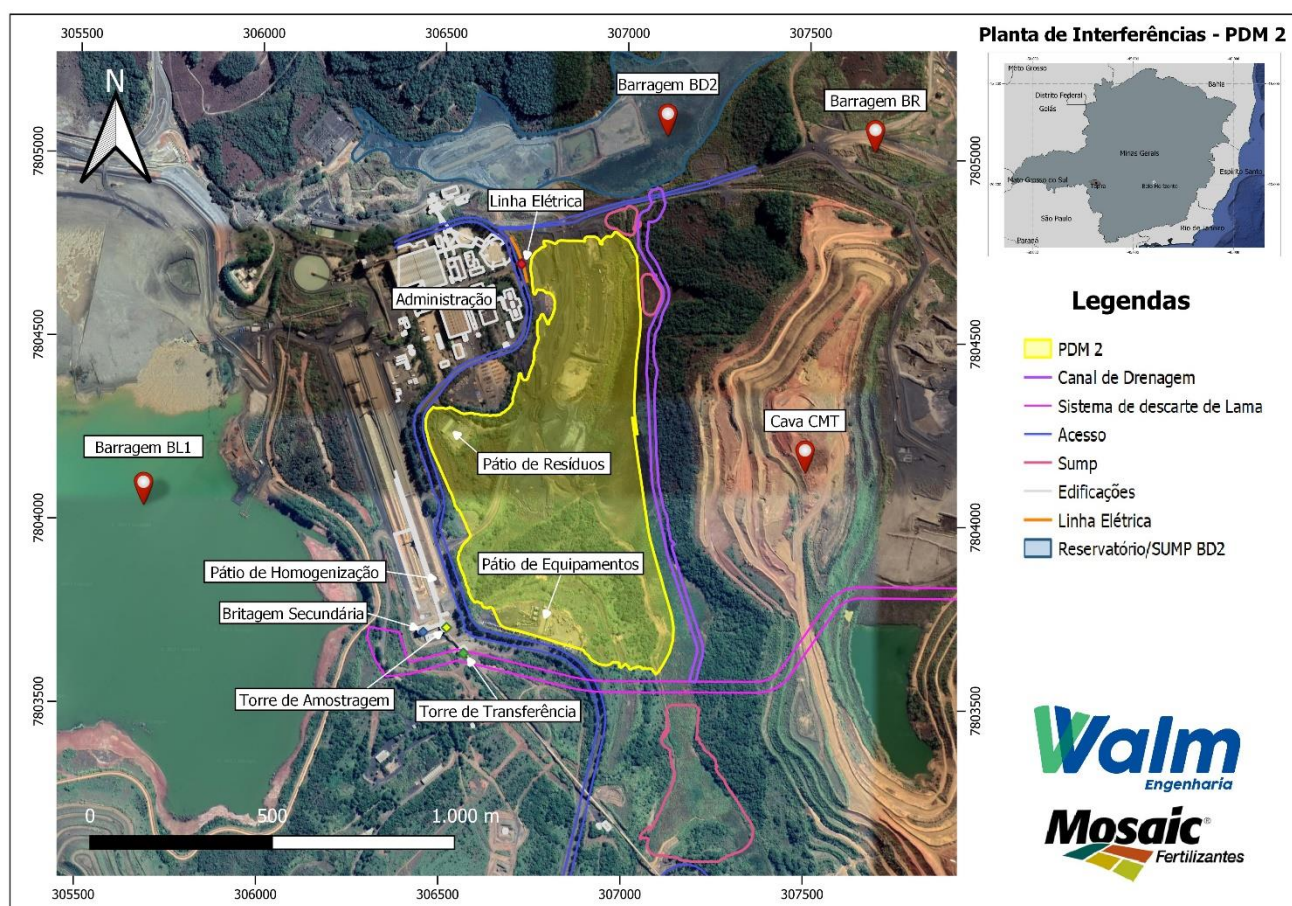




Figura 3.3 apresenta a projeção da PDM 2 na região que será construída.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>5/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

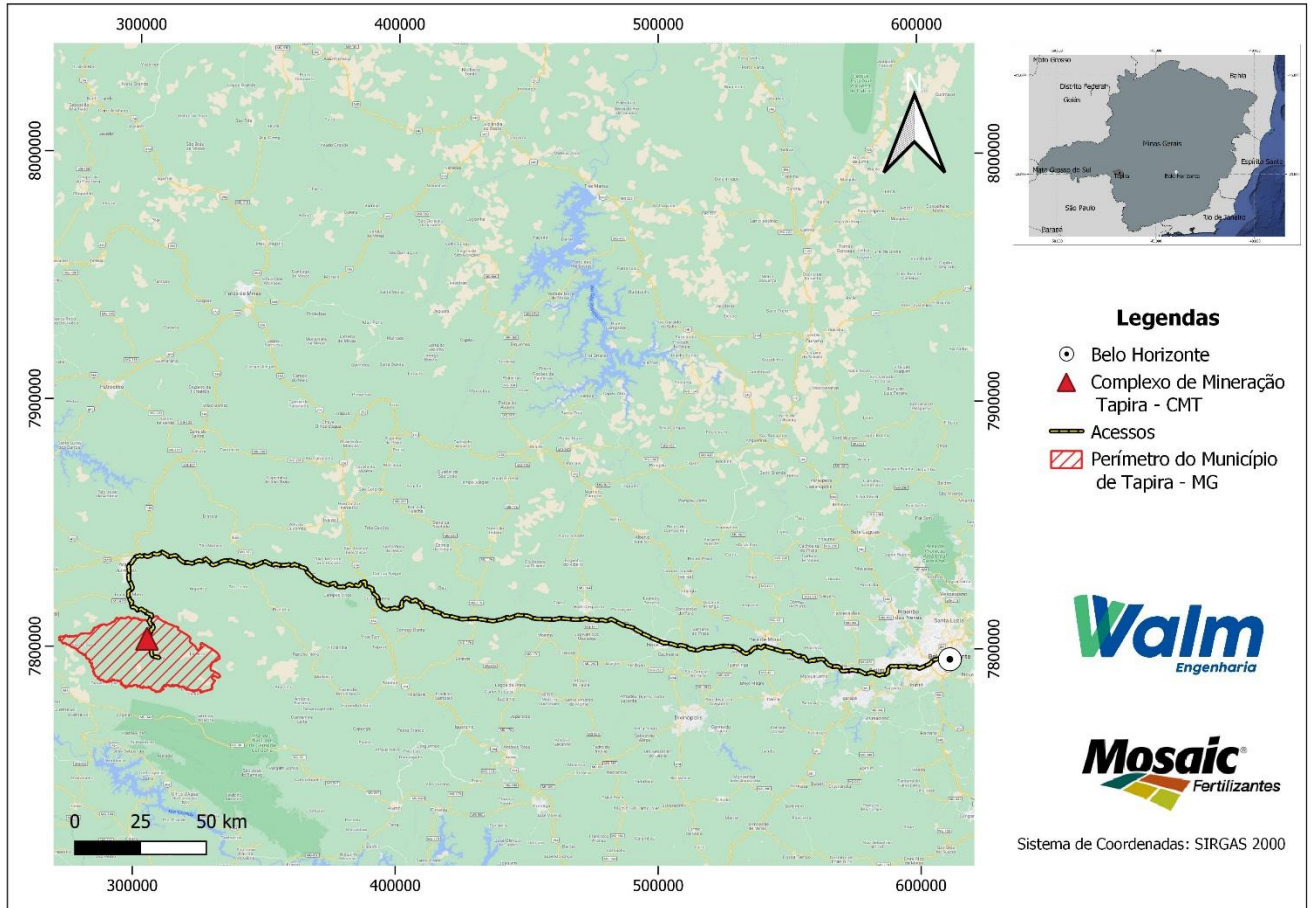




Figura 3.1 – Acesso Belo Horizonte – PDM-2.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>6/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

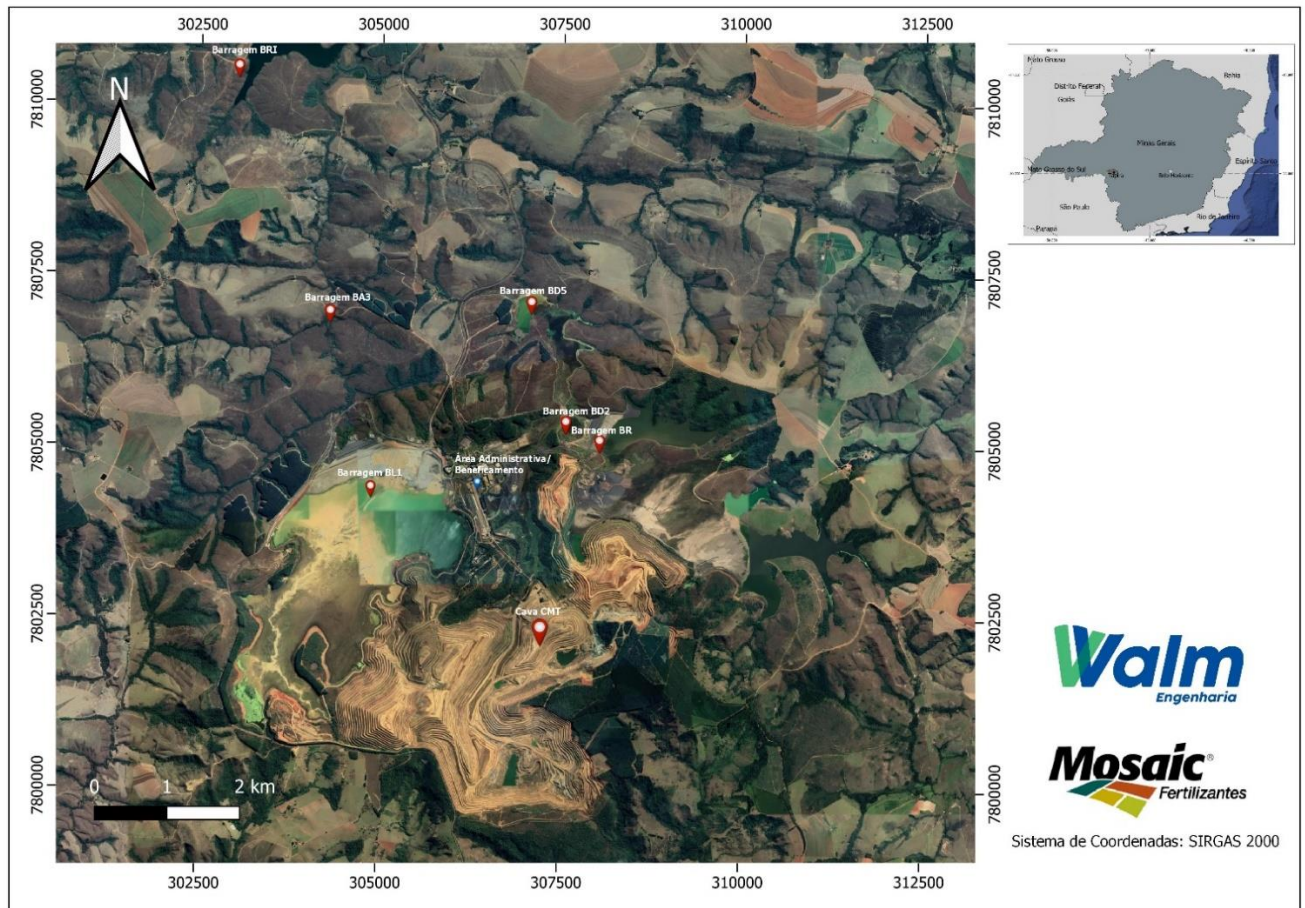


Figura 3.2 – Complexo de Mineração de Tapira.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>7/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

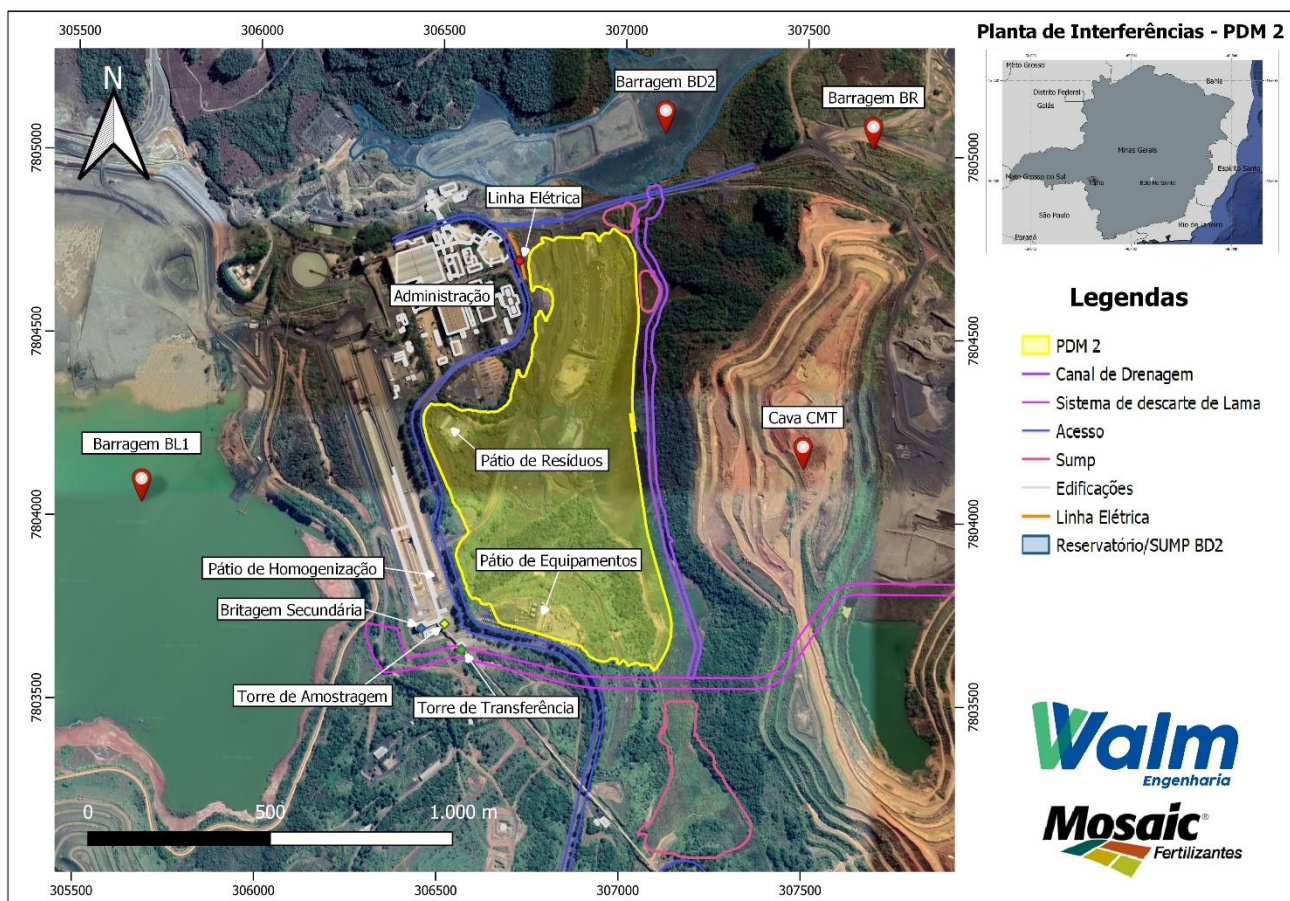


Figura 3.3 – Projeção de PDM-2.

#### 4 ESCOPO

O presente documento tem como objetivo complementar as investigações geológicas geotécnicas já existentes na área de implantação da futura PDM-2, além de confirmar parâmetros geológicos-geotécnicos utilizados no projeto executivo.

Este estudo contemplará a especificação de sondagens mistas (SM), sendo que nas mesmas serão extraídas amostras Denison e realizados ensaios de infiltração. Além disto também trará especificações no que tange aos ensaios de laboratório.

O plano de investigação tem como objetivo principal a caracterização das propriedades físicas e mecânicas da fundação de PDM-2, além de mapear a extensão dos solos moles existentes na pilha.

Os dados obtidos nesse plano irão possibilitar a melhoria dos parâmetros geológicos geotécnicos utilizados atualmente.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>8/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

#### 4.1 DETALHAMENTO DO ESCOPO

##### 4.1.1 Sondagens Mistas

A sondagem mista é a união ou a alternância da sondagem à percussão com a sondagem rotativa, que permite a caracterização da resistência das camadas de solo ou aterro pelo método de sondagem percussiva, com medidas de SPT e perfuração testemunhada do solo/aterro ou maciço rochoso, pelo método de sondagem rotativa. Estas sondagens serão utilizadas para avaliar de forma qualitativa os materiais da região e avaliar os parâmetros geotécnicos de forma preliminar, a locação destas sondagens neste relatório foram feitas de forma aproximada e deverão ser revistas após a execução das sondagens percussivas.

##### 4.1.2 Ensaio de Infiltração

Deverão ser realizados ensaios de infiltração em todos os furos de sondagem mista, a cada 05 (cinco) metros, ou todas as vezes que for percebida a mudança de material, com o intuito de se aferir a permeabilidade dos horizontes.

##### 4.1.3 Coleta de amostras Denison

As amostras denison tem por objetivo o conhecimento e a melhor definição do perfil geológico e dos parâmetros geotécnicos. Neste contexto, a definição das profundidades das amostras Denison serão estimadas e as mesmas deverão ser revistas após a execução das sondagens a percussão.

##### 4.1.4 Ensaio de Laboratório

Para conformação dos parâmetros utilizados nas análises geológicas-geotécnicas foram solicitados os seguintes ensaios:

- Massa específica dos sólidos;
- Peso específico por balança hidrostática;
- Granulometria com sedimentação;
- Limites de Atterberg (Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade);
- Umidade Natural;
- Triaxial CIUsat 75, 150, 300, 600 e 1200kPa;
- Adensamento Oedométrico inundado e não inundado com medição de permeabilidade no ensaio inundado;
- Permeabilidade a carga variável nas direções horizontal e vertical ou a carga constante, a depender da caracterização do material.

## 5 PROGRAMAÇÃO DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

O plano de investigações geológico-geotécnicas e ensaios de laboratório programados e propostos para a estrutura englobam:

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2</b> <b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS</b> <b>COMPLEMENTARES</b>	Nº MOSAIC:	-	FOLHA <b>9/44</b>
	Nº WALM:	<b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- 12 (doze) sondagens mistas na região de implantação de PDM-2;
- 09 (nove) coleta de amostras Denison, nas sondagens mistas assinaladas a seguir;
- Ensaios de infiltração a cada 5,0 m ou sempre que houver mudança de material, nas sondagens consideradas pertinentes;

As sondagens mistas serão identificadas pela sigla “SM”, seguida do número indicativo e do nome da estrutura, sendo PDM-2 – Pilha de Magnetetita Alternativa 2. Ex: PDM-SM-01. A Tabela 5.1 apresenta a locação e a profundidade de cada SM; apresenta também em qual fase do projeto as sondagens devem ser executadas: se após a supressão vegetal da fase inicial ou após a supressão vegetal da fase final.

Tabela 5.1 – Sondagens complementares – PDM-2.

FASE DE EXECUÇÃO	ID	COORDENADAS (SIRGAS 2000)		COTA DO TERRENO	PROFUNDIDADE EM SOLO (m)
		LESTE	NORTE		
FASE INICIAL	SM-14	307.176,23	7.803.360,40	1.183,00	25,00
	SM-20	307.117,25	7.803.952,42	1.179,00	20,00
	SM-21	306.632,23	7.804.001,89	1.210,00	40,00
	SM-22	307.014,75	7.804.101,11	1.179,00	50,00
	SM-23	306.532,78	7.804.241,47	1.202,00	40,00
	SM-24	307.056,95	7.804.430,16	1.177,00	20,00
	SM-25	307.051,87	7.804.623,45	1.175,00	15,00
FASE FINAL	SM-15	306.960,35	7.803.726,01	1.213,00	40,00
	SM-16	307.087,64	7.803.761,64	1.180,00	50,00
	SM-17	306.771,47	7.803.757,42	1.229,00	60,00
	SM-18	306.597,70	7.803.785,17	1.217,00	40,00
	SM-19	306.832,89	7.803.868,36	1.212,00	40,00

(1) Deverão ser realizados ensaios de infiltração a cada 5,0 metros ou sempre que for notado a mudança de material.

(2) As profundidades apresentadas desta tabela são estimativas tendo como referência a campanha de ensaios realizadas no projeto conceitual de PDM-2, sendo que o critério de paralização do ensaio é o avanço do furo em 10,0 m do saprolito ou do maciço rochoso.

Para execução dos ensaios geológicos geotécnicos se faz necessário a retirada de amostras Denison dos horizontes da fundação com objetivo de se confirmar os parâmetros geológicos geotécnicos utilizados no projeto executivo, conforme Tabela 5.2

Tabela 5.2 - Quantitativo de amostragem Denison nas sondagens mistas da PDM 2.

FASE DE EXECUÇÃO	ID SONDAJEM	MATERIAL A SER AMOSTRADO	PROFUNDIDADE PREVISTA (m)
FASE INICIAL	SM-22	Saprolito de Xisto	24,0 – 25,0
			25,0 – 26,0
	SM-23	Saprolito de Xisto	32,0 – 33,0
			33,0 – 34,0

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>10/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

FASE DE EXECUÇÃO	ID SONDA GEM	MATERIAL A SER AMOSTRADO	PROFUNDIDADE PREVISTA (m)
FASE FINAL	SM-15	Colúvio resistente	5,0 – 6,0
			6,0 – 7,0
		Solo Residual de Rocha Intrusiva Alcalina	9,0 – 10,0
			10,0 – 11,0
	SM-17	Saprolito de Rocha Alcalina	58,0 – 59,0
			59,0 – 60,0
	SM-18	Colúvio resistente	10,0 – 11,0
			11,0 – 12,0
		Solo Residual de Rocha Intrusiva Alcalina	18,0 – 19,0
			19,0 – 20,0
		Saprolito de Rocha Alcalina	34,0 – 35,0
			35,0 – 36,0
SM-19	Saprolito de Quartizito	20,0 – 21,0	
		21,0 – 22,0	

(1) As profundidades de ensaios aqui especificados são apenas estimativas e podem ser modificadas conforme especificado por ATO ou pela equipe de geotecnia de projetos da Mosaicem campo para se ter a garantia da coleta do material de interesse.

(2) Deveram ser retiradas amostras do tipo Denison duplas dos pontos avaliados, ou seja, na profundidade indicada e na sequente (conforme mostrado na tabela).

A locação das sondagens programadas pode ser vista na Figura 5.1.





		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>11/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>



Figura 5.1 – Localização das sondagens programadas.



## 6 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DAS ATIVIDADES

### 6.1 SONDAGEM A PERCUSSÃO

Foi prevista a realização de 12 (doze) furos de sondagens mistas, conforme mostrado na Tabela 5.1. Saliencia-se que os pontos de sondagem foram locados com base no documento Ortofoto Magnetita - Lev. VANT 091, elaborado pela CCC Topografia e a primeira campanha de sondagem na fase conceitual do projeto.

As sondagens mistas deverão ser realizadas com acompanhamento de geólogo (ATO) em campo e pela equipe de geotecnia de projetos da Mosaic para correta discriminação e descrição dos materiais recuperados, detecção da fundação e paralisação dos furos no momento correto conforme está especificação técnica.

A sondagem mista é a união ou a alternância da sondagem à percussão com a sondagem rotativa, que permite a caracterização da resistência das camadas de solo ou aterro pelo método de sondagem percussiva, com medidas de SPT e perfuração testemunhada do solo/aterro ou maciço rochoso pelo método de sondagem rotativa.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>12/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

Neste caso, a perfuração inicia-se com a sondagem à percussão e, quando a resistência do material atinge os critérios de paralisação de sondagem percussiva antes da profundidade estimada para o furo, inicia-se então a perfuração com a sondagem rotativa. A passagem do método de sondagem a percussão para o método rotativo deve ser feita, obrigatoriamente, ao ser atingido o impenetrável ao SPT, sem recorrer ao método de lavagem para o avanço da perfuração. Dessa forma, aplicam-se às sondagens mistas os mesmos procedimentos das sondagens rotativas e das sondagens a percussão, estas somente no que se refere ao ensaio SPT e à amostragem.

Como recomendado pelo Boletim nº 03 da ABGE, nos horizontes de solo/aterro deverão ser feitos ensaios SPT a cada metro, a partir de 1m de profundidade da sondagem (ou conforme especificação da fiscalização) de acordo com os procedimentos indicados para execução de Ensaio de Penetração Padronizado - SPT. A passagem para o método de sondagem rotativa deverá ser feita ao ser atingido o impenetrável ao SPT, conforme as condições definidas no item mencionado no parágrafo anterior, ou seja: i) até 5cm de penetração após 10 golpes consecutivos, excluídos os primeiros 5 golpes; e ii) 50 golpes no mesmo ensaio.

Atingidas as condições descritas acima, os ensaios de penetração deverão ser suspensos para aquele trecho, com conseqüente avanço da sondagem rotativa, no entanto, retomando-se ao ensaio de SPT no trecho seguinte e assim por diante, sempre que se fizer necessário.


No caso de prosseguimento contínuo da sondagem pelo método rotativo, os ensaios SPT serão reiniciados quando, em qualquer profundidade, voltar a ocorrer material suscetível de ser submetido a esse tipo de ensaio, seguido de outros a intervalos de 1m, até serem atingidas novamente as condições impenetráveis ao amostrador padrão.

Vale ressaltar que as profundidades de sondagens mistas das sondagens apresentadas na Tabela 5.1 são estimadas, podendo ser alteradas em função das condições geotécnicas dos materiais atingidos em subsuperfície. Recomenda-se que a sondagem mista seja interrompida após o avanço em 5 metros consecutivos de saprolito ou do maciço rochoso. Apesar dessa recomendação, a interrupção da sondagem deve ser realizada com autorização do ATO.

Os resultados finais de cada sondagem mista devem ser apresentados, num prazo máximo de 30 dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100, em papel A4, onde constem todos os dados levantados (inclusive coordenadas UTM planimétricas e altimétrica da boca do furo com a indicação explícita do datum considerado) e a classificação geológica e geotécnica dos materiais atravessados, feita por geólogo ou engenheiro, cujo o nome e assinatura deverão constar no perfil.

O número de peças e a recuperação dos testemunhos devem constar na forma de gráficos com suas variações em profundidade. Não serão aceitas recuperações menos que 95%.

Até 30 dias após o término da última sondagem da campanha programada, devem ser entregues, os seguintes documentos, que formarão o relatório final:

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>13/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- a) Texto explicativo com critério de descrição das amostras, correções e interpretações adotadas nos testes executados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da contratada, com nome e assinatura do responsável pela empresa de sondagem;
- b) Planta de localização das sondagens ou esboço com distâncias aproximadas e amarração;
- c) Cópia do boletim de campo do sondador.

#### 6.1.1 Sondagem à percussão


A sondagem a percussão é um procedimento geotécnico de campo capaz de amostrar o subsolo e, quando associada ao ensaio de penetração dinâmica (SPT), mede a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada.

Os objetivos principais de uma sondagem a percussão associada a ensaios SPT são: conhecer a resistência e a compressibilidade do solo a cada metro perfurado, natureza e tipo de solo por uma identificação tátil-visual através de retirada de amostra deformada, assim como a espessura das camadas e a posição do lençol freático.

##### 6.1.1.1 Equipamentos:

Os equipamentos e ferramentas são compostos pelos seguintes elementos principais:

- Tripé com roldana;
- Guincho mecânico ou moitão;
- Trado concha e helicoidal;
- Hastes e luvas de aço galvanizado;
- Alimentador de água;
- Cruzeta;
- Trépano e “T” de lavagem;
- Barriletes-amostradores e peças para cravação destes;
- Martelo com 65 kg e guia;
- Tubos de revestimentos;
- Torquímetro;
- Bomba d’água;
- Abraçadeiras para revestimento;
- Abaixadores e alçadores para hastes;
- Saca-tubos;
- Bomba-balde (baldinho com válvula de pé);
- Chaves de grifo;
- Metro ou Trena;
- Recipientes herméticos (tipo copo) para amostras;
- Sacos plásticos transparentes de alta resistência;
- Etiquetas para identificação;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>14/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- Medidor de nível d'água.

É de fundamental importância o bom estado de conservação dos equipamentos utilizados na execução das sondagens.

As hastes de tubo de aço devem ser retílineas, diâmetro interno de 25,00 mm e com roscas em ótimo estado, permitindo uma firme conexão com as luvas. O seu peso deve ser aproximadamente de 3,00 kg por metro linear e, quando acopladas, devem formar um conjunto retílineo.

Os barriletes-amostradores devem estar com as roscas e as ponteiros perfeitas e firmes, não podendo apresentar desgaste em suas extremidades. O diâmetro externo deve ser de 50,8 mm e o interno de 34,9 mm estando rigorosamente na forma e nas dimensões recomendadas pela NBR 6484 (ABNT, 2020).

As hastes deverão ser de tubo reto de 1" de diâmetro interno, com roscas que permitam firme conexão com as luvas e peso de aproximadamente 3 kg por metro linear. As peças de avanço da sondagem deverão permitir a abertura de um furo com diâmetro mínimo de 2 1/2".

#### 6.1.1.2 Procedimentos

Os procedimentos a seguir, para a execução da sondagem a percussão e dos ensaios SPT são baseados na norma brasileira NBR 6484 (ABNT, 2020) Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. A execução da sondagem deve ser realizada da seguinte forma:

- A sondagem deve ser iniciada após a limpeza da área que permita o desenvolvimento de todas as operações e a abertura de um sulco ao seu redor para desviar as águas de chuva;
- Junto ao local de execução devem ser cravados um piquete e uma estaca com a identificação da sondagem;
- A sondagem deve ser iniciada com emprego do trado-concha ou da cavadeira manual até a profundidade de 1,0 m, seguindo-se a instalação até essa profundidade, do primeiro segmento do tubo de revestimento dotado de sapata cortante;
- Nas operações subsequentes de perfuração, intercaladas às de ensaio e amostragem, deve ser utilizado trado helicoidal até se atingir o nível d'água freático;
- Quando o avanço da perfuração com emprego do trado helicoidal for inferior a 50 mm após 10 minutos de operação ou no caso de solo não aderente ao trado, passa-se ao método de perfuração por circulação de água, também chamado de lavagem. Para tanto, é obrigatória a cravação de revestimento. Quando se realizar a lavagem, deve-se erguer o sistema de circulação de água a 30 cm a partir do fundo do furo. Durante sua queda livre, deve-se imprimir um movimento de rotação no hasteamento. Ao atingir a cota de ensaio e amostragem, a composição de perfuração deve ser suspensa a uma altura de 20 cm do fundo do furo, mantendo-se a circulação de água por tempo suficiente, até que todos os detritos da perfuração tenham sido removidos do interior



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>15/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

do furo. Ressalta-se que o método de lavagem com trépano e o emprego de água não será permitido no corpo do barramento;

- Durante a operação de perfuração, devem ser anotadas as profundidades das transições de camadas detectadas por exame tátil-visual e da mudança de coloração de materiais trazidos à boca do furo pelo trado helicoidal ou pela água de circulação;
- Caso atinja o nível freático, anotar a profundidade do furo. Durante todas as operações da perfuração, deve-se manter o nível d'água no interior do furo, em cota igual ou superior ao do nível d'água do lençol freático encontrado e correspondente. Os níveis d'água devem ser medidos antes do início dos trabalhos, todos os dias e no dia seguinte à conclusão da sondagem;
- Antes de se retirar a composição de perfuração, com o trado helicoidal ou o trépano de lavagem apoiado no fundo do furo, deve ser feita uma marca na haste à altura da boca do revestimento, para que seja medida, com erro máximo de 10 mm, a profundidade em que se irá apoiar o amostrador na operação subsequente de ensaio e amostragem; e
- Ao final da sondagem, o furo deve ser totalmente preenchido com solo ou solo-cimento (solo, cimento, cimento e água no traço em peso de 8:1:0,5:8), deixando-se cravada no local uma estaca com identificação da sondagem;
- Durante a execução das sondagens mistas deverão ser realizados ensaios de infiltração nos furos solicitados, a cada 03 metros, ou todas as vezes que for percebida a mudança de material.

#### 6.1.1.3 Amostragem e SPT

O ensaio SPT (Standard Penetration Test) consiste na cravação do barrilete-amostrador, através do impacto vertical de um martelo de 65 kg, caindo livremente de uma altura de 75 cm sobre a composição de hastes.

As amostras deverão ser representativas dos materiais atravessados e livres de contaminação. A cada metro de perfuração, a partir de 1,0 m de profundidade, devem ser colhidas amostras dos solos por meio do amostrador-padrão, com execução de SPT. Deve ser coletada, para exame posterior, uma parte representativa do solo colhido pelo trado-concha durante a perfuração, até 1,0 m de profundidade.

- As amostras a serem obtidas devem ser dos seguintes tipos: as amostras de barrilete-amostrador SPT, com cerca de 200 g, constituídas pela parte inferior do amostrador; as amostras de trado, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido durante a perfuração e coletadas na parte inferior das lâminas do trado; as amostras de lavagem, com cerca de 500 g, obtidas pela decantação da água de circulação. As amostras coletadas devem ser acondicionadas em uma caixa de madeira ou plástico;
- A cada ensaio de penetração, cerca de 100 g da amostra do barrilete devem ser imediatamente acondicionadas em recipientes de vidro ou de plástico rígido e com tampa. Esta amostra deve ser identificada por duas etiquetas, sendo uma interna e outra colada na parte externa do recipiente e deve ter as seguintes informações: nome da obra e cliente, número da sondagem, número da amostra, profundidade, número de golpes e penetração do ensaio, data e o operador;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>16/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- O martelo para cravação deverá possuir uma haste-guia, onde a altura de 75 cm deve ser assinalada. O martelo deve ser erguido manualmente, com auxílio de corda e polias. Não será permitida a utilização de cabo de aço nesta operação. A queda do martelo deve ocorrer verticalmente, dissipando a menor energia possível; e
- Apoiar o barrilete no fundo do furo, e conectar as hastes de modo que estejam firmes e retilíneas. Assinalar 3 trechos de 15 cm, referidos a um ponto fixo no terreno. Inicia-se a cravação do barrilete através da queda do martelo, onde cada queda do martelo corresponde a um golpe e devem ser anotados o número de golpes e a penetração em centímetros para a cravação de cada terço do barrilete; caso ocorram penetrações superiores a 15 cm, estas devem ser anotadas.

#### 6.1.1.4 Critérios De Paralisação



Para os furos de sondagem a percussão, o item 6.4 da Norma NBR 6484 (ABNT, 2020) condiciona a paralisação do furo antes da profundidade prevista devido aos seguintes critérios estabelecidos a seguir:

- Quando o processo de perfuração estiver sendo executado por Circulação de Água (CA):
- Quando, em 3,00 metros sucessivos, ocorrerem penetrações iguais a 30/15, ou seja, quando ocorrer 30 golpes para a penetração dos 15 cm iniciais do amostrador;
- Quando, em 4,00 metros sucessivos, ocorrerem penetrações iguais a 50/30, ou seja, quando ocorrer 50 golpes para a penetração dos 30 cm iniciais do amostrador;
- Quando, em 5,00 metros sucessivos, ocorrerem penetrações iguais a 50/45, ou seja, quando ocorrer 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrador;
- A sondagem deve ser dada por encerrada quando, no ensaio de avanço da perfuração por circulação de água forem obtidos avanços inferiores a 50,00 mm em cada período de 10 minutos ou quando, após a realização de quatro ensaios consecutivos, não for alcançada a profundidade de execução do SPT;
- Após o encerramento do processo de perfuração por trépano e circulação de água como indicado nos dois itens acima, e a investigação do subsolo, a perfuração deve continuar com sondagem rotativa; e
- Caso não haja avanço do amostrador durante a aplicação de 5 golpes sucessivos antes de se alcançar a profundidade estimada para atendimento do projeto, deve-se deslocar a sondagem no mínimo 2 vezes para posições diametralmente opostas, a 2,00 m da sondagem inicial, ou conforme orientação do cliente ou seu preposto.

#### 6.1.1.5 Apresentação dos Resultados

A empresa de sondagem deve fornecer todas as informações de sondagem quando solicitada pela PROJETISTA ou pela MOSAIC. Os resultados preliminares de cada sondagem percussiva devem ser apresentados num prazo máximo de 15 (quinze) dias após seu término, em boletins, com três vias, onde constem:

- Nome da obra e da MOSAIC;
- Identificação e localização do furo;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>17/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>


- Diâmetro da sondagem e método de perfuração;
- Cota e coordenadas UTM planimétricas e altimétricas, inclusive com o datum considerado;
- Data da execução;
- Nome do sondador e da firma;
- Tabela com leituras de nível d'água com: data, hora, nível d'água, profundidade do furo, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo, instalação de obturador, com sua cota, etc. No caso de não ter sido atingido o nível d'água, deverão constar no boletim, as palavras "furo seco";
- Posição final do revestimento;
- Resultados dos ensaios de penetração SPT, com número de golpes e avanço em centímetros para cada terço de penetração do amostrador;
- Resultados dos ensaios de lavagem, com o intervalo ensaiado, avanço em centímetros e tempo de operação da peça de lavagem;
- Resultados dos ensaios de permeabilidade (genericamente conhecido por ensaio de infiltração), quando realizados, com indicação do método utilizado, posição das extremidades superior e inferior do revestimento, profundidade do furo, diâmetro do revestimento e medidas de absorção d'água feitas a casa minuto, com respectiva unidade;
- Identificação das anomalias observadas e fenômenos importantes ocorridos durante a perfuração;
- Descrição sucinta dos materiais (caracterização tátil-visual dos materiais);
- Motivo da paralisação do furo; e
- Visto do encarregado.

Os resultados finais de cada sondagem percussiva devem ser apresentados, num prazo máximo de trinta dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100, em papel A4, onde constem todos os dados levantados e a classificação geológica e geotécnica dos materiais atravessados, feita por geólogo ou engenheiro, cujo nome e assinatura deverão constar no perfil, sendo todas as caixas fotografadas com escala gráfica ao lado e boa qualidade da mesma.

### 6.1.2 Sondagem Rotativa

A seguir apresentam-se os procedimentos, a amostragem e a apresentação dos resultados deste tipo de perfuração tais como descritos no Manual de Sondagens/Boletim nº 3, 5ª edição (ABGE, 2013). A execução da sondagem deve ser realizada da seguinte forma:

- Em terreno seco, a sondagem deve ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e a abertura de um sulco ao redor, que desvie as águas de enxurradas, no caso de chuva. A sonda deve ser firmemente ancorada no terreno, de maneira a minimizar as vibrações e a conseqüente transmissão para a composição da sondagem;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>18/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- Junto ao local onde será executada a sondagem, deve ser cravado um piquete com a identificação da sondagem, que servirá de ponto de referência para medidas de profundidade e para fins de amarração topográfica;
- Devem ser empregados todos os recursos das sondagens rotativas, de maneira a assegurar a perfeita recuperação de todos os materiais atravessados. Os principais recursos são: escolha de equipamentos e acessórios apropriados às condições geológicas, realização de manobras curtas e adequação da velocidade de perfuração às características geológicas da rocha perfurada;
- Constituem elementos de interesse: o registro das características da sonda rotativa e da coluna de perfuração utilizadas, o tempo de realização das manobras, as características da coroa (quilatagem, pedras por quilate, tipo, tempo de uso, etc.), bem como a avaliação da pressão aplicada sobre a composição, sua velocidade de rotação, velocidade de avanço, pressão e vazão da água de circulação;
- O diâmetro a ser utilizado pela sondagem rotativa deve ser o HW;
- Caso a sondagem atinja o nível freático, a sua profundidade deve ser anotada. Se ocorrer artesianismo não-surgente, deve ser registrado o nível estático; no caso de artesianismo surgente, além do nível estático, devem ser medidas a vazão e o respectivo nível dinâmico. Os níveis d'água (estático/dinâmico) devem ser medidos todos os dias, antes do início dos trabalhos e no final do dia após o esgotamento do furo;
- Após a última leitura de nível d'água, quando houver, ou após o encerramento da sondagem, o furo deverá ser totalmente preenchido com calda de cimento ou argamassa, vertida a partir do fundo do furo, com auxílio de um tubo, que será levantado à medida de seu preenchimento. Devido à possibilidade de sedimentação da calda de cimento, no dia seguinte à obturação do furo, poderá ser necessária a complementação do preenchimento com calda de cimento a ser aplicada a partir da boca do furo.


## 6.2 ENSAIO DE INFILTRAÇÃO

Comumente chamados assim ensaios de infiltração, os ensaios de permeabilidade são executados em furos de sondagem, cuja finalidade é a determinação do coeficiente de permeabilidade do solo.

Os ensaios de infiltração em furos de sondagens consistem na medida da vazão absorvida ou retirada, em função da aplicação de uma carga ou descarga, respectivamente.

As cargas são diferenciais de pressão, induzidas por colunas de água, resultantes de injeção d'água no furo; as descargas são diferenciais de pressão provocadas por retirada de água do furo. Nesta especificação somente serão explicitados os ensaios por injeção de água. Aplicando-se carga no furo, podem ser realizados dois tipos de ensaios:

- Ensaio de Infiltração: também denominado infiltração a nível constante – mantém-se a carga constante, medindo a vazão necessária para mantê-la;

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>19/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- Ensaio de rebaixamento: também denominado infiltração a nível variável – estabeleceu-se uma coluna d'água inicial, interrompe-se a introdução da água e acompanha-se, no tempo, o rebaixamento do nível d'água.

### 6.2.1 Equipamentos

Os equipamentos e ferramentas necessários à execução dos ensaios de permeabilidade são:

- Bomba de água com capacidade mínima de 40 litros por minuto;
- Hidrômetro, em boas condições, com divisões de escala em litros, testado no início de cada furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento. O hidrômetro não deve apresentar desvio superior a 10% do valor real na faixa de vazão entre 10 e 40 L/min. É vedado o uso de curvas de calibração;
- Tambor graduado em litros com capacidade de aproximadamente 200 litros;
- Provetas ou latas graduadas a cada 50 centímetros cúbicos, com capacidade mínima de 1 litro;
- Funil com rosca para acompanhamento no revestimento com redução mínima de 1 polegada e diâmetro maior de, no mínimo, 20 centímetros;
- Escarificador constituído por uma haste decimétrica de madeira ou de metal, com numerosos pregos sem cabeça, semicravados;
- Medidor de nível d'água.

### 6.2.2 Procedimentos

- Os ensaios de infiltração devem ocorrer em trechos de 5 m ou na mudança de litologia;
- A execução do ensaio de permeabilidade e de SPT num mesmo trecho deve ser limitada aos horizontes abaixo do nível d'água, ou onde o avanço da sondagem for feito pelo método da lavagem. Ensaio de infiltração acima do nível d'água deve ser feitos em um novo furo, deslocado de 3 m em relação ao primeiro;
- A parede do furo no horizonte do solo a ser ensaiado deve ser desobstruída por raspagem com escarificador;
- O revestimento deve ser posicionado até um mínimo de 100 cm acima do nível do terreno. Enche-se o furo com água até a boca, tomando-se este instante como tempo zero;
- Deve ser realizado ensaios de infiltração. Os ensaios de infiltração devem ser iniciados a partir de 1 m da superfície, sempre que se estiver em material de saprolito;
- Deve ser feito ensaio de rebaixamento quando a carga hidráulica, no trecho ensaiado, for superior a 0,2 kgf/cm<sup>2</sup> ou 0,02 Mpa (2,0 m de coluna d'água) e, por avaliação visual, o rebaixamento da água no tubo de revestimento for inferior a 10,0 cm/min;
- O ensaio de rebaixamento será feito através da medida do nível d'água dentro do revestimento, a intervalos de tempo curtos no início e mais longos em seguida (por exemplo, 15 s, 30 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min, 5 min, etc.). As medidas de rebaixamento devem ser iniciadas após a manutenção do tubo de revestimento cheio de água até a boca, durante 10 min, no mínimo;



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>20/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- O ensaio de rebaixamento deve ser concluído quando o rebaixamento atingir 20% da carga inicial aplicada ou após 30 minutos de ensaio;
- O ensaio de infiltração consiste na medida da absorção d'água estabilizada a cada minuto, durante 10 minutos. O nível de água deve ser mantido constante, medindo-se o volume de água introduzindo durante esse tempo;
- As medidas de absorção d'água no ensaio de infiltração deve ser feitas com hidrômetros acoplados à canalização da bomba, quando forem superiores a 10 L/min; com proveta graduada, quando forem inferiores a 1 L/min; e com tambor gradado, em casos intermediários;
- A empresa executora do ensaio deve fornecer o registro completo das informações necessárias ao cálculo do coeficiente de permeabilidade, tais como: vazão, nível d'água, diâmetro e profundidade do furo, comprimento do trecho de ensaio, etc.

Os ensaios de infiltração deverão ser realizados em todas as sondagens mistas. Estes devem ser realizados em trechos 1m, de 3 em 3 m ou na mudança de litologia. Ensaio de infiltração acima do nível d'água deve ser feito em um novo furo, deslocado de 3 m em relação ao primeiro. A posição do ensaio de infiltração poderá ser adaptada pela fiscalização no campo em função do tipo de material perfurado.

### 6.2.3 Apresentação dos Resultados

Os resultados dos ensaios devem ser apresentados no mesmo perfil da Sondagem Mista. Devem ser apresentados em valores numéricos: a pressão efetiva em kg/cm<sup>2</sup>, da absorção em L/min.m e da perda d'água específica em L/min.m/kg/cm<sup>2</sup>, assinalados em três colunas justapostas, limitadas acima e abaixo por linhas horizontais na posição dos limites do intervalo ensaiado. O coeficiente de permeabilidade do solo (k) será dado em cm/s.

### 6.3 AMOSTRA DENISON

Durante a execução das sondagens mistas deve ser executado retiradas de amostras Denison. As profundidades de coleta das amostras Denison apresentadas na Tabela 5.2 são estimadas, podendo ser ajustadas após a realização da primeira fase de investigações, visando assim a melhor assertividade e mapeamento dos parâmetros geológicos geotécnicos dos horizontes de interesse. As coletas das amostras Denison devem ser executadas de forma que não tenha sido realizado ensaios de infiltração em um intervalo de pelo menos 2 metros. As amostras devem ter uma recuperação mínima de 90%, e caso não atinja essa premissa, deve-se coletar a amostra na metragem seguinte.

O Amostrador Denison (Figura 6.1 e Figura 6.2) é um amostrador de parede dupla utilizado em conjunto com o equipamento rotativo, contendo no seu interior um terceiro tubo (camisa), onde a amostra é coletada. O tubo externo é a única peça móvel nesse barrilete, contendo na sua ponta uma coroa de widea. O tubo interno fica imóvel nesse barrilete e tem numa de suas extremidades uma sapata cortante em forma de bisel. A diferença de comprimentos entre os tubos internos externos, incluindo as sapatas, é de 1,0 cm, para evitar a penetração de água de lavagem na amostra. O revestimento do tubo amostrador é geralmente em latão. Os diâmetros utilizados estão indicados na Tabela 6.1.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>21/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 6.1 – Diâmetros dos amostradores Denison.

<b>Diâmetro externo</b>	<b>mm</b>	88,9	101,60	139,70	196,8
	<b>pol</b>	$3 \frac{1}{2}$	4	$5 \frac{1}{2}$	$7 \frac{3}{4}$
<b>Diâmetro da amostra</b>	<b>mm</b>	60,3	71,8	104,7	160,3
	<b>pol</b>	$2 \frac{3}{8}$	$2 \frac{53}{64}$	$4 \frac{1}{8}$	$6 \frac{5}{16}$
<b>Diâmetro da camisa</b>	<b>mm</b>	-	660	-	-
	<b>pol</b>	-	26	-	-



Figura 6.1 – Amostrador Denison.

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS  
COMPLEMENTARES**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**22/44**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-ETC-0002**

REV.

**0**

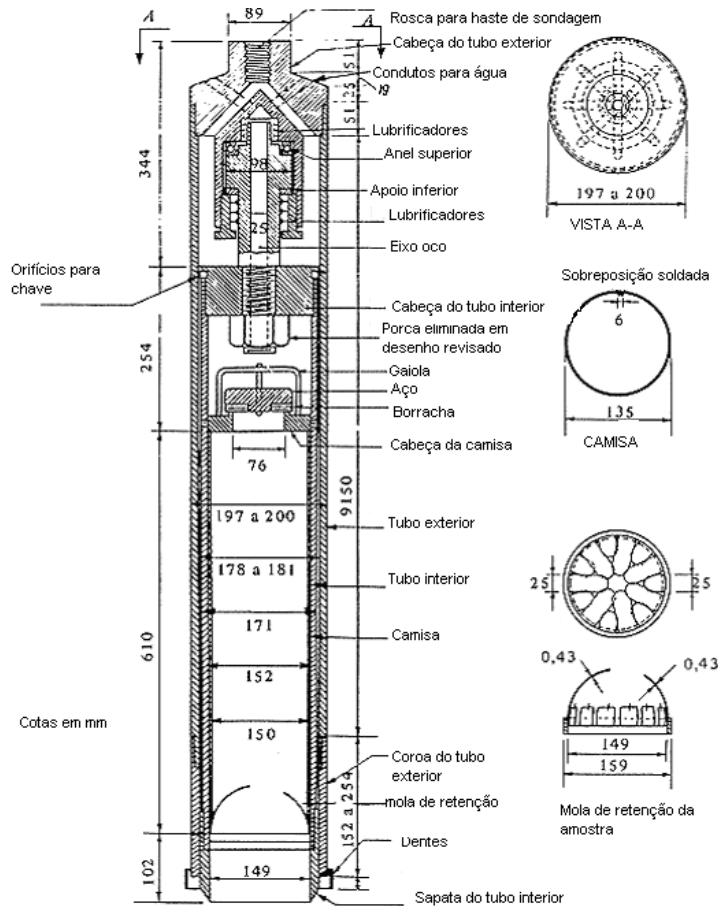


Figura 6.2 - Amostrador Denison – Croqui.

De acordo com a DNER-PRO-002/94, o amostrador Denison é utilizado normalmente em solos consistentes onde os amostradores de parede fina não conseguem penetrar. Deve-se evitar o seu uso em solos que contenham pedregulhos, e em solos fofos. Em solos pouco coesivos é aconselhável utilizar-se mola do tipo cesta colocada na sapata do tubo interno, que evita a queda da amostra do interior da camisa quando da operação de alçamento do amostrador.

O equipamento de sondagem deve ser tal que execute perfurações em diâmetros compatíveis com as amostras a coletar, que deixe a sondagem com o mínimo de material solto no seu fundo e não perturbe o local onde será coletada a amostra.

É vedada a utilização de graxa como lubrificante da parede interna do amostrador. É permitido a utilização de camada pouco espessa de vaselina ou mistura de parafina e vaselina.

Um dos primeiros passos mais importantes na amostragem é limpar o fundo do poço para remover o solo solto ou detritos de rocha que possam ter caído no fundo do poço. Se a limpeza não for realizada adequadamente as aparas das paredes contaminará a amostra não representando a condição in situ. A alteração da amostra ainda pode ocorrer por contaminação pelo fluido de lavagem, pela mistura de solos (camadas muito finas durante o processo



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>23/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

rotativo), mudanças no teor de umidade (fluido de lavagem ou calor devido a rotação) e densificação.

Inicia-se a extração da amostra descendo o amostrador Denison conectado em haste com comprimento suficiente para atingir a profundidade desejada. Põe-se o equipamento de rotação para funcionar dando pressão e rotação adequados.

A pressão para o amostrador Denison penetrar no solo deve ser compatível com a capacidade de corte da sapata do tubo externo. A velocidade de rotação deve ser baixa, variando de 40 a 125 rpm. A pressão da bomba que injeta água no interior de sondagem deve ser tal que traga todo material em suspensão à superfície. A amostra é cortada sempre com comprimento 5 cm menor que o da camisa.

Após completar o corte, o amostrador é alçado à superfície com todo cuidado. São desconectadas as duas sapatas (do tubo externo e interno), e a camisa é retirada. Mede-se então o comprimento da amostra extraída, sendo necessário uma recuperação de pelo menos 80% do tamanho do amostrador. Removem-se cerca de 2,0 cm do solo de cada ponta da camisa. O solo removido das pontas serve para uma classificação tátil-visual de campo. As extremidades da camisa deverão ser preenchidas e seladas com pano e parafina, de forma a garantir a integridade da amostra e sua umidade.

Após a selagem da amostra, coloca-se a camisa em local protegido até seu envio ao laboratório. As amostras em tubos devem ser acondicionadas em caixas de madeira, protegidas de choque com a colocação de serragem úmida no interior da caixa. Os tubos devem ser colocados na vertical, com fundo na parede inferior da caixa, na oportunidade do transporte. Choques e variações de temperatura deverão ser evitadas, para não ocorrer alterações das condições da amostra.

Na parte externa da caixa, deve-se registrar: “ESTE LADO PARA CIMA – FRÁGIL – EVITAR CALOR”.

As amostras devem permanecer o menor tempo possível dentro dos tubos, recomenda-se no máximo 3 dias, como forma de evitar a oxidação do tubo e contaminação da amostra. Assim as amostras podem ser extrudadas e depois seladas em recipientes resistentes à umidade. Caso se opte pelo isolamento com cera/parafina, primeiramente deve-se envolver a amostra com papel alumínio, gaze ou filme plástico, não permitindo o contato direto da parafina com a amostra. O uso de cera/parafina com uma temperatura muito alta pode secar a amostra do solo ou pode ser tão fluida que penetre nos poros e fissuras na amostra do solo.

Para a extrusão das amostras indeformadas, o amostrador em latão deve ser cortado com uma serra fina, formando sub-amostras. Para não causar uma “quebra” do solo, uma pequena parte da parede não deverá ser serrada. Estas, por sua vez, devem ser separadas da parede do tubo por uma corda de violão (fio de aço) inserida com o auxílio de uma agulha de seringa. A extração deverá ser realizada com o auxílio de um molde que ajudará a empurrar o solo para fora do tubo. Em seguida a amostra deverá ser levada ao pedestal e moldada de acordo com o ensaio a ser realizado.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>24/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

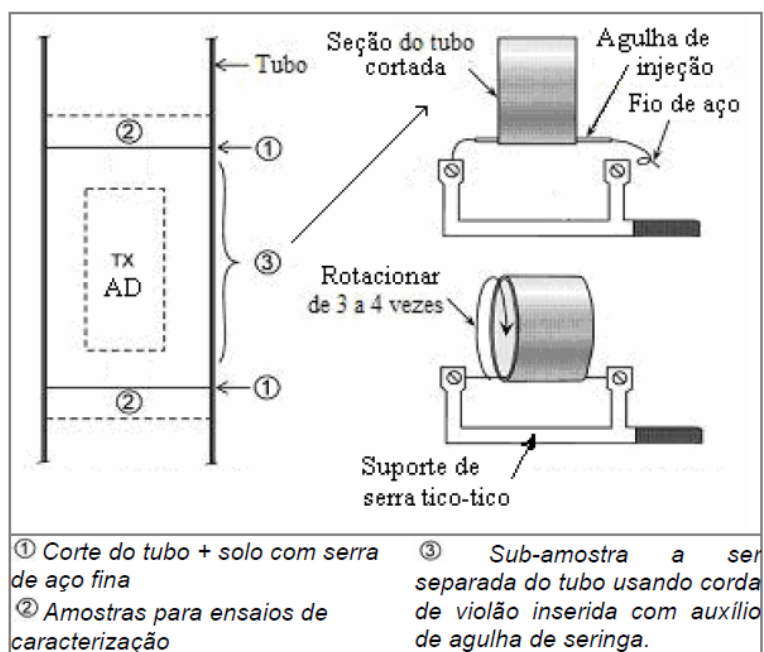


Figura 6.3 - Procedimento para extração do solo do tubo de amostragem (modificado de Ladd & DeGroot, 2004).



Figura 6.4 - Extração de amostras indeformadas.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>25/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>



Figura 6.5 - Extração de amostras indeformadas (continuação).

## 7 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Os ensaios laboratoriais deverão ser realizados conforme preconizam as normas brasileiras, ABNT, em vigor e mais recentes ou normas e referências internacionais semelhantes. O objetivo dos ensaios geotécnicos de laboratório é determinar as características físicas e os parâmetros geotécnicos dos materiais de fundação. Dessa forma, foi programada a realização de alguns ensaios de laboratório para as amostras de solo a serem coletadas, dentre eles: ensaios de Granulometria – sedimentação e peneiramento, Teor de Umidade, massa específica real dos grãos, limites de Consistência, ensaios triaxiais drenados e não drenados, compactação com proctor normal, permeabilidade a carga constante e a carga variável e adensamento com medição de permeabilidade.

A Figura 7.1 detalha os quantitativos e tipos de ensaios a serem realizados com as amostras que serão extraídas nesta presente campanha. Nos itens subsequentes são apresentadas as diretrizes gerais especificadas para os ensaios.

**COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT**

**PROJETO DETALHADO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES**

Nº MOSAIC:

-

FOLHA

**26/44**

Nº WALM:

**WA02821014-1-GT-ETC-0002**

REV.


**0**

Tabela 7.1 – Ensaios previstos.

Horizonte	Furo	Prof (m)	Tipo de Amostra	Granulometria Completa	Massa Específica Real dos Grãos	Massa Específica por Balança Hidrostática	Limites de Atterberg	Índice de Vazios Máx. e Mín.	Umidade Natural	Triaxial CIU	Triaxial CID	Permeabilidade <sup>1</sup>	Adensamento
Colúvio resistente	SM-15	5,0 a 7,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solo Residual de Rocha Intrusiva Alcalina	SM-15	10,0 a 12,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saprolito de Rocha Alcalina	SM-17	58,0 a 60,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Colúvio resistente	SM-18	10,0 a 12,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solo Residual de Rocha Intrusiva Alcalina	SM-18	18,0 a 20,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saprolito de Rocha Alcalina	SM-18	34,0 a 36,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saprolito de Quartizito	SM-19	20,0 a 22,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saprolito de Xisto	SM-22	24,0 a 26,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saprolito de Xisto	SM-23	32,0 a 34,0	Denison	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>				<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>

(1) Os ensaios de permeabilidade devem ser realizados conforme especificado neste documento e conforme características do material;



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>27/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

## 7.1 ENSAIOS PROPOSTOS

Os ensaios de laboratório programados deverão ser realizados conforme preconizam as normas brasileiras em vigor, ou as normas e referências internacionais semelhantes, conforme descrito a seguir. Salienta-se que os quantitativos estão apresentados no item 7 deste documento.

- Granulometria por peneiramento e sedimentação – NBR 7181 (ABNT, 2018);
- Massa específica real dos grãos – NBR 6458 (ABNT, 2016);
- Massa Específica pelo método da balança hidrostática;
- Limite de Atterberg – NBR 6459 (ABNT, 2016) e NBR 7180 (ABNT, 2016);
- Ensaio de permeabilidade a carga variável – NBR 14545;
- Ensaio de permeabilidade a carga constante - NBR 13292;
- Ensaio triaxial adensado e não drenado (CIU) – ASTM-D4767;
- Ensaio triaxial adensado e drenado (CID) - ASTM-D7181;
- Ensaio de adensamento unidimensional inundado e não inundado com medição de permeabilidade no ensaio inundado – NBR – 12.007:1990;

## 7.2 ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO

### 7.2.1 Análise Granulométrica

Os ensaios de caracterização da distribuição granulométrica dos materiais estudados serão realizados por meio das etapas de peneiramento e sedimentação, detalhadas nos itens 7.2.1.1 e 7.2.1.2, respectivamente.



As etapas supracitadas deverão ser realizadas em conformidade com as diretrizes estabelecidas na norma NBR 7181:2018 (ABNT, 2018), objetivando-se o conhecimento da distribuição granulométrica das amostras de magnetita em termos percentuais da massa total de material ensaiado, de acordo com as dimensões dos diâmetros das partículas constituintes das amostras.

#### 7.2.1.1 Peneiramento

Para a caracterização das distribuições mássicas dos rejeitos ensaiados em termos de diâmetro dos grãos – para diâmetros superiores a 0,075 mm) – as amostras deverão ser sujeitas a peneiramento por vibração através da série de peneiras especificada na norma NBR 7181:2018 (ABNT, 2018).

As frações da massa total ensaiada retidas em cada uma das peneiras deverão ser pesadas em balança com precisão mínima de 0,01 g e expressas em termos percentuais da massa total ensaiada, devendo ainda ser verificado e registrado o peso da massa passante na peneira nº 200 (0,075 mm de diâmetro).

#### 7.2.1.2 Sedimentação

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>28/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

Os ensaios de sedimentação deverão ser feitos em concordância com as definições da norma NBR 7181:2018 (ABNT, 2018). A etapa objetiva a caracterização da distribuição granulométrica da fração do material ensaiado com diâmetros de partícula inferiores a 0,075 mm (material passante na peneira nº 200).

O rejeito ensaiado deverá ser mantido submerso em solução de hexametáfosfato de sódio por um período mínimo de 12 horas, previamente à realização do ensaio, para defloculação. Conduzido o procedimento exposto, deverá ser realizada a dispersão do material, com disposição do mesmo em uma proveta de volume 1.000 ml. Para que seja atingida a quantidade de 1.000 ml, o conteúdo da proveta deverá ser completado com água destilada.

Registra-se então as densidades do líquido em diferentes intervalos de tempo durante o período de 24 horas. A partir da velocidade de sedimentação e do emprego da lei de Stokes, determina-se a distribuição granulométrica das partículas finas ensaiadas.

Os resultados a serem entregues pelo laboratório deverão apresentar:

- A curva granulométrica expressa em um gráfico semi-logarítmico (com o diâmetro dos grãos em milímetro e a porcentagem de material passante acumulado nas peneiras);
- A quantidade de material utilizado;
- A tabela com os diâmetros das peneiras e as respectivas porcentagens retidas e retidas acumuladas da amostra;
- A tabela com os dados do processo de sedimentação e o de floculante utilizado; bem como a quantidade de material utilizado na sedimentação (120g para solos arenosos ou 70g para solos argilosos), a temperatura, as leituras do densímetro e o diâmetro calculado pela Lei de Stokes.


**Localização do ponto de retirada da amostra (localização da sondagem ou poço de inspeção que deu origem ao material ensaiado, sendo que deve conter as coordenadas do ponto, a profundidade de retirada e o respectivo datum).**

#### 7.2.2 Massa Específica dos grãos ( $\rho_s$ )

A determinação da densidade dos sólidos dos rejeitos ensaiados deverá ser feita em conformidade com as definições da norma NBR 6458:2016 (ABNT, 2016).

A metodologia, em suma, consiste na determinação do volume de uma determinada massa de sólidos mediante o emprego de um picnômetro com água destilada e desaerada, no qual é adicionada a referida massa – sendo determinados o peso e o volume dos sólidos por meio de relações diferenciais simples.

O valor de  $G_s$  determinado a partir da média obtida dos resultados dos ensaios realizados deve ser expresso com três algarismos significativos, devendo ainda serem registrados, a **temperatura da água utilizada nos ensaios, a fórmula utilizada na determinação do  $G_s$ , as massas do picnômetro vazio, do picnômetro com água, e do picnômetro com água e com solo.**

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>29/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

Além disto a localização do ponto de retirada da amostra deve ser apresentada (localização da sondagem ou poço de inspeção que deu origem ao material ensaiado, sendo que deve conter as coordenadas do ponto, a profundidade de retirada e o respectivo *datum*).

### 7.2.3 Caracterização do teor de umidade natural (wnat)

Para a determinação do teor de umidade natural do solo (wnat) deve-se utilizar o método da secagem em estufa, conforme preconizado pela NBR 6457:2016 (ABNT, 2016).

O método consiste na determinação da massa úmida das amostras ensaiadas, após a qual procede-se a total secagem das mesmas em estufa até a estabilização da massa do material – indicativa da eliminação total da água do sistema (constância de massa). Mede-se então a massa das amostras secas e, por diferença de massa, determina-se a quantidade de água presente no material, expressando-se este teor em termos percentuais da massa seca.

Devem ser registrados, minimamente, com balança de precisão de 0,01 g, para as amostras ensaiadas:

- A massa úmida total ensaiada;
- A massa seca obtida;
- A massa de água obtida;
- O teor de umidade natural, wnat.

Além disto a localização do ponto de retirada da amostra deve ser apresentada (localização da sondagem ou poço de inspeção que deu origem ao material ensaiado, sendo que deve conter as coordenadas do ponto, a profundidade de retirada e o seu respectivo datum).

### 7.2.4 Limites de Atterberg

Os limites de Atterberg (consistência dos solos) são teores de umidade em que se definem, de forma empírica, a mudança de estado dos solos, conforme representado na Figura 7.1

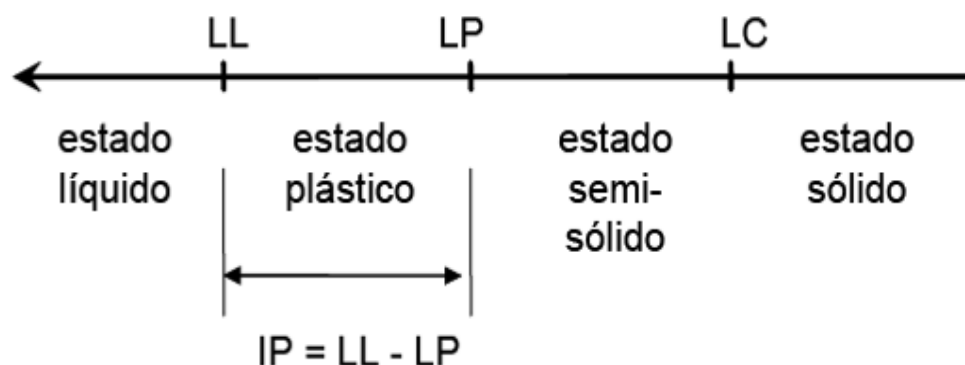



Figura 7.1 - Representação dos Limites de consistência.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>30/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

- Limite de Liquidez (LL): é o teor de umidade que indica a passagem do estado plástico para o estado líquido. Está relacionado com a capacidade do solo em absorver água.
- Limite de Plasticidade (LP): é o teor de umidade que indica a passagem do estado semi-sólido para o estado plástico.
- Índice de Plasticidade (IP): Mede a plasticidade dos solos e fisicamente representa a quantidade de água necessária para que um solo passe do estado plástico ao líquido. Mede-se também a tendência à expansão do solo. É calculado pela diferença entre LL e LP:

$$IP = LL - LP$$

Os procedimentos dos ensaios deverão ser realizados em conformidade com as normas ABNT NBR 7180/1984 e ABNT NBR 6459/1984.

#### 7.2.5 Teor de umidade natural

Deverão ser realizadas, no mínimo, 03 (três) determinações do teor de umidade por amostra, e os resultados obtidos deverão ser expressos com aproximação de 0,10%. A secagem do material deverá ser feita em estufa com temperatura entre 105 e 110°C até haver a constância de massa do material. Caso a secagem seja realizada de outra forma, esta deverá ser descrita, bem como o valor adotado, e a justificativa para tal.

### 7.3 ENSAIO ESPECIAIS



#### 7.3.1 Ensaio Triaxial – CIU

Está prevista a realização de ensaio triaxial do tipo adensado e não drenado (CIU) com saturação por contrapressão na fase inicial do ensaio até atingir o parâmetro de Skempton B de no mínimo 0,98. Neste tipo de ensaio, a drenagem do corpo de prova é permitida durante a aplicação da pressão confinante ( $\sigma_3$ ), até que o adensamento se processe completamente. Em seguida a tensão de desvio ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) é aplicada sem permissão da drenagem de água dos vazios do material. Sendo assim, são efetuadas medidas de variação da pressão neutra durante a fase de cisalhamento não drenado no ensaio.

O ensaio do tipo adensado não drenado (CIU) possibilita a determinação de parâmetros de resistência que melhor se aplicam a elaboração de análises de estabilidade em condições operacionais normais. Este ensaio representa a situação na qual o maciço apresenta-se em equilíbrio com as tensões aplicadas, e em seguida, ao ocorrer uma sollicitação rápida, sem a possibilidade de dissipação de novas pressões neutras geradas, ocorre à ruptura.

Os procedimentos de ensaio triaxial do tipo adensado não drenado (CIU) deverão ser realizados conforme normatização ASTM D4767 (2020) - Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils e recomendações apresentadas a seguir.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>31/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

As envoltórias de resistência serão definidas por 5 pontos: cada corpo-de-prova deverá ser adensado nas seguintes tensões confinantes para fundação: 75, 150, 300, 600 e 1200 kPa, respectivamente.

Além da confirmação dos parâmetros de resistência, os ensaios aqui solicitados têm como objetivo determinação dos parâmetros da curva de estado crítico (CSL) –  $\Gamma$  e  $\lambda$  – destes materiais e da obliquidade de estado crítico,  $M$ . Por isso, o critério de parada do ensaio, é quando o material atingir o estado crítico (variação de poropressão e de tensão desviadora constantes).

A seguir são apresentadas as principais especificações para a realização dos ensaios de compressão triaxial do tipo isotropicamente adensado e não drenado (CIU), devendo ser ainda obrigatoriamente consultadas as normas ISO 17892-9:2018 e ASTM D4767 – 11.

### 7.3.2 Água

A água empregada para a saturação das amostras a serem ensaiadas deverá ser preferencialmente desaerada mediante emprego de vácuo, fervimento ou técnica similar.

### 7.3.3 Pedra Porosa

Os discos porosos utilizados nas extremidades dos corpos de prova deverão ser capazes de promover a drenabilidade da amostra pelas duas extremidades. Os elementos deverão ser rígidos, de seção circular, com diâmetro semelhante ao do corpo de prova ensaiado e possuir massa inferior a 50,0 g e saturado.

Anteriormente à realização dos ensaios, os discos porosos deverão ser limpos por meio de escovamento e fervimento – ou técnica similar apresentada pelas normas relacionadas no presente documento.

### 7.3.4 Papel Filtro

O papel filtro empregado em contato com as pedras porosas e o corpo de prova ensaiado deverá seguir as especificações das normas relacionadas neste documento, possuindo coeficiente de permeabilidade não inferior a  $1,0 \times 10^{-5}$  cm/s sob a pressão normal de 550,0 kPa e estar saturado.

Caso seja necessária a aplicação de filtro lateral, deverão ser empregados filtros espirais.

### 7.3.5 Membrana Elástica

Os corpos de prova deverão ser confinados por uma membrana elástica de material com módulo de elasticidade ( $E_m$ ) de aproximadamente 1.400 kPa, conforme recomenda pela norma ISO 17892-9 (2018).

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>32/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

As membranas empregadas não deverão ser reutilizadas, devendo-se proceder com o seu descarte após a utilização no ensaio de um corpo de prova.

Deverão ser explicitados os valores do módulo Em e da espessura da parede (tm) da membrana elástica utilizada para a realização dos ensaios de compressão triaxial.

### 7.3.6 Moldagem do corpo de prova

Os corpos de prova serão talhados na direção vertical (topo-base) e apresentar, no mínimo 35 mm de diâmetro. Os corpos de prova devem ter 35 mm ou 50 mm de diâmetro e altura de 2,0 a 2,5 vezes o diâmetro, considerando que a maior partícula deve ser menor que 1/6 do diâmetro do corpo de prova.

Deverão ser caracterizados, minimamente, em momento imediatamente anterior à etapa de montagem dos corpos de prova no equipamento, os teores de umidade inicial das amostras ensaiadas ( $w_0$ ), os pesos dos corpos de prova, descontando-se a massa da membrana elástica ( $P_0$ ), a massa específica dos sólidos da amostra ensaiada ( $G_s$ ), o diâmetro inicial ( $D_0$ ) e a altura inicial ( $H_0$ ) dos corpos de prova.

Deverá ser apresentado pelo menos 3 medidas de cada característica geométricas do corpo de prova, sendo que a altura e o diâmetro da amostra será o resultado da média dessas três aferições.

Deverão ser feitos registros fotográficos, preferencialmente sobre fundo branco, dos corpos de prova moldados.

Os registros deverão ser feitos de modo a permitir o cálculo do índice de vazios com precisão da balança de 0,01.

### 7.3.7 Saturação do corpo de prova

A etapa de saturação dos corpos de prova deverá ser feita em conformidade com as recomendações das normas referenciadas no presente documento, devendo ser aplicada a carga hidráulica mínima possível aos corpos de prova, de modo a prevenir a ocorrência de adensamentos por fluxo.

O emprego da técnica de saturação por contrapressão deverá ser feito com etapas limitadas a incrementos de 25,0 kPa.

A saturação dos corpos de prova deverá ser garantida mediante a avaliação do parâmetro B de Skempton, – apresentado na Equação 7.1 – mediante o emprego da metodologia de aquisição elucidada nas normas relacionadas presente documento.

$$B \Delta u(\Delta \sigma_3)$$

Equação 7.1

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>33/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

O parâmetro B de Skempton deverá ser registrado previamente à realização de cada ciclo de aplicação de contrapressão, objetivando-se o valor de 1,00 para a garantia da saturação do corpo de prova.

Ensaio poderão ser realizados com o valor mínimo de B de 0,98, visto a necessidade de se garantir que as amostras possam ser utilizadas para a obtenção do estado crítico, a fase de saturação poderá ser finalizada após o atingimento do valor de B de 0,98, a estabilização do mesmo por três medições consecutivas, com precisão de 0,01.

### 7.3.8 Adensamento dos corpos de prova

O adensamento isotrópico dos corpos de prova deverá ser conduzido em conformidade com as normas referenciadas no presente documento, considerando-se finalizado o adensamento quando, minimamente, quando atendidas as seguintes condições:

- Deformação volumétrica do corpo de prova inferior a 0,1% do volume inicial por hora;
- Dissipação mínima dos acréscimos de poropressão de 98,0%.

Deverá ser registrada a deformação volumétrica dos corpos de prova em função do tempo decorrido ao longo dos ensaios de adensamento isotrópico, com explicitação da variação volumétrica do corpo de prova ( $\Delta V$ ) após a conclusão da etapa de ensaio.

### 7.3.9 Cisalhamento dos corpos de prova

A etapa de cisalhamento dos corpos de prova mediante a aplicação de tensão desviadora, deverá ser conduzida sob taxas de deformação axial vertical ( $\epsilon_a$ ) máximas em conformidade com as diretrizes normativas expostas nas normas referenciadas neste documento, de modo que se dê a adequada equalização das poropressões no interior dos corpos de prova.


Deverão ser registrados em intervalos máximos de deslocamento axial de  $1,0 \times 10^{-5}$  m as medições de tensão confinante total ( $\sigma_3$ ), tensão vertical total ( $\sigma_1$ ) e de variação de poropressão ( $\Delta u$ ) atuantes no corpo de prova ensaiado.

Os cisalhamentos dos corpos de prova deverão atingir o valor mínimo de  $\epsilon_a$  de 30,0% de  $H_0$ , devendo ainda ser garantidos ao longo de um incremento de deformação axial  $\Delta \epsilon_a$  de 3,0%:

- A estabilização das tensões efetivas desviatórias ( $\sigma'_d$ );
- A estabilização das poropressões ( $u$ ).

Considerando-se estabilização a não variação relativa ou absoluta das grandezas medidas ao longo do intervalo de leituras com  $\Delta \epsilon_a$  de 3,0% de fim de ensaio superior a 2,0 kPa.

### 7.3.10 Caracterização de fim de ensaio dos corpos de prova

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>34/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

Finalizada a etapa de cisalhamento dos corpos de prova, deverão ser fotografados e logo após, deveram ser feitas as seguintes aferições

- A altura final do corpo de prova (Hf);
- Teor de umidade final (wf) de 3 amostras retidas da parte central do corpo de prova – conforme recomendação nacional.

#### 7.3.11 Ensaio Triaxial – CID

Os ensaios aqui solicitados têm como objetivo determinação dos parâmetros de resitências.

Neste contexto, os referidos ensaios deverão ser realizados em amostras indeformadas Denison. Os ensaios deverão ser realizados sob as tensões confinantes de 75, 150, 300, 600 e 1200 kPa.

A seguir são apresentadas as principais especificações para a realização dos ensaios de compressão triaxial do tipo isotropicamente adensado e drenado (CID), devendo ser ainda obrigatoriamente consultadas as normas ISO 17892-9:2018 e ASTM D7181 – 20.

#### 7.3.12 Água

Replica-se, para este item, as considerações do item 7.3.2.

#### 7.3.13 Pedra porosa

Replica-se, para este item, as considerações do item 7.3.3.

#### 7.3.14 Papel filtro

Replica-se, para este item, as considerações do item 7.3.4.

#### 7.3.15 Membrana elástica

Replica-se, para este item, as considerações do item 7.3.5.

#### 7.3.16 Moldagem do corpo de prova

Os corpos de prova serão talhados na direção vertical (topo-base) e apresentar, no mínimo 35 mm de diâmetro. Os corpos de prova devem ter 35 mm ou 50 mm de diâmetro e altura de 2,0 a 2,5 vezes o diâmetro, considerando que a maior partícula deve ser menor que 1/6 do diâmetro do corpo de prova.

Deverão ser caracterizados, minimamente, em momento imediatamente anterior à etapa de montagem dos corpos de prova no equipamento, os teores de umidade inicial das amostras

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>35/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

ensaiadas ( $w_0$ ), os pesos dos corpos de prova, descontando-se a massa da membrana elástica ( $P_0$ ), a massa específica dos sólidos da amostra ensaiada ( $G_s$ ), o diâmetro inicial ( $D_0$ ) e a altura inicial ( $H_0$ ) dos corpos de prova.

Deverá ser apresentado pelo menos 3 medidas de cada característica geométricas do corpo de prova, sendo que a altura e o diâmetro da amostra será o resultado da média dessas três aferições.

Deverão ser feitos registros fotográficos, preferencialmente sobre fundo branco, dos corpos de prova moldados.

Os registros deverão ser feitos de modo a permitir o cálculo do índice de vazios com precisão da balança de 0,01.

Deverão ser caracterizados, minimamente, em momento imediatamente anterior à etapa de saturação dos corpos de prova, o teor de umidade inicial da amostra ensaiada ( $w_0$ ), os pesos dos corpos de prova, descontando-se a massa da membrana elástica ( $P_0$ ), da densidade dos sólidos da amostra ensaiada ( $G_s$ ), do diâmetro inicial ( $D_0$ ) e da altura inicial ( $H_0$ ) dos corpos de prova.

Deverão ser feitos registros fotográficos, preferencialmente sobre fundo branco, dos corpos de prova moldados.

Os registros deverão ser feitos de modo a permitir o cálculo do índice de vazios com precisão de 0,01.

#### 7.3.17 Saturação do corpo de prova



Replica-se, para este item, as considerações do item 7.3.6.1.

#### 7.3.18 Adensamento dos corpos de prova

Replica-se, para este item, as considerações do item 7.3.6.2.

#### 7.3.19 Cisalhamento dos corpos de prova

A etapa de cisalhamento dos corpos de prova mediante a aplicação de tensão desviatória deverá ser conduzida sob taxas de deformação axial vertical ( $\epsilon_a$ ) máximas em conformidade com as diretrizes normativas expostas nas normas referenciadas neste documento, de modo que se dê a adequada equalização das poropressões no interior dos corpos de prova.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>36/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

Deverão ser registrados em intervalos máximos de  $\epsilon_a$  de  $1,0 \times 10^{-5}$  m as medições de tensão confinante total ( $\sigma_3$ ), tensão vertical total ( $\sigma_1$ ) e de deformação volumétrica ( $\epsilon_a$ ) atuantes no corpo de prova ensaiado.

Os cisalhamentos dos corpos de prova deverão atingir o valor mínimo de  $\epsilon_a$  de 30,0% de  $H_0$ , devendo ainda ser garantidos ao longo de um incremento de deformação axial  $\Delta\epsilon_a$  de 3,0%:

- A estabilização das tensões efetivas desviatórias ( $\sigma'_d$ );
- A estabilização das deformações volumétricas ( $\epsilon_v$ ).

Considerando-se estabilização a não variação relativa ou absoluta das grandezas medidas ao longo do intervalo de leituras com  $\Delta\epsilon_a$  de 3,0% de fim de ensaio superior a 2,0 kPa.

#### 7.3.20 Caracterização de fim de ensaio dos corpos de prova

Replica-se, para este item, as considerações do item 7.3.6.4.

#### 7.3.21 Recomendações adicionais

Recomenda-se a adoção de procedimentos de lubrificação dos contatos entre o corpo de prova e base ou *cap* da câmara de compressão triaxial com o intuito de minimizar o atrito na superfície, minimizando a possibilidade de ocorrência de deformações localizadas.

A lubrificação da base e do *cap* pode ser obtida por um conjunto constituído de 2 discos vazados de membrana de látex (a mesma membrana usada para revestir a amostra) preenchidas internamente com uma fina camada de graxa de silicone. Este procedimento pode ser adotado em bases ou *caps* que possuam uma pedra porosa do mesmo diâmetro do corpo de prova.

Adicionalmente é recomendável a utilização de base e *cap* com diâmetros ligeiramente superiores ao da amostra (aproximadamente 5,0 mm).



#### 7.3.22 Relatórios de ensaios

Os relatórios de ensaio deverão ser entregues em formato de planilha eletrônica editável do Microsoft Excel (.xlsx), com etapas de ensaio preferencialmente segregadas por abas.

Deverão ser conduzidos registros fotográficos dos corpos de prova ensaiados após a finalização das etapas de moldagem, saturação, adensamento e cisalhamento. Os referidos registros deverão ser entregues anexos aos relatórios de ensaio e em formato de imagem eletrônica (.jpg, .png, .tiff ou similar).

Os resultados a serem apresentados pelo laboratório devem conter, para cada tensão confinante, uma tabela com as variações de deformação axial, de variação de pressão neutra



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>37/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

e acréscimo de tensão axial para os vários instantes em que forem efetuadas as medidas; a envoltória de Mohr-Coulomb, em termos de tensões totais e efetivas; o gráfico p versus q para tensões totais e efetivas; a curva tensão desviadora-deformação axial; a curva variação de pressão neutra-deformação-deformação axial; os índices físicos dos materiais, a condição de moldagem e as características geométricas do corpo de prova; e uma foto do corpo de prova antes e após ruptura. Os procedimentos do ensaio devem atender o preconizado neste documento e nas normativas ASTM-D4767 e ISO 17892-9:2018. Em especial, ressaltam-se os seguintes:

- O tempo de 50% de consolidação;
- O critério de ruptura utilizado;
- O valor da diferença da tensão desvio na ruptura, (indicando quando valores tiverem sido corrigidos pelos efeitos devido à membrana, tiras de papel filtro, ou ambos);
- Deformação axial na ruptura em porcentagem;
- Taxa de deformação, porcentagem por minuto;
- Teor de umidade da amostra após a fase de cisalhamento;

Indicação de condições não usuais, tais como: planos de ruptura, estratificação, pedregulhos, raízes ou outra qualquer informação necessária para a interpretação adequada dos resultados, incluindo os desvios do procedimento delineado pela respectiva norma. Os ensaios devem prosseguir até se atingir o estado crítico (variação de poropressão e tensão desviadora constantes).

**Além disto a locação do ponto de retirada da amostra deve ser apresentada (locação da sondagem ou poço de inspeção que deu origem ao material ensaiado, sendo que deve conter as coordenadas do ponto, a profundidade de retirada e o respectivo datum.**



### 7.3.23 Permeabilidade

Os corpos de prova deverão ser talhados a partir da amostra Denison na direção topo-base.

A utilização de um ensaio de permeabilidade a carga constante (segundo a NBR 13292:1995 “Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante - Metodo de ensaio”) ou carga variável (segundo a NBR 14545:2000 “Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável”) é definida pela granulometria da amostra. Recomenda-se que solos com coeficientes de permeabilidade menores do que  $10^{-3}$  cm/s sejam ensaiados pelo método à carga variável.

Desta forma, os ensaios de permeabilidade deverão ser realizados necessariamente após os ensaios de caracterização, onde houve o conhecimento da granulometria do material amostrado.

Os resultados terão que apresentar: o coeficiente de permeabilidade  $K_{médio}$ , referente à temperatura da água na realização do ensaio, o coeficiente de permeabilidade  $K_{20°C}$  médio, referente à temperatura de 20°C, ambos expressos de forma exponencial e em cm/s, as características geométricas do corpo de prova e do permeâmetro utilizado, os índices físicos

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>38/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

da amostra, o volume de água percolado e a variação da altura do corpo de prova, do K<sub>20</sub>°C, e do K (coeficiente de permeabilidade) para os vários instantes em que forem efetuadas as medidas.

Além desses dados, no caso do ensaio de permeabilidade a carga constante, deverão ser apresentados os valores de em<sub>áx</sub> e em<sub>ín</sub>, e a compacidade relativa, como prescrito na NBR 16843:2020 “Solo — Determinação do índice de vazios mínimo de solos não coesivos” e na NBR 16840:2020 “Solo — Determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos”. Nas amostras de ensaio a carga variável, deverão ser realizados ensaios de permeabilidade na direção vertical (K<sub>v</sub>), e ensaios de permeabilidade na direção paralela à compactação (K<sub>h</sub>).

Além disto a locação do ponto de retirada da amostra deve ser apresentada (locação da sondagem ou poço de inspeção que deu origem ao material ensaiado, sendo que deve conter as coordenadas do ponto, a profundidade de retirada e o respectivo datum).

#### 7.3.24 Adensamento Oedométrico Unidimensional

##### 7.3.24.1 Ensaio Inundado com medição de permeabilidade

Os corpos de prova deverão ser ensaiados para as amostras selecionadas da área da magnetita e no rejeito.

Cada corpo de prova deverá ser submetido a 12 estágios de carregamento e descarregamento, sendo as pressões especificadas: 12,5 / 25 / 50 / 100 / 200 / 400 / 800 / 1600 kPa, para carregamento; e 1600 / 800 / 400 / 200 kPa, para descarregamento.

Cada aplicação de incremento de carga deverá ocorrer em um intervalo de tempo não superior a dois segundos, e sem impacto significativo.

A inundação do corpo de prova deverá ocorrer desde a primeira etapa de carregamento (tensão de 12,5 kPa). Recomenda-se deixar o corpo de prova inundado pelo menos 24 horas antes de iniciar o ensaio, para assegurar um alto grau de saturação. Algumas amostras da fundação serão escolhidas para a avaliação da colapsidade do solo, e deverão ser inundadas a partir da tensão de 200 kPa.

A permeabilidade deve ser determinada em cada um dos incrementos de tensão vertical aplicada. Deve-se apresentar a variação da permeabilidade com a variação de tensão, a fim de simular as etapas de alteamento/construção da pilha.

Os resultados conterão uma curva semi-logarítmica do índice de vazios versus tensão vertical, indicando o índice de vazios inicial, a pressão de pré-adensamento, o índice de compressão (C<sub>c</sub>) e descarregamento (C<sub>r</sub>), a condição do ensaio (sem inundação ou inundado), a curva do coeficiente de adensamento (C<sub>v</sub>) em função do logaritmo da pressão média no estágio e a curva logaritmo do coeficiente de permeabilidade em função do índice de vazios.



		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2</b> <b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS</b> <b>COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>39/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

Deverá ser apresentada também a curva de deslocamento (altura do corpo de prova) versus logaritmo do tempo para cálculo de Cv pelo método Casagrande em cada estágio ou a curva deslocamento versus raiz do tempo para cálculo de Cv pelo método de Taylor em cada estágio, as características geométricas da amostra e do anel de adensamento, os índices físicos da amostra iniciais e finais, vem como uma tabela com as variações de tensão vertical, de altura do corpo de prova, do índice de vazios, t90 ou t50, dependendo do método de cálculo de Cv, e dos coeficientes de variação volumétrica (mv), de compressibilidade (av), de adensamento (Cv) e de permeabilidade (k). Os procedimentos do ensaio devem atender o preconizado na norma NBR 12007.

**Além disso, a locação do ponto de retirada da amostra deve ser apresentada (locação da sondagem ou poço de inspeção que deu origem ao material ensaiado, sendo que deve conter as coordenadas do ponto, a profundidade de retirada e o respectivo datum).**

#### 7.3.24.2 Ensaio não inundado



O ensaio não inundado deve ser realizado com as mesmas especificações técnica do ensaio inundando, conforme mostrado no item anterior, no entanto, não se deve submeter o corpo de prova a fase de inundação.

## 8 QUANTITATIVO

Este item apresenta um resumo das quantidades especificadas para o programa de investigações geológico-geotécnicas complementares a ser realizado da Pilha PDM-2. As quantidades foram divididas de acordo com a fase de execu o das sondagens: se após supressão vegetal da fase inicial (Tabela 8.1) ou após a supressão vegetal da fase final (Tabela 8.2).

Tabela 8.1 – Quantitativo da campanha complementar – Fase inicial

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
<b>1</b>	<b>Sondagens e ensaios de campo</b>		
1.1	Mobiliza�o e desmobiliza�o de equipe/equipamento	verba	1
1.2	Sondagens Mistas, com SPT a cada metro e ensaios de infiltra�o de 5 em 5 metros	m	~210
1.3	Ensaio de infiltra�o	unid.	~42
<b>2</b>	<b>Amostragem<sup>(1)</sup></b>		
2.1	Coleta de amostra indeformada tipo Denison	unid.	4
<b>3</b>	<b>Ensaio de laboratório</b>		
3.1	Granulometria Completa (peneiramento e sedimenta�o)	unid.	2
3.2	Massa Específica Real dos Grãos	unid.	2
3.3	Massa Específica – Balança Hidrostática	unid.	2
3.4	Limites de Consistência (LL + LP)	unid.	2
3.5	Teor de umidade natural	unid.	2
3.6	Triaxial CIU	unid.	2
3.7	Triaxial CID	unid.	2

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT</b> <b>PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2</b> <b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS</b> <b>COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>40/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
3.7	Ensaio de adensamento	unid.	2
3.8	Ensaio de Permeabilidade	unid.	2

**Notas:**

(1) **Salienta-se que as amostras NÃO deverão ser descartadas antes da avaliação dos resultados dos ensaios. Os blocos deverão ser armazenados de forma a manter as propriedades o mais próximo das condições de campo.**

(2) **Os quantitativos aqui apresentados são apenas estimativas e estes serão revisados caso necessidade de campo;**

Tabela 8.2 – Quantitativo da campanha complementar – Fase final

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
<b>1</b>	<b>Sondagens e ensaios de campo</b>		
1.1	Mobilização e desmobilização de equipe/equipamento	verba	1
1.2	Sondagens Mistas, com SPT a cada metro e ensaios de infiltração de 5 em 5 metros	m	~230
1.3	Ensaio de infiltração	unid.	~46
<b>2</b>	<b>Amostragem<sup>(1)</sup></b>		
2.1	Coleta de amostra indeformada tipo Denison	unid.	14
<b>3</b>	<b>Ensaio de laboratório</b>		
3.1	Granulometria Completa (peneiramento e sedimentação)	unid.	7
3.2	Massa Específica Real dos Grãos	unid.	7
3.3	Massa Específica – Balança Hidrostática	unid.	7
3.4	Limites de Consistência (LL + LP)	unid.	7
3.5	Teor de umidade natural	unid.	7
3.6	Triaxial CIU	unid.	7
3.7	Triaxial CID	unid.	7
3.7	Ensaio de adensamento	unid.	7
3.8	Ensaio de Permeabilidade	unid.	7

**Notas:**


(1) **Salienta-se que as amostras NÃO deverão ser descartadas antes da avaliação dos resultados dos ensaios. Os blocos deverão ser armazenados de forma a manter as propriedades o mais próximo das condições de campo.**

(2) **Os quantitativos aqui apresentados são apenas estimativas e estes serão revisados caso necessidade de campo;**

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para efeito de bom andamento dos trabalhos, a Walm ressalta os seguintes tópicos:

- A execução dos levantamentos pelos métodos aqui propostos deverá ser feito por empresas especializadas, com operadores treinados, tecnologia moderna e expressiva experiência em investigações geotécnicas de materiais. Torna-se imperativo, além disso, que a CONTRATADA tenha total disponibilidade para o cumprimento dos

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>41/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

cronogramas estipulados, no que tange o cumprimento dos prazos de execução da campanha de investigações, acordados entre a CONTRATANTE e a CONTRATADA. Para tanto, a CONTRATADA deverá fornecer à CONTRATANTE/PROJETISTA, previamente à execução dos ensaios, um cronograma físico das etapas de trabalho, para acompanhamento;

- Todas as leituras e resultados de ensaios deverão ser entregues em meio físico e em meio eletrônico. Os resultados deverão ser fornecidos sob a forma de relatório, com dados organizados em forma de tabelas e gráficos;
- Os furos de sondagem deverão ser marcados em campo utilizando GPS de alta precisão e/ou outros métodos topográficos que garantam a boa qualidade do georreferenciamento de campo. No databook deverão ser indicadas as coordenadas com a elevação, bem como o datum adotado no momento da locação dos pontos.
- Todas as quantidades e dimensões que constam nesta Especificação Técnica são valores de referência, destinados à composição de custos e contratação de terceiros pela CONTRATANTE. Quaisquer modificações de ordem técnica que porventura sejam necessárias ao bom andamento dos trabalhos, seja na etapa de contratação ou na etapa de execução, deverão ser comunicadas e acordadas com a equipe elaboradora deste documento;
- Ressalta-se ainda que essa Especificação levou em consideração que a execução das sondagens será acompanhada por Engenheiro Geotécnico ou Geólogo, membro equipe técnica da Walm, podendo ser auxiliado pela equipe técnica da MOSAIC;
- Os casos omissos ou que por ventura venham a trazer dúvidas em relação à execução de qualquer atividade de campo deverão ser consultados com a PROJETISTA.
- Salienta-se que esta Especificação Técnica poderá ser complementada caso seja necessário, de acordo com a visão técnica da PROJETISTA. Além disso, as quantidades especificadas aqui também poderão sofrer variações e são, portanto, estimativas.



## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials – ASTM. 2011. Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils. ASTM D4767. West Coshohocken, PA.

American Society for Testing and Materials – ASTM. 2016. Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table. ASTM D4253. West Coshohocken, PA.

American Society for Testing and Materials – ASTM. 2016. Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density. ASTM D4254. West Coshohocken, PA.

American Society for Testing and Materials – ASTM. 2020. Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils. ASTM D7181. West Coshohocken, PA.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>42/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1997. Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem - Procedimento. NBR 9820. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2016. Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. NBR 6457. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2016. Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. NBR 6458. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2016. Solo — Determinação do limite de plasticidade. NBR 7180. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2017. Solo - Determinação do limite de liquidez. NBR 6459. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2018. Solo - Análise granulométrica. NBR 7181. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2020. Solo — Ensaio de adensamento unidimensional. NBR 16853. Rio de Janeiro, RJ.

Head, K. H. (1998). Manual of soil laboratory testing. v.3. John Wiley & Sons, Chirchester, UK.

International Organization for Standardization – ISO. 2018. Geotechnical Investigation and Testing – Laboratory Testing of Soil – Part 9: Consolidated Triaxial Compression Tests on Water Saturated Soil. ISO 17892-9. Genebra, CH.

Jefferies, M.G., e Been, K. (2016). Soil liquefaction – a critical state approach. CRC Press, Boca Raton, FL.

Schnaid, F. (2020). The Ninth James K. Mitchell Lecture: On The Geomechanics and Geocharacterization of Tailings. In 6th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization. Budapeste, HU.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>43/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>

## APÊNDICE A – DESENHOS

Tabela A.1 – Quadro dos documentos de locação das Investigações geológico-geotécnicas complementares propostas.

Nº WALM	TÍTULO
WA02821014-1-GT-DES-0005	PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNÉTITA 2 - PDM 2 PLANO DE INVESTIGAÇÃO COMPLEMENTAR PLANTA

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA-CMT</b>	
<b>PROJETO DETALHADO COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT PILHA DE MAGNETETITA 2 - PDM 2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE ENSAIOS COMPLEMENTARES</b>		Nº MOSAIC: -	FOLHA <b>44/44</b>
		Nº WALM: <b>WA02821014-1-GT-ETC-0002</b>	REV. <b>0</b>




---

Rua Antônio de Albuquerque, 156, 13º andar, Funcionários.  
 30112-010 – Belo Horizonte - MG  
 Tel.: (31) 3234-4003 / 3324-4003  
[www.walmengenharia.com.br](http://www.walmengenharia.com.br)



## COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT

PROJETO EXECUTIVO  
COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA - CMT  
PILHA DE MAGNETITA - PDM 2  
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC

PÁGINA

1/2

Nº WALM

REV.

WA02821014-1-GT-PQT-0001

0

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE	PREÇO	
				UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$) Considerando Inflação para 2022
<b>1</b>	<b>OBRAS CIVIS, TERRAPLENAGEM, DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO</b>				
<b>1.1</b>	<b>INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE OBRAS / INSTALAÇÕES DEFINITIVAS</b>				
<b>1.1.1</b>	<b>MOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS</b>				
1.1.1.1	Mobilização de pessoal e equipamentos	vb	1,00		
<b>1.2</b>	<b>DESMOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS</b>				
1.2.1	Desmobilização de pessoal e equipamentos	vb	1,00		
<b>2</b>	<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>				
<b>2.1</b>	<b>SUPRESSÃO VEGETAL - FASE INICIAL - (VER NOTA 1 E 2) WA02821014-1-GT-DES-0006</b>				
2.1.1	Supressão com remoção de vegetação arbórea para a área de depósito - DMT até 1000 m (Ver Nota 9) - (Área: 141496,44 m²)	unitário	2.000,00		
2.1.2	Supressão vegetal, destocamento e limpeza de vegetação rasteira para área de depósito - DMT até 1000m	m²	202.884,85		
<b>2.2</b>	<b>SUPRESSÃO VEGETAL - FASE FINAL - (VER NOTA 1 E 2) WA02821014-1-GT-DES-0007</b>				
2.2.1	Supressão com remoção de vegetação arbórea para a área de depósito - DMT até 1000 m (Ver Nota 9) - (Área: 120755,96 m²)	unitário	2.000,00		
2.2.2	Supressão vegetal, destocamento e limpeza de vegetação rasteira para área de depósito - DMT até 1000m	m²	95.099,51		
<b>2.3</b>	<b>LIMPEZA DE TERRENO - REMOÇÃO DE TOP SOIL/SOLOS MOLES (VER NOTA 3 A 6) - FASE INICIAL WA02821014-1-GT-DES-0009 WA02821014-1-GT-DES-0011 WA02821014-1-GT-DES-0012 WA02821014-1-GT-DES-0013</b>				
2.3.1	Escavação, carga e transporte de camada de 1º categoria para a área de depósito - DMT até 1000m (Ver Nota 1, 2 e 3) - VOLUME ESCAVAÇÃO DE SOLO MOLE	m³	532.245,11		
2.3.2	Escavação, carga e transporte de camada de 2º categoria para a área de depósito - DMT até 1000m (Ver Nota 1, 2 e 3) - VOLUME ESCAVAÇÃO DE SOLO MOLE	m³	133.061,28		
2.3.3	Bota fora - Camada de 1º Categoria (Ver Nota 6)	m³	665.306,39		
2.3.4	Bota fora - Camada de 2º Categoria (Ver Nota 6)	m³	166.326,60		
2.3.5	Momento extraordinário de transporte da camada de 1º categoria	m³ x km	1.197.551,50		
2.3.6	Momento extraordinário de transporte da camada de 2º categoria	m³ x km	299.387,88		
<b>2.4</b>	<b>LIMPEZA DE TERRENO - RETIRADA DE MAGNETITA (VER NOTA 3 A 6) - FASE INICIAL WA02821014-1-GT-DES-0008 WA02821014-1-GT-DES-0010</b>				
2.4.1	Escavação, carga e transporte de camada de 1º categoria para a área de depósito - DMT até 1000m (Ver Nota 1, 2 e 3) - VOLUME ESCAVAÇÃO DE MAGNETITA	m³	2.705.370,61		
2.4.3	Momento extraordinário de transporte da magnetita - Material a ser transportado para Baragem BR	m³ x km	2.705.370,61		
<b>2.5</b>	<b>LIMPEZA DE TERRENO - REMOÇÃO DE TOP SOIL/SOLOS MOLES (VER NOTA 3 A 6) - FASE FINAL WA02821014-1-GT-DES-0012 REV A LIMPEZA E TRATAMENTO - Final</b>				
2.5.1	Escavação, carga e transporte de camada de 1º categoria para a área de depósito - DMT até 1000m (Ver Nota 1, 2 e 3) - VOLUME ESCAVAÇÃO DE SOLO MOLE	m³	578.751,08		
2.5.2	Escavação, carga e transporte de camada de 2º categoria para a área de depósito - DMT até 1000m (Ver Nota 1, 2 e 3) - VOLUME ESCAVAÇÃO DE SOLO MOLE	m³	144.687,77		
2.5.3	Bota fora - Camada de 1º Categoria (Ver Nota 6)	m³	723.438,85		
2.5.4	Bota fora - Camada de 2º Categoria (Ver Nota 6)	m³	180.859,71		
2.5.5	Momento extraordinário de transporte da camada de 1º categoria	m³ x km	1.302.189,93		
2.5.6	Momento extraordinário de transporte da camada de 2º categoria	m³ x km	325.547,48		
<b>3.0</b>	<b>REATERRO DE FUNDAÇÃO WA02821014-1-GT-DES-0026 WA02821014-1-GT-DES-0027</b>				
<b>3.1</b>	<b>REATERRO DA PILHA - FASE INICIAL</b>				
3.1.1	Reaterro Compactado de Magnetita - GC = 98%	m³	2.097.552,66		
<b>3.2</b>	<b>REATERRO DA PILHA - FASE FINAL</b>				
3.2.1	Reaterro Compactado de Magnetita - GC = 98%	m³	98.591,85		
<b>3.3</b>	<b>ATERRO DA PILHA</b>				
<b>3.3.1</b>	<b>COMPACTAÇÃO DA PILHA - FASE INICIAL</b>				
3.1.1.1	Aterro Compactado de Magnetita - GC = 98%	m³	8.094.683,56		
<b>3.3.2</b>	<b>COMPACTAÇÃO DA PILHA - FASE FINAL</b>				
3.2.1	Aterro Compactado de Magnetita - GC = 98%	m³	7.500.993,80		
<b>4</b>	<b>DRENAGEM INTERNA - DESENHOS: WA a WA WA02821014-1-GT-DES-0028 WA02821014-1-GT-DES-0029 WA02821014-1-GT-DES-0030WA02821014-1-GT-DES-0031</b>				
<b>4.1</b>	<b>DRENOS DE FUNDO</b>				
<b>4.1.1</b>	<b>DRENOS DE FUNDO E FECHAMENTO DE PÉ - DN - 01 - FASE INICIAL</b>				
4.1.1.1	Fornecimento e aplicação de areia média a grossa	m³	1.720,00		
4.1.1.2	Fornecimento e aplicação de brita 0	m³	1.299,00		
4.1.1.3	Fornecimento e aplicação de brita 3	m³	878,00		
4.1.1.4	Fornecimento e aplicação de enrocamento (D50 = 250 mm)	m³	519,00		
<b>4.1.2</b>	<b>DRENOS DE FUNDO E FECHAMENTO DE PÉ - DN - 02 - FASE INICIAL</b>				
4.1.2.1	Fornecimento e aplicação de areia média a grossa	m³	644,00		
4.1.2.2	Fornecimento e aplicação de brita 0	m³	419,00		
4.1.2.3	Fornecimento e aplicação de brita 3	m³	201,00		
<b>4.1.3</b>	<b>DRENOS DE FUNDO E FECHAMENTO DE PÉ - DN - 03 - FASE FINAL</b>				
4.1.3.1	Fornecimento e aplicação de areia média a grossa	m³	444,00		
4.1.3.2	Fornecimento e aplicação de brita 0	m³	250,00		
4.1.3.3	Fornecimento e aplicação de brita 3	m³	60,00		
<b>4.1.4</b>	<b>DRENOS DE FUNDO E FECHAMENTO DE PÉ DN - 04 - FASE FINAL</b>				



4.1.4.1	Fornecimento e aplicação de areia média a grossa	m³	342,00		
4.1.4.2	Fornecimento e aplicação de brita 0	m³	193,00		
4.1.4.3	Fornecimento e aplicação de brita 3	m³	46,00		
<b>5</b>	<b>INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA WA02821014-1-GT-DES-0032 WA02821014-1-GT-DES-0033 WA02821014-1-GT-DES-0035 WA02821014-1-GT-DES-0036 WA02821014-1-GT-DES-0037</b>				
<b>5.1</b>	<b>INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA - FASE INICIAL</b>				
5.1.3	Instalação do indicador de nível d' água - (Primeira fase 259,67 m)	un.	7,00		
<b>5.2</b>	<b>PIEZÔMETRO CASAGRANDE - FASE INICIAL</b>				
5.2.3	Instalação do Piezômetro - (Primeira fase: 296,57)	un.	10,00		
<b>5.3</b>	<b>MARCO SUPERFICIAL - FASE INICIAL</b>				
5.3.1	Fornecimento e Instalação de marco superficial	un.	8,00		
<b>5.4</b>	<b>MEDIDOR DE VAZÃO - FASE INICIAL</b>				
5.4.1	Fornecimento e Instalação de medidor de vazão	un.	2,00		
<b>5.5</b>	<b>INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA - FASE FINAL</b>				
5.5.3	Instalação do indicador de nível d' água - (Fase final: 257,82m)	un.	4,00		
<b>5.6</b>	<b>PIEZÔMETRO CASAGRANDE - FASE FINAL</b>				
5.6.3	Instalação do Piezômetro - (Fase Final: 271,89m)	un.	3,00		
<b>5.7</b>	<b>MARCO SUPERFICIAL - FASE FINAL</b>				
5.7.1	Fornecimento e Instalação de marco superficial	un.	13,00		
<b>5.8</b>	<b>MEDIDOR DE VAZÃO - FASE FINAL</b>				
5.8.1	Fornecimento e Instalação de medidor de vazão	un.	2,00		
<b>6</b>	<b>SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL</b>				
<b>6.1</b>	<b>ETAPA INICIAL</b>				
<b>6.1.1</b>	<b>CANALETAS DE BERMA</b>				
<b>6.1.2.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.2.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	6.368,88		
6.1.2.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	6.368,88		
6.1.2.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	9.098,40		
<b>6.1.1.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.1.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	15.268,32		
6.1.1.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	181.561,54		
6.1.1.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	301,30		
6.1.1.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	2.400,74		
6.1.1.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	489,90		
6.1.1.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 20cm)	m	489,90		
<b>6.1.2</b>	<b>CANALETA DE BERMA CBP-01</b>				
<b>6.1.2.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.2.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	718,64		
6.1.2.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	718,64		
6.1.2.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	1.616,94		
<b>6.1.2.2</b>	<b>PEDRA ARGAMASSADA</b>				
6.1.2.2.1	Revestimento em pedra argamassada, fornecimento e aplicação - e = 0,20 m, D50 = 0,10 m	m²	1.616,94		
<b>6.1.3</b>	<b>CANALETAS DE RAMPA</b>				
<b>6.1.2.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.2.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	412,06		
6.1.2.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	412,06		
6.1.2.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	274,71		
<b>6.1.3.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.3.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	132,30		
6.1.3.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	16.932,93		
6.1.3.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	27,93		
6.1.3.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	210,21		
6.1.3.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	41,65		
6.1.3.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 20cm)	m	41,65		
<b>6.1.4</b>	<b>CANAL PERIFÉRICO CPP-01 E DESCIDA DE ÁGUA - DAP-01</b>				
<b>6.1.4.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.4.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	10.402,00		
6.1.4.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - (Ver nota 10)	m³ x km	10.402,00		
6.1.4.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	1.365,00		
<b>6.1.3.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.3.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	5.015,20		
6.1.3.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	65.856,11		
6.1.3.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	97,95		
6.1.3.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	1.058,65		
6.1.3.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	184,60		
6.1.3.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 20cm)	m	184,60		
<b>6.1.5</b>	<b>DESCIDA DE ÁGUA - DD-03</b>				
<b>6.1.5.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.5.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	338,54		
6.1.5.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	338,54		
6.1.5.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	244,70		
<b>6.1.5.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.5.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	865,00		
6.1.5.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	8.650,00		
6.1.5.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	4,00		
6.1.5.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	209,00		



6.1.5.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	24,00		
6.1.5.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	24,00		
<b>6.1.6</b>	<b>DESCIDA DE ÁGUA - DD-05 E CAIXA 04</b>				
<b>6.1.6.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.6.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	111,99		
6.1.6.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	111,99		
6.1.6.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	113,20		
<b>6.1.6.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.6.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	379,00		
6.1.6.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	2.922,00		
6.1.6.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	2,00		
6.1.6.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	73,00		
6.1.6.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	8,00		
6.1.6.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	8,00		
<b>6.1.7</b>	<b>DESCIDA DE ÁGUA - DD-06</b>				
<b>6.1.7.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.7.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	41,49		
6.1.7.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 1	m³ x km	41,49		
6.1.7.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	25,08		
<b>6.1.7.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.7.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	97,00		
6.1.7.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	1.098,00		
6.1.7.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	2,00		
6.1.7.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	20,00		
6.1.7.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	3,00		
6.1.7.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	3,00		
<b>6.1.8</b>	<b>CANAL PERIFÉRICO - CP-01 E CAIXA 01 E CAIXA 02</b>				
<b>6.1.8.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.8.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	8.234,00		
6.1.8.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	8.234,00		
6.1.8.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	2.674,90		
<b>6.1.8.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.8.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	7.601,00		
6.1.8.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	94.013,00		
6.1.8.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	153,00		
6.1.8.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	1.602,00		
6.1.8.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	345,00		
6.1.8.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	345,00		
<b>6.1.9</b>	<b>CANAL PERIFÉRICO - CP-02 E CAIXA 03</b>				
<b>6.1.9.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.9.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	7.179,06		
6.1.9.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	7.179,06		
6.1.9.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	2.490,93		
<b>6.1.9.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.9.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	6.656,00		
6.1.9.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	87.402,00		
6.1.9.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	130,00		
6.1.9.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	1.405,00		
6.1.9.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	245,00		
6.1.9.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	245,00		
<b>6.1.10</b>	<b>CANAL PERIFÉRICO - CP-03 E CAIXA 05 E CAIXA 06</b>				
<b>6.1.10.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.10.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	537,14		
6.1.10.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	537,14		
6.1.10.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	189,59		
<b>6.1.10.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.10.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	873,00		
6.1.10.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	8.987,00		
6.1.10.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	10,00		
6.1.10.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	152,00		
6.1.10.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	24,00		
6.1.10.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	24,00		
<b>6.1.11</b>	<b>CANAL PERIFÉRICO - CP-04 E GALERIA TRIPLA</b>				
<b>6.1.11.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.11.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	57.008,82		
6.1.11.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	57.008,82		
6.1.11.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	14.807,84		
<b>6.1.11.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.1.11.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	13.357,00		
6.1.11.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	481.791,00		
6.1.11.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	617,00		
6.1.11.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	4.951,00		
6.1.11.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	840,00		
6.1.11.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	840,00		
<b>6.1.12</b>	<b>CANAleta CP CORREIA</b>				
<b>6.1.12.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				

6.1.12.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	12.862,70		
6.1.12.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	12.862,70		
6.1.12.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	3.839,44		
<b>6.1.12.2</b>	<b>MATERIAL REAPROVEITADO DA TRANSPORTADORA</b>				
6.1.12.2.1	Revestimento com o material reaproveitado da transportadora, fornecimento e aplicação	m²	3.839,44		
<b>6.1.13</b>	<b>SUMP 1 - CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS - FASE FINAL</b>				
<b>6.1.12.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.12.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria - DMT até 1000m	m³	704.407,49		
6.1.12.1.2	Momento extraordinário de transporte de material de 1ª categoria - Ver nota 10	m³ x km	704.407,49		
6.1.12.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	41.456,61		
<b>6.1.13</b>	<b>SUMP 2 - CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS - FASE FINAL</b>				
<b>6.1.13.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.13.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria - DMT até 1000m	m³	28.228,89		
6.1.13.1.2	Momento extraordinário de transporte de material de 1ª categoria - Ver nota 10	m³ x km	28.228,89		
6.1.13.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	3.979,10		
<b>6.1.14</b>	<b>SUMP 3 - CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS - FASE FINAL</b>				
<b>6.1.14.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.1.14.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria - DMT até 1000m	m³	30.269,46		
6.1.14.1.2	Momento extraordinário de transporte de material de 1ª categoria - Ver nota 10	m³ x km	30.269,46		
6.1.14.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	3.089,78		
<b>6.2</b>	<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>6.2.1</b>	<b>CANALETAS DE BERMA</b>				
<b>6.2.3.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.2.3.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	5.046,72		
6.2.3.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - (Ver nota 10)	m³ x km	5.046,72		
6.2.3.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	9.999,60		
<b>6.2.1.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.2.1.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	17.923,68		
6.2.1.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	213.137,46		
6.2.1.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	353,70		
6.2.1.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	2.818,26		
6.2.1.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	575,10		
6.2.1.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 20cm)	m	575,10		
<b>6.2.2</b>	<b>CANALETAS DE RAMPA</b>				
<b>6.2.3.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.2.3.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	434,21		
6.2.3.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - (Ver nota 10)	m³ x km	434,21		
6.2.3.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	289,47		
<b>6.2.2.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.2.2.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	137,70		
6.2.2.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	17.624,07		
6.2.2.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	29,07		
6.2.2.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	218,79		
6.2.2.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	43,35		
6.2.2.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 20cm)	m	43,35		
<b>6.2.3</b>	<b>DESCIDA DE ÁGUA - DD-01</b>				
<b>6.2.3.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.2.3.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	250,23		
6.2.3.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - (Ver nota 10)	m³ x km	250,23		
6.2.3.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	183,84		
<b>6.2.3.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.2.3.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	676,00		
6.2.3.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	6.085,00		
6.2.3.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	8,00		
6.2.3.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	112,00		
6.2.3.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	27,00		
6.2.3.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	27,00		
<b>6.2.4</b>	<b>DESCIDA DE ÁGUA - DD-02</b>				
<b>6.2.4.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.2.4.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	681,05		
6.2.4.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	681,05		
6.2.4.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	477,34		
<b>6.2.4.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.2.4.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	1.625,00		
6.2.4.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	18.514,00		
6.2.4.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	20,00		
6.2.4.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	273,00		
6.2.4.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	35,00		
6.2.4.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	35,00		
<b>6.2.5</b>	<b>DESCIDA DE ÁGUA - DD-04</b>				
<b>6.2.5.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.2.5.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	791,15		
6.2.5.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	791,15		
6.2.5.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	509,44		
<b>6.2.5.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.2.5.2.1	Forma plana com tábuas de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	1.700,00		

6.2.5.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	24.559,00		
6.2.5.2.3	Concreto de regularização fck => 10,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	22,00		
6.2.5.2.4	Concreto estrutural fck => 30,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	298,00		
6.2.5.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	77,00		
6.2.5.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	77,00		
<b>6.2.6</b>	<b>CANAL PERIFÉRICO - CP-05 E CAIXA 07</b>				
<b>6.2.6.1</b>	<b>ESCAVAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE FUNDO DE CAVAS OU VALAS</b>				
6.2.6.1.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de depósito - DMT até 1000m	m³	2.129,58		
6.2.6.1.2	Momento extraordinário de transporte para solo superficial - Ver nota 10	m³ x km	2.129,58		
6.2.6.1.3	Regularização e compactação de fundo de cavas ou valas	m²	1.425,78		
<b>6.2.6.2</b>	<b>ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>				
6.2.6.2.1	Forma plana com tábua de madeira para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	3.277,00		
6.2.6.2.2	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	38.108,00		
6.2.6.2.3	Concreto de regularização fck => 15,0 (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	70,00		
6.2.6.2.4	Concreto estrutural fck => 25,0 Mpa (Fornecimento de materiais, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura)	m³	705,00		
6.2.6.2.5	Junta elástica Jeene, fornecimento e instalação, inclusive aplicação de adesivo e pressurização/nucleação ou vácuo, tipo JJ 2030 V V	m	114,00		
6.2.6.2.6	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor) (2cm x 25cm)	m	114,00		
<b>7</b>	<b>FECHAMENTO DA PILHA</b>				
<b>7.1</b>	<b>PAISAGISMO E AJARDINAMENTO - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO</b>				
<b>7.1.1</b>	<b>REVESTIMENTO VEGETAL</b>				
7.1.1.1	Plantio de grama por hidrossemeadura	m²	275.802,91		
<b>7.1.2</b>	<b>REVESTIMENTO DE BERMAS E ACESSOS</b>				
7.1.2.1	Revestimento laterítico de bermas, acessos e platôs (e=0,1m)	m²	186.066,85		
7.1.2.2	Volume de laterita para cobertura	m³	20.153,62		
<b>8</b>	<b>ENSAIOS COMPLEMENTARES - Laboratório Suporte Sondagens e Investigações - SP</b>				
<b>8.1</b>	<b>CPTU</b>				
8.1.3	Execução de plataforma para regularizar o terreno.	unid	800,00		
8.1.4	Caminhão pipa.	unid	750,00		
8.1.5	Caixa de testemunho.	unid	120,00		
8.1.6	Instalação e Deslocamento de Equipamento entre furos.	unid	700,00		
8.1.8	Execução de Sondagem Mista em Solo com SPT.	m	280,00		
8.1.10	Integração de Equipe (Treinamento de Segurança)	unid	1.200,00		
<b>8.2</b>	<b>Denison (Amostra Indeformada)</b>				
8.2.3	Execução de plataforma para regularizar o terreno.	unid	800,00		
8.2.4	Instalação e Deslocamento de Equipamento entre furos.	unid	700,00		
8.2.5	Execução da Perfuração até a Profundidade de coleta.	m	250,00		
8.2.6	Coleta de amostra com Amostrador Denison.	unid	1.200,00		
8.2.7	Integração de Equipe (Treinamento de Segurança)	unid	1.200,00		
				<b>Total</b>	

\* Os quantitativos gerais, foram estimados com base em valores de referências encontrados na internet e precificação de trabalhos anteriores. Deve-se fazer uma pesquisa de mercado para averiguar a veracidade dos mesmos.

**Notas:**

- Nota 1 A área e as diferenciações de vegetação para a supressão vegetal foram estimada de acordo com a ortofoto disponibilizada pela Mosaic no documento Otofoto Magnetita CMT 09112021.
- Nota 2 A supressão da fase final contempla a supressão total subtraída da supressão inicial, visto que, a mesma será realizada anteriormente.categoria,
- Nota 3 Para limpeza de fundação a espessura foi estimada conforme programa de sondagens especificada pela Walm no documento WA12217280-1-GT-ETC-0001.
- Nota 4 Para a limpeza de fundação (retirada de topsoil e colúvios) considerou-se 80 % do material escavado constituído por solo de 1ª categoria e 20% por solo de 2ª categoria.
- Nota 5 No cálculo do material escavado a ser transportado não se leva em conta o fator de empolamento do solo.
- Nota 6 Considerou-se empolamento de 25 % para os materiais destinados ao bota-fora.
- Nota 7 Com objetivo de mitigar a comunicação entre o SUMP-2 e o pé da pilha final recomenda-se a implantação de uma camada de 0,5 de argila, de tal modo, a impermeabilizar a parede mais próxima da pilha.
- Nota 8 Os marcos superficiais instalados na fase inicial devem ser realocados e reutilizados para a etapa final da pilha.
- Nota 9 CORTE DE ÁRVORE NATIVA COM MOTO-SERRA Ø >= 0,30M - ATÉ 1.000 UNIDADES
- Nota 10 DMT = 1 km