



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



GOVERNO DO
PARÁ

CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMIÇÃO	FOLHA
03/2020	1 de 21

DOCUMENTO TÉCNICO

EMITENTE

SYSTRA

EMITENTE

SYSTRA

EMPREENHIMENTO

PROJETO EXECUTIVO – MURO 2

TRECHO

ESTACA 148+0,00 A ESTACA 153+0,00

TÍTULO

MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURAL

ELABORAÇÃO

Engº. Elbio Oliveira

RESP. TÉCNICO

Engº. Ettore J. Bottura

VERIFICAÇÃO

Engº. Alfredo Queiroz

LIBERAÇÃO

APROVAÇÃO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DOCUMENTOS RESULTANTES

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO
INICIAL	03/2020				



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



GOVERNO DO
PARÁ

CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMISSÃO	FOLHA
03/2020	2 de 21
EMITENTE	
SYSTRA	

DOCUMENTO TÉCNICO

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
2	CARACTERÍSTICAS DO MURO A FLEXÃO	4
3	MATERIAIS E PARÂMETROS	8
3.1	Concreto estrutural.....	8
3.2	Cargas acidentais móveis.....	8
3.3	Coeficientes de segurança.....	8
3.3.1	Majoração das ações.....	8
3.3.2	Minoração da resistência.....	8
3.4	Pesos específicos adotados	8
4	NORMAS E ESPECIFICAÇÕES	9
5	DIMENSIONAMENTO DO MURO 1	10
5.1	Verificação de deslizamento	10
5.2	Verificação de tombamento	11
5.3	Verificação da tensão na base	13
5.4	Verificações estruturais do muro	14



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



GOVERNO DO
PARÁ

CÓDIGO	MC-SETRAN-01-C05-001	REV.	00
EMISSÃO	03/2020	FOLHA	3 de 21
EMITENTE			
SYSTRA			

DOCUMENTO TÉCNICO

1 INTRODUÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar o dimensionamento do muro a flexão, para contenção do aterro compreendido entre as estacas 148+0,00 e 153+10,00 (Muro 2).

Serão abordados os critérios e condições adotadas para as análises, constando dos parâmetros geotécnicos dos materiais (fundação e aterros) e da metodologia de cálculo empregada nas simulações.

2 CARACTERÍSTICAS DO MURO A FLEXÃO

O muro a flexão possui as seguintes características:

- Alturas conforme tabela abaixo;

	ALTURA MÍNIMA (m)	ALTURA MÁXIMA (m)	ALTURA MÉDIA (m)	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	TOTAL	
MÓDULO 1	5.02	5.15	5.11	148.00 + 0.00	148.00 + 5.00	5.00	TP3
MÓDULO 2	6.13	6.26	6.22	148.00 + 5.02	148.00 + 10.00	4.98	TP4
MÓDULO 3	6.78	7.56	7.30	148.00 + 10.02	150.00 + 0.00	29.98	TP5
MÓDULO 4	6.01	6.78	6.53	150.00 + 0.02	151.00 + 10.00	29.98	TP4
MÓDULO 5	6.01	5.58	5.73	151.00 + 10.02	152.00 + 10.00	19.98	TP3
MÓDULO 6	4.08	3.91	3.97	152.00 + 10.02	153.00 + 0.00	9.98	TP2

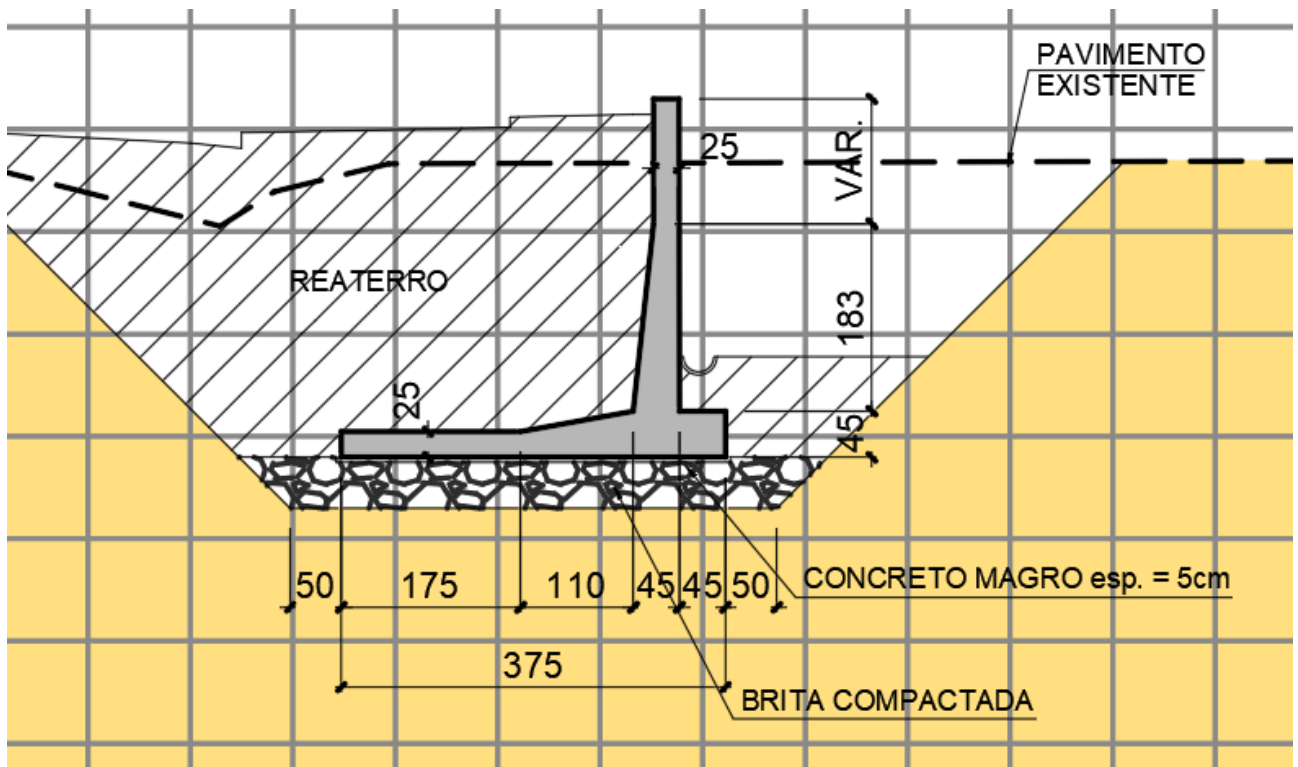


Figura 1 – Seção Tipo 2



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



GOVERNO DO
PARÁ

CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMIÇÃO	FOLHA
03/2020	5 de 21

DOCUMENTO TÉCNICO

EMITENTE

SYSTRA

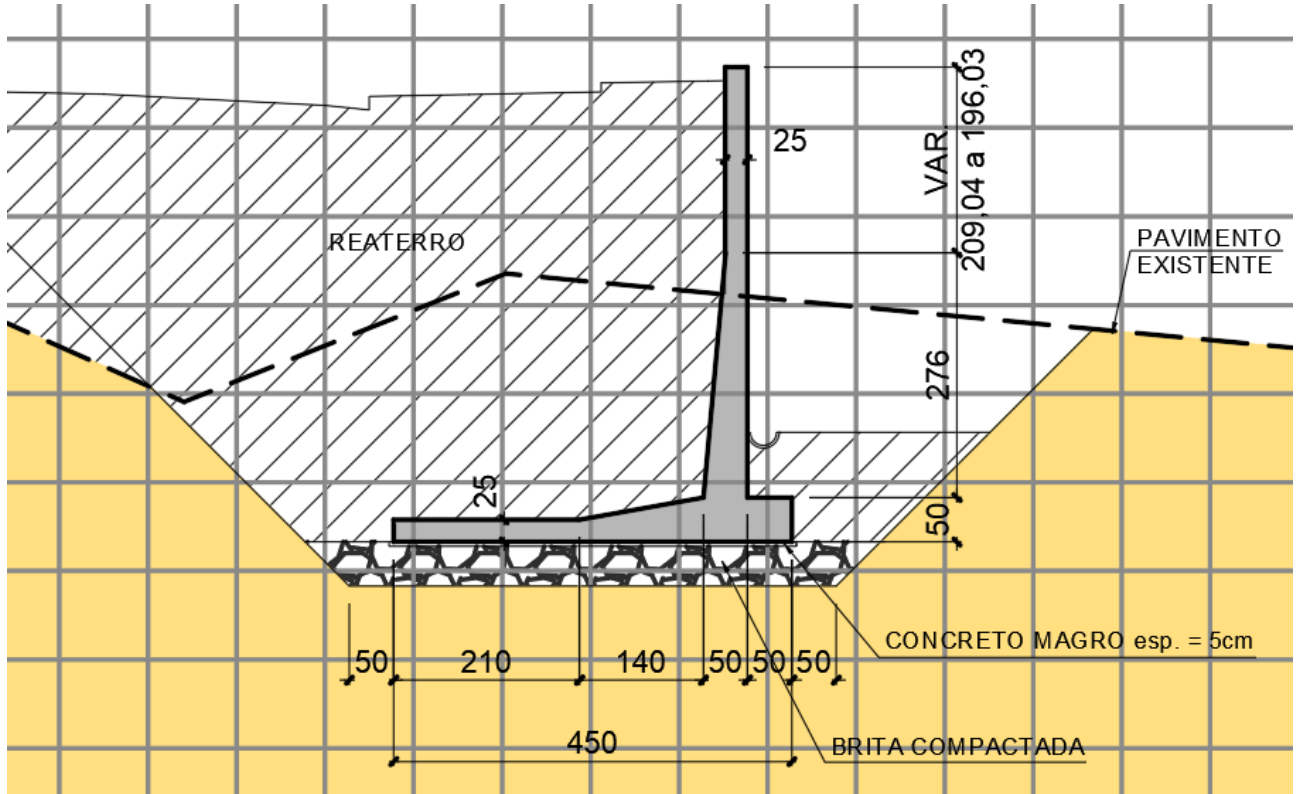


Figura 2 – Seção Tipo 3



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



GOVERNO DO
PARÁ

CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMIÇÃO	FOLHA
03/2020	6 de 21

DOCUMENTO TÉCNICO

EMITENTE

SYSTRA

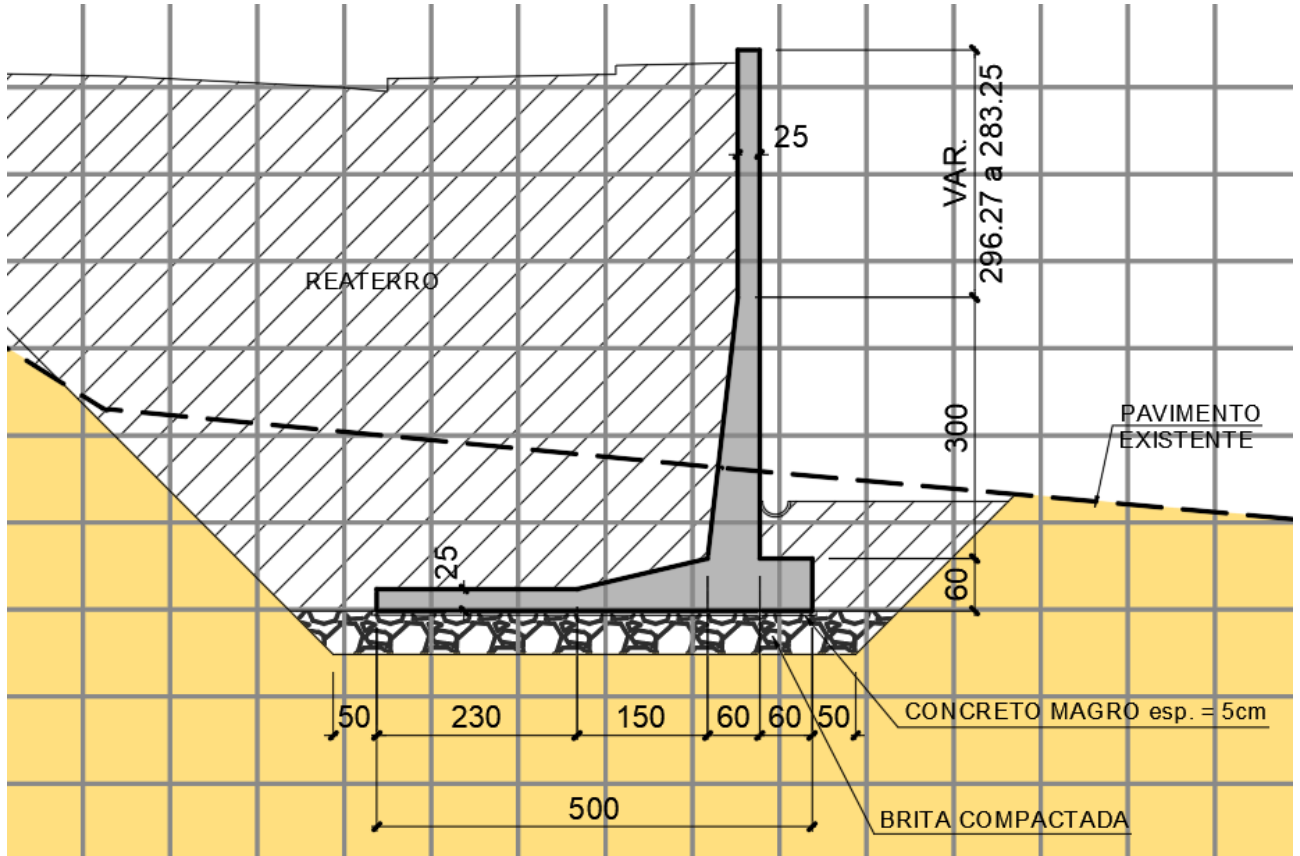


Figura 3 – Seção Tipo 4

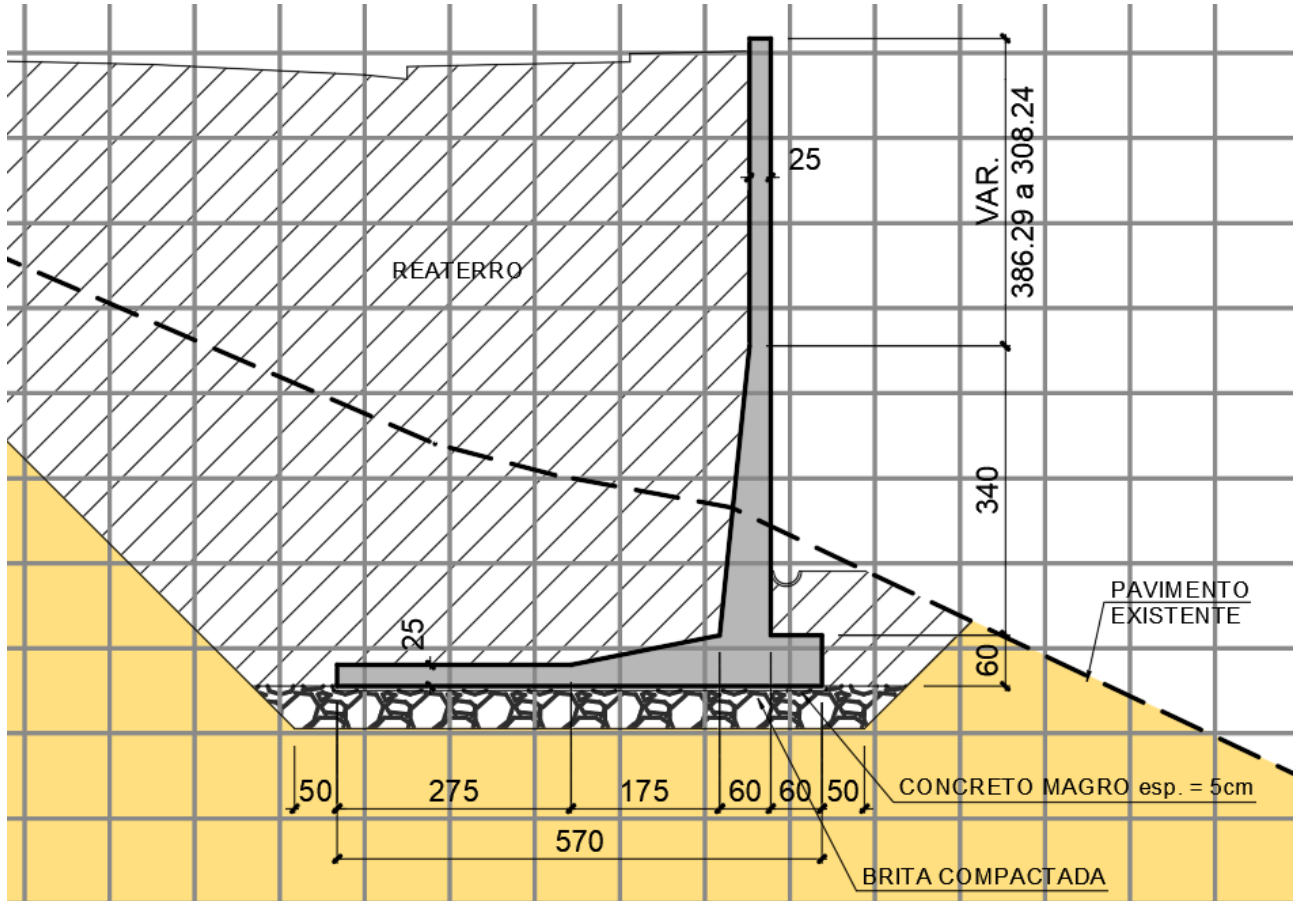


Figura 4 – Seção Tipo 5



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



GOVERNO DO
PARÁ

CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMIÇÃO	FOLHA
03/2020	8 de 21
EMITENTE	
SYSTRA	

DOCUMENTO TÉCNICO

3 MATERIAIS E PARÂMETROS

3.1 Concreto estrutural

Muro de contenção: $f_{ck} \geq 25$ MPa

Aço para concreto armado: CA 50A

3.2 Cargas acidentais móveis

Veículo - classe 45 da NBR 7188 (considerando uma carga distribuída de 25,0kN/m²)

3.3 Coeficientes de segurança

3.3.1 Majoração das ações

- Carga permanente: $\gamma_f = 1,35$ ou $\gamma_f = 1,00$
- Carga móvel: $\gamma_f = 1,50$ ou $\gamma_f = 0,00$

3.3.2 Minoração da resistência

- Aço: $\gamma_s = 1,15$
- Concreto: $\gamma_c = 1,40$

3.4 Pesos específicos adotados

- Concreto armado: 2,50 tf/m³
- Solo: 1,90 tf/m³



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



GOVERNO DO
PARÁ

CÓDIGO MC-SETRAN-01-C05-001	REV. 00
EMIÇÃO 03/2020	FOLHA 9 de 21
EMITENTE SYSTRA	

DOCUMENTO TÉCNICO

4 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES

- NBR 6118:2003 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento
- NBR 6122:2003 – Projeto e Execução de Fundações
- NBR 7188:1984 – Cargas Móveis em Pontes Rodoviárias e Passarelas
- NBR 8681:2004 – Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



DOCUMENTO TÉCNICO

CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMIÇÃO	FOLHA
03/2020	10 de 21
EMITENTE	
SYSTRA	

5 DIMENSIONAMENTO DO MURO 1

Foram realizadas as seguintes verificações quanto a segurança, com os respectivos fatores de segurança:

- Tombamento: $FS > 2,00$
- Deslizamento: $FS > 1,50$
- Tensões na Base: $FS > 3,00$

5.1 Verificação de deslizamento

$$F_R = (P_c + P_s + P_q) \times \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right)$$

$$F_S = E_g + E_q + F_{IL}$$

$$\frac{F_R}{F_S} > 1,5 \text{ ou } 1,0$$

Sendo:

F_R = Força Resistente

F_S = Força Solicitante

P_c = Peso de concreto

P_s = Peso de solo

P_q = Peso da sobrecarga (considerando uma sobrecarga vertical de 2,50tf/m²)

E_g = Empuxo de solo permanente

E_q = Empuxo de solo variável (considerando uma sobrecarga vertical de 2,50tf/m²)

ϕ = Ângulo de atrito do solo (28°, para o atrito entre o muro e o solo da base)



DOCUMENTO TÉCNICO

$\phi_{\text{aterro}} (\text{°})$	28.0
$\phi_{\text{base}} (\text{°})$	28.0
$c_{\text{aterro}} (\text{Kpa})$	7.5
$c_{\text{base}} (\text{Kpa})$	10.0

$\phi_{\text{aterro}} (\text{rad})$	0.4887
$\phi_{\text{base}} (\text{rad})$	0.4887

δ_{atrito}	0.338
K_a	0.362

$\gamma_{\text{solo}} (\text{kN/m}^3)$	19.0
$\gamma_{\text{concreto}} (\text{kN/m}^3)$	25.0
$q (\text{kN/m}^2)$	19.0

Abaixo seguem as tabelas com as verificações:

	FR			FS		SEGURANÇA
	PC (kN/m)	PS (kN/m)	PQ (kN/m)	Eg (kN/m)	Eq (kN/m)	
TP2	57.5	218.3	17.9	37.67	27.72	2.10
TP3	78.0	359.1	22.0	75.92	37.15	1.78
TP4	98.5	471.5	23.9	117.18	44.92	1.55
TP5	108.5	624.2	28.3	150.33	50.21	1.57

5.2 Verificação de tombamento

$$M_R = P_c \times e_c + P_s \times e_s + P_q \times e_q$$

$$M_S = E_g \times e_{E,g} + E_q \times e_{E,q} + F_{IL} \times e_{IL}$$

$$\frac{M_R}{M_S} > 2,0 \text{ ou } 1,0$$

Sendo:

M_R = Momento Resistente

M_S = Momento Solicitante

P_c = Peso de concreto

P_s = Peso de solo



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMIÇÃO	FOLHA
03/2020	12 de 21
EMITENTE	
SYSTRA	

DOCUMENTO TÉCNICO

P_q = Peso da sobrecarga (considerando uma sobrecarga vertical de 2,50tf/m²)

E_g = Empuxo de solo permanente

E_q = Empuxo de solo variável (considerando uma sobrecarga vertical de 2,50tf/m)

e_c = Excentricidade do peso de concreto em relação à base do muro

e_s = Excentricidade do peso de solo em relação à base do muro

e_q = Excentricidade do peso de sobrecarga em relação à base do muro

$e_{E,g}$ = Excentricidade da resultante do empuxo permanente em relação à base do muro

$e_{E,q}$ = Excentricidade da resultante do empuxo variável em relação à base do muro

e_c = centróide do muro calculado através das formas

$$e_s = B - BS / 2$$

$$e_{E,g} = H / 3$$

$$e_{E,q} = H / 2$$

Abaixo seguem as tabelas com as verificações:

	ec (m)	es (m)	eq (m)
TP2	1.14	2.33	2.33
TP3	1.27	2.75	2.75
TP4	1.37	3.10	3.10
TP5	1.46	3.45	3.45

	eg (m)	eq (m)
	1.35	2.02
	1.80	2.70
	2.18	3.27
	2.44	3.65

	MR		
	PC (kN/m)	PS (kN/m)	PQ (kN/m)
TP2	65.6	508.6	41.7
TP3	99.1	987.5	60.5
TP4	134.9	1461.7	74.1
TP5	158.4	2153.5	97.6

	MS	
	Eg (kN/m)	Eq (kN/m)
	50.9	56.0
	136.7	100.3
	255.5	146.9
	366.8	183.3

SEGURANÇA
5.76
4.84
4.15
4.38



DOCUMENTO TÉCNICO

5.3 Verificação da tensão na base

Segue abaixo a verificação de tensão na base do muro:

$$\sigma = \frac{F_V}{b} \pm \frac{M_0}{w}$$

$$M_0 = P_c \times e_c^* + P_s \times e_s^* + P_q \times e_q^* + E_g \times e_{E,g} + E_q \times e_{E,q}$$

$$F_V = P_c + P_s + P_q$$

$$w = \frac{b^2}{6}$$

Abaixo seguem as tabelas com as verificações:

	Eg (kN/m)	Eq (kN/m)
TP2	37.67	27.72
TP3	75.92	37.15
TP4	117.18	44.92
TP5	150.33	50.21

	eg (m)	eq (m)
	1.35	2.02
	1.80	2.70
	2.18	3.27
	2.44	3.65

	ec_0 (m)	es_0 (m)	eq_0 (m)
TP2	0.74	-0.46	-0.46
TP3	0.98	-0.50	-0.50
TP4	1.13	-0.60	-0.60
TP5	1.39	-0.60	-0.60

	eg_0 (m)	eq_0 (m)
	1.35	2.02
	1.80	2.70
	2.18	3.27
	2.44	3.65

	FV (kN/m)	M0 (kN.m/m)	B (m)	W (m ²)
TP2	615.90	-20.47	3.75	2.35
TP3	1147.09	89.87	4.50	3.38
TP4	1670.69	268.26	5.00	4.17
TP5	2409.54	433.44	5.70	5.42

	σ_{max} (kN/m ²)	σ_{min} (kN/m ²)
TP2	-155.6	-173.0
TP3	-281.5	-228.4
TP4	-398.5	-269.9
TP5	-502.7	-342.8



DOCUMENTO TÉCNICO

	σ_{max} (kN/m ²)	σ_{min} (kN/m ²)
TP2	-1.6	-1.8
TP3	-2.9	-2.3
TP4	-4.0	-2.7
TP5	-5.1	-3.5

5.4 Verificações estruturais do muro

Para o dimensionamento do muro, temos:

	Mk (kN.m/m)	Md (kN.m/m)	Vd (kN/m)
TP2	106.8	152.6	92.4
TP3	237.0	334.9	158.2
TP4	402.3	565.2	225.6
TP5	550.1	770.1	278.3

- Flexão – Armadura Vertical (TP2):

GEOMETRIA	
bw (cm)	100
h (cm)	45
Cob (cm)	4
ϕ_t (mm)	10.00
ϕ_l (mm)	12.50

Msd (kN.m)	152.6
d' (cm)	5.63
d (cm)	39.38
fcd (Mpa)	17.9
fyd (Mpa)	434.8

k (cm ²)	$k = Msd / (0,85 * fcd * bw)$	101
Δ (cm ²)	$\Delta = 0,64 * d^2 - 1,28 * k$	864
x (cm)	$x = 1,25 * d + (\Delta / 0,41)^{0,5}$	3.30
x/d	$0,259 < x/d < 0,628$	0.08

Domínio II

MATERIAIS	
fck (Mpa)	25
fyk (Mpa)	500
fwyk (Mpa)	500

COEFICIENTES	
γ_c	1.40
γ_s	1.15
ω_{min}	0.035

As (cm ²)	$Msd / [fyd * (d - 0,4 * x)]$	9.2
Asmin (cm ²)	$Asmin = \omega_{min} * Ac * (fcd / fyd)$	6.5

$$A_{s,adotado} = \phi 12.5c/10 (12,3cm^2/m)$$



• Flexão – Armadura Vertical (TP3):

GEOMETRIA	
bw (cm)	100
h (cm)	50
Cob (cm)	4
ϕt (mm)	16.00
ϕl (mm)	20.00

Msd (kN.m)	334.9
d' (cm)	6.60
d (cm)	43.40
fcd (Mpa)	17.9
fyd (Mpa)	434.8

k (cm ²)	$k = Msd / (0,85 * fcd * bw)$	221
Δ (cm ²)	$\Delta = 0,64 * d^2 - 1,28 * k$	923
x (cm)	$x = 1,25 * d + (\Delta / 0,41)^{0,5}$	6.78
x/d	$0,259 < x/d < 0,628$	0.16

Domínio II

MATERIAIS	
fck (Mpa)	25
fyk (Mpa)	500
fwyk (Mpa)	500

COEFICIENTES	
γc	1.40
γs	1.15
ω_{min}	0.035

As (cm ²)	$Msd / [fyd * (d - 0,4 * x)]$	18.9
Asmin (cm ²)	$Asmin = \omega_{min} * Ac * (fcd / fyd)$	7.2

$$A_{s,adotado} = \phi 16c/10 (20,1cm^2/m)$$

• Flexão – Armadura Vertical (TP4):

GEOMETRIA	
bw (cm)	100
h (cm)	60
Cob (cm)	4
ϕt (mm)	20.00
ϕl (mm)	25.00

Msd (kN.m)	565.2
d' (cm)	7.25
d (cm)	52.75
fcd (Mpa)	17.9
fyd (Mpa)	434.8

k (cm ²)	$k = Msd / (0,85 * fcd * bw)$	372
Δ (cm ²)	$\Delta = 0,64 * d^2 - 1,28 * k$	1304
x (cm)	$x = 1,25 * d + (\Delta / 0,41)^{0,5}$	9.51
x/d	$0,259 < x/d < 0,628$	0.18

Domínio II

MATERIAIS	
fck (Mpa)	25
fyk (Mpa)	500
fwyk (Mpa)	500

COEFICIENTES	
γc	1.40
γs	1.15
ω_{min}	0.035

As (cm ²)	$Msd / [fyd * (d - 0,4 * x)]$	26.6
Asmin (cm ²)	$Asmin = \omega_{min} * Ac * (fcd / fyd)$	8.6

$$A_{s,adotado} = \phi 20c/10 (31,4cm^2/m)$$



DOCUMENTO TÉCNICO

- Flexão – Armadura Vertical (TP5):

GEOMETRIA	
bw (cm)	100
h (cm)	60
Cob (cm)	4
φt (mm)	20.00
φl (mm)	25.00

Msd (kN.m)	770.1
d' (cm)	7.25
d (cm)	52.75
fcd (Mpa)	17.9
fyd (Mpa)	434.8

k (cm ²)	$k = Msd / (0,85 * fcd * bw)$	507
Δ (cm ²)	$\Delta = 0,64 * d^2 - 1,28 * k$	1131
x (cm)	$x = 1,25 * d + (\Delta / 0,41)^{0,5}$	13.38
x/d	$0,259 < x/d < 0,628$	0.25

Domínio II

MATERIAIS	
fck (Mpa)	25
fyk (Mpa)	500
fywk (Mpa)	500

COEFICIENTES	
γc	1.40
γs	1.15
ωmin	0.035

As (cm ²)	$Msd / [fyd * (d - 0,4 * x)]$	37.4
Asmin (cm ²)	$Asmin = \omega_{min} * Ac * (fcd / fyd)$	8.6

$$A_{s,adotado} = \phi 25c/10 (49,1cm^2/m)$$

- Flexão – Armadura Horizontal:

A armadura horizontal do muro fora calculada como armadura de tração sob deformações impostas, calculando-se assim uma armadura mínima de tração para resistir esforços gerados por deformações condicionadas pela retração do concreto, e assim evitar a formação de fissuras (item 17.3.5.2.2 da NBR6118).

$$A_{s,long} = k k_c f_{ct,ef} A_{ct} / \sigma_s$$

Considerando-se os parâmetros (TP2):

$$k = 0,71 \text{ (espessura da seção} = 0,45m)$$

$$k_c = 1,00 \text{ (tração pura)}$$

$$f_{ct,ef} = 1,797MPa \text{ (valor do } f_{ctk,inf})$$

$$A_{ct} = 1,00m \times 0,45m / 2 = 0,23m^2$$

$$\sigma_s = 380MPa \text{ (tensão aproximada onde o concreto tende a fissurar)}$$



SECRETARIA DE
ESTADO DE
TRANSPORTES



CÓDIGO	REV.
MC-SETRAN-01-C05-001	00
EMIÇÃO	FOLHA
03/2020	17 de 21
EMITENTE	
SYSTRA	

DOCUMENTO TÉCNICO

teremos:

$$A_{s,long} = 0,71 \times 1,00 \times 1,797 \times (0,23 \times 10000) / 380$$

$$A_{s,long} = 7,7 \text{cm}^2/\text{face}$$

$$A_{s,long} = \phi 10 \text{c}/10 (7,90 \text{cm}^2/\text{face})$$

Considerando-se os parâmetros (TP3):

$$k = 0,68 \text{ (espessura da seção} = 0,50\text{m)}$$

$$k_c = 1,00 \text{ (tração pura)}$$

$$f_{ct,ef} = 1,797 \text{MPa (valor do } f_{ctk,inf}\text{)}$$

$$A_{ct} = 1,00\text{m} \times 0,50\text{m} / 2 = 0,25\text{m}^2$$

$$\sigma_s = 380 \text{MPa (tensão aproximada onde o concreto tende a fissurar)}$$

teremos:

$$A_{s,long} = 0,68 \times 1,00 \times 1,797 \times (0,25 \times 10000) / 380$$

$$A_{s,long} = 8,1 \text{cm}^2/\text{face}$$

$$A_{s,long} = \phi 12,5 \text{c}/10 (12,3 \text{cm}^2/\text{face})$$

Considerando-se os parâmetros (TP4 e TP5):

$$k = 0,62 \text{ (espessura da seção} = 0,60\text{m)}$$

$$k_c = 1,00 \text{ (tração pura)}$$

$$f_{ct,ef} = 1,797 \text{MPa (valor do } f_{ctk,inf}\text{)}$$

$$A_{ct} = 1,00\text{m} \times 0,60\text{m} / 2 = 0,30\text{m}^2$$

$$\sigma_s = 380 \text{MPa (tensão aproximada onde o concreto tende a fissurar)}$$

teremos:

$$A_{s,long} = 0,62 \times 1,00 \times 1,797 \times (0,30 \times 10000) / 380$$

$$A_{s,long} = 8,8 \text{cm}^2/\text{face}$$

$$A_{s,long} = \phi 16 \text{c}/15 (13,4 \text{cm}^2/\text{face})$$



DOCUMENTO TÉCNICO

• Cisalhamento (TP2):

fck (Mpa)	25
fctk,inf (Kpa)	1795
fctd (Kpa)	1282
τ_{rd} (Kpa)	321

As1 (cm²)	12.3
ρ_1 (%)	0.312
1.2 + 40 x ρ_1	1.325

γ	1.40
h (cm)	45
Cob (cm)	4
ϕ_t (cm)	1.00
ϕ_l (cm)	1.25
d' (cm)	5.63
d (cm)	39.38
K	1.21

Nsd (kN)	0
0.15 x σ_{cp} (kpa)	0

Vrd1 (kN)	201.77
------------------	---------------

$V_d = 92,4\text{kN/m} < V_{Rd1} = 188,32\text{kN} \rightarrow \text{OK!}$

• Cisalhamento (TP3):

fck (Mpa)	25
fctk,inf (Kpa)	1795
fctd (Kpa)	1282
τ_{rd} (Kpa)	321

As1 (cm²)	20.1
ρ_1 (%)	0.457
1.2 + 40 x ρ_1	1.383

γ	1.40
h (cm)	50
Cob (cm)	4
ϕ_t (cm)	1.25
ϕ_l (cm)	1.60
d' (cm)	6.05
d (cm)	43.95
K	1.16

Nsd (kN)	0
0.15 x σ_{cp} (kpa)	0

Vrd1 (kN)	226.15
------------------	---------------

$V_d = 158,2\text{kN/m} < V_{Rd1} = 226,15\text{kN} \rightarrow \text{OK!}$



DOCUMENTO TÉCNICO

- Cisalhamento (TP4):

fck (Mpa)	25
fctk,inf (Kpa)	1795
fctd (Kpa)	1282
τ_{rd} (Kpa)	321

As1 (cm²)	31.4
ρ_1 (%)	0.588
1.2 + 40 x ρ_1	1.435

Nsd (kN)	0
0.15 x σ_{cp} (kpa)	0

Vrd1 (kN)	261.94
------------------	---------------

$V_d = 225,6\text{kN/m} < V_{Rd1} = 261,94\text{kN} \rightarrow \text{OK!}$

γ	1.40
h (cm)	60
Cob (cm)	4
ϕ_t (cm)	1.60
ϕ_l (cm)	2.00
d' (cm)	6.60
d (cm)	53.40
K	1.07

- Cisalhamento (TP5):

fck (Mpa)	25
fctk,inf (Kpa)	1795
fctd (Kpa)	1282
τ_{rd} (Kpa)	321

As1 (cm²)	49.1
ρ_1 (%)	0.931
1.2 + 40 x ρ_1	1.572

Nsd (kN)	0
0.15 x σ_{cp} (kpa)	0

Vrd1 (kN)	285.20
------------------	---------------

$V_d = 278,3\text{kN/m} < V_{Rd1} = 285,20\text{kN} \rightarrow \text{OK!}$



DOCUMENTO TÉCNICO

• Fissuração (TP2):

Cob (cm)	4.0
ϕ_t (cm)	1.00
ϕ_l (cm)	1.25
Es (kN/cm ²)	21000
fck (Mpa)	25
fctm (Mpa)	2.56

η	2.25
α	8
b (cm)	100
h (cm)	45
d' (cm)	5.63
d (cm)	39.38
As (cm ²)	12.30
M (kN.m)	106.8
M (kN.cm)	10680
x'' (cm)	7.874
I'' (cm ⁴)	1.14.E+05
x/d	0.200
σ_s (kN/cm ²)	23.63
A _{crit} (cm ²)	1500
ρ	0.0082
fctm (kN/cm ²)	0.26
w2 (mm)	0.266
w1 (mm)	0.138
w (mm)	0.14

$w = 0,14\text{mm} < w,\text{lim} = 0,30\text{mm} \Rightarrow \text{OK!}$

• Fissuração (TP3):

Cob (cm)	4.0
ϕ_t (cm)	1.25
ϕ_l (cm)	1.60
Es (kN/cm ²)	21000
fck (Mpa)	25
fctm (Mpa)	2.56

η	2.25
α	8
b (cm)	100
h (cm)	50
d' (cm)	6.05
d (cm)	43.95
As (cm ²)	20.10
M (kN.m)	237.0
M (kN.cm)	23700
x'' (cm)	10.389
I'' (cm ⁴)	2.18.E+05
x/d	0.236
σ_s (kN/cm ²)	29.12
A _{crit} (cm ²)	1805
ρ	0.011136
fctm (kN/cm ²)	0.26
w2 (mm)	0.319
w1 (mm)	0.269
w (mm)	0.27

$w = 0,27\text{mm} < w,\text{lim} = 0,30\text{mm} \Rightarrow \text{OK!}$



DOCUMENTO TÉCNICO

• Fissuração (TP4):

Cob (cm)	4.0
ϕ_t (cm)	1.60
ϕ_l (cm)	2.00
Es (kN/cm ²)	21000
fck (Mpa)	25
fctm (Mpa)	2.56

η	2.25
α	8
b (cm)	100
h (cm)	60
d' (cm)	6.60
d (cm)	53.40
As (cm ²)	31.40
M (kN.m)	402.3
M (kN.cm)	40230
x'' (cm)	14.059
I'' (cm ⁴)	4.81.E+05
x/d	0.263
σ_s (kN/cm ²)	26.30
A _{crit} (cm ²)	2160
ρ	0.014537
fctm (kN/cm ²)	0.26
w2 (mm)	0.285
w1 (mm)	0.275
w (mm)	0.27

$w = 0,27\text{mm} < w_{\text{lim}} = 0,30\text{mm} \Rightarrow \text{OK!}$

• Fissuração (TP5):

Cob (cm)	4.0
ϕ_t (cm)	1.60
ϕ_l (cm)	2.00
Es (kN/cm ²)	21000
fck (Mpa)	25
fctm (Mpa)	2.56

η	2.25
α	8
b (cm)	100
h (cm)	60
d' (cm)	6.60
d (cm)	53.40
As (cm ²)	49.10
M (kN.m)	550.1
M (kN.cm)	55010
x'' (cm)	16.927
I'' (cm ⁴)	6.84.E+05
x/d	0.317
σ_s (kN/cm ²)	23.46
A _{crit} (cm ²)	2160
ρ	0.022731
fctm (kN/cm ²)	0.26
w2 (mm)	0.176
w1 (mm)	0.218
w (mm)	0.18

$w = 0,18\text{mm} < w_{\text{lim}} = 0,30\text{mm} \Rightarrow \text{OK!}$