“CONSTRUÇÃO DE PONTES MISTA AÇO E CONCRETO”

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA LUZIA DO OESTE
ENDEREÇO: RUA 7 DE SETEMBRO, 2070, CENTRO, CEP 76.950-000
SANTA LUZIA DO OESTE – RO

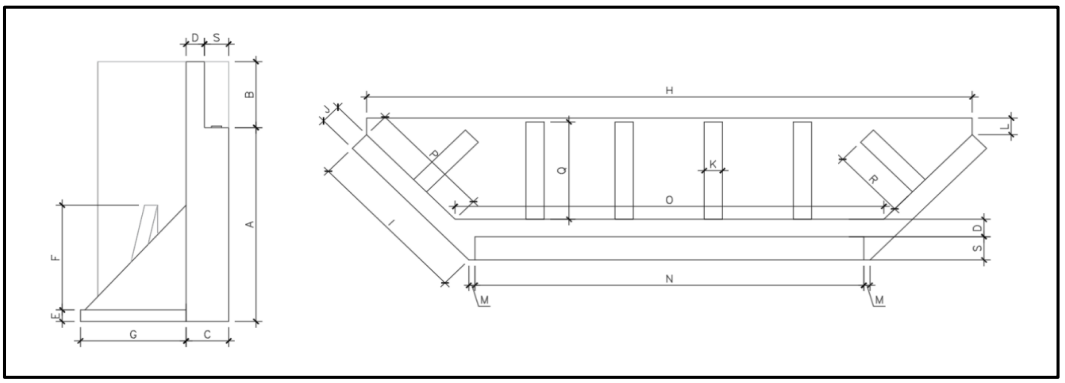
Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Pág.: 1 / 26 - ID. do Doc.: 1.720.DB0 - 10/09/2026 - 11:10:51

1. DADOS DA CABECEIRA

1.1. DADOS GEOMÉTRICOS

1. DADOS GEOMÉTRICOS



A	B	C	D	E	F	G	H	I
3,16	0,84	0,70	0,20	0,20	2,60	2,50	8,90	3,00
J	K	L	M	N	O	P	Q	R
0,20	0,20	0,20	0,10	4,90	5,65	2,31	2,50	1,90
S								
0,50								

CÁLCULOS DE FÔRMAS		**UNIT**	**QTD**	TOTAL M2
CONTRA FORTE MURO		8,270	4,00	33,08
CONTRAFORTE ALAS		5,58	2,00	11,16
MURO		33,97	1,00	33,97
CONCORD.MURO		9,87	1,00	9,87
ALAS		22,04	2,00	44,08
LAJE FUNDO		1,86	1,00	1,86
TOTAL				**134,02**
TOTAL 2X CABECEIRAS				**268,04**

CÁLCULOS DE CONCRETO		**UNIT**	**QTD**	TOTAL M3
CONTRA FORTE MURO		0,65	4,00	2,60
CONTRAFORTE ALAS		0,49	2,00	0,98
MURO		11,28	1,00	11,28
CONCORD.MURO		0,86	1,00	0,86
ALAS		2,12	2,00	4,24
LAJE FUNDO		3,70	1,00	3,70
TOTAL				**23,66**
TOTAL 2X CABECEIRAS				**47,32**

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

1.2. NORMAS TÉCNICAS

Normas ABNT

NBR 6120:2019 - Cargas para cálculo de estruturas de edificações

NBR 6118:2023 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

NBR 7187:2003 - Projeto de pontes de concreto armado e protendido – Procedimento

NBR 7188:2013 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas

NBR 16694:2020 - Projeto de pontes rodoviárias de aço e mistas de aço e concreto

NBR 6122:2022 - Projeto e execução de fundações

NBR 6484: 2020 – Solo –Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio

NBR 11682: 2009 – Estabilidade de Encostas

1.3. MATERIAIS EMPREGADOS

Resistência a compressão do concreto. ..... Fck: 25 MPa

Módulo de elasticidade do concreto...Ec = 5600 . $\sqrt{Fck}$..... Ec: 28 GPa

Peso específico do concreto armado. ..... γc: 25 kN/m³

Limite de escoamento aço CA-50..... Fy: 500 MPa

Classe de agressividade ambiental ..... CAA: II

2. PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Com base nas características do solo, determinadas pelo ensaio de sondagem à percussão, determinou-se os parâmetros dos solos, por meio de correlações entre estes e o NSPT disponibilizado no laudo de sondagem. Dessa maneira, a classificação do solo segundo as recomendações da NBR 6484:2020 segue a

Tabela 1, facilitando o posterior dimensionamento.

Tabela 1 – Estado de Compacidade e Consistência do Solo.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Solo	Índice de resistência à penetração *N*	Designação [a]
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)

[a] As expressões empregadas para a designação da compacidade das areias (fofa, compacta etc.) são referências à deformabilidade e à resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não podem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na mecânica dos solos.

Fonte: Tabela A.1 da NBR 6484:2020

Em seguida, a Tabela 2 traz a avaliação dos parâmetros de resistência e de deformabilidade em função do SPT, sendo possível determinar o peso específico natural do solo, ângulo de atrito interno, módulo de elasticidade.

Tabela 2 – Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de deformabilidade em Função do SPT.

Areias e Solos Arenosos					
Compacidade	**γγ(t/m³)**	**C (t/m²)**	**ϕϕ**	**E (t/m²)**	**νν**
Fofa	1,6	0	25 - 30	100 - 500	0,3 a 0,4
Pouco Compacta	1,8	0	30 - 35	500 - 1400	
Medianamente Compacta	1,9	0	35 - 40	1400 - 4000	
Compacta	2,0	0	40 - 45	4000 - 7000	
Muito Compacta	> 2,0	0	> 45	> 7000	
Argilas e Solos Argilosos					
Consistência	**γγ(t/m³)**	**C (t/m²)**	**ϕϕ**	**E' (t/m²)**	**νν**
Muito Mole	1,3	0 - 1,2	0	30 - 120	0,4 a 0,5
Mole	1,5	1,2 - 2,5	0	120 - 280	
Média	1,7	2,5 - 5,0	0	280 - 500	
Rija	1,9	5,0 - 15,0	0	500 - 1500	
Dura	> 2,0	> 15,0	0	> 1500	

Obs.: Para solos argilosos normalmente adensados Cc = 0,009 (LL – 10%) Sendo: γ = Peso Específico Natural do Solo φ = Ângulo de Atrito Interno C = Coesão E = Módulo de Elasticidade (Não Drenado) E'= Módulo de Elasticidade (Drenado) v = Módulo de Poisson.

A Tabela 3 proposta por Alonso (2010), traz a correlação que se dá entre NSPT, os estados de consistência e a coesão dos solos coesivos e entre NSPT, Dr e Ø' dos solos granulares.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Tabela 3 - Correlação entre NSPT, Dr e Ø' para solos granulares.

Areia	Densidade Relativa (Dr)	Standard Penetration Test (SPT)	Ø' (°)
Fofa	< 0,2	< 4	< 30
Pouco compacta	0,2 a 0,4	4 a 10	30 a 35
Medianamente compacta	0,4 a 0,6	10 a 30	35 a 40
Compacta	0,6 a 0,8	30 a 50	40 a 45
Muito Compacta	> 0,8	> 50	> 45

Fonte: Alonso (2010)

3. CARGAS NA CABECEIRA

3.1. CARGAS VERTICAIS GRAVITACIONAIS



$$Vk = (CPv1 + CPv2 + CPv3 + CQv1 + CQv2)/6$$

Carregamento simplificado característico

CPv1 – Aço da superestrutura 250 kN;

CPv2 – Laje de concreto armado da superestrutura. 240 kN;

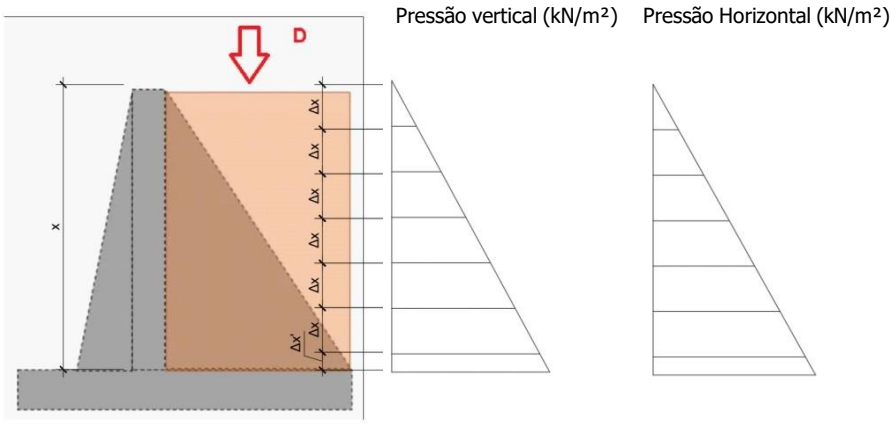
CQv1 – Carga variável trem-tipo TB-450. 450 kN;

CQv2 – Carga variável acidental multidão. 144 kN

Vk = (+250+240+450+144)/6 = 180,67 kN

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

3.2. CARGAS HORIZONTAIS



A situação mais desfavorável do NSPT para o empuxo do solo atuando na contenção de 4,00 metros de altura ocorreu no furo 03.

Tendo em vista a caracterização do solo quanto ao NSPT, descrição do solo e seu grau de consistência, foi realizada uma correlação, tendo como base as
Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 e apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Característica do Solo, com base no SPT do furo

Z (m)	Descrição do solo	NSPT	Designação (NBR 6484)	C (kN/m²)	Ø(º)	γ_{solo} (kN/m³)
1	Argila pouco arenosa					
2	Argila pouco arenosa	5	Média	12	0	15
3	Argila pouco arenosa	5	Média	12	0	15
4	Argila pouco arenosa	7	Pouco Compacta	0	35	18
5	Argila pouco arenosa	8	Média	25	0	17
6	Argilosa muito pouco arenosa	17	Dura	150	0	20
7	Impenetrável	27				

A Tabela 4 apresenta a descrição do solo, bem como sua designação estabelecida pela NBR 6484:2020 como a coesão C, ângulo de atrito Ø e peso específico γ de cada camada de solo, em conformidade com os dados da amostra disposta no laudo técnico de sondagem. Dessa maneira obtém-se uma tensão admissível do solo no valor de 0,203 MPa ou 203 kPa para contenção de até 4,00 metros de altura.

DADOS DO SOLO CONTIDO:

Peso específico do solo. ..... γs = 18,2 kN/m³ (média do solo);

Ângulo de atrito interno ..... ϕ = 35 º;

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Coesão.....c = 82,4 kN/m²; (média do solo)

EMPUXO ATIVO

Para a determinação das pressões de empuxo de terra (pressões horizontais) serão utilizados conceitos da teoria de elasticidade que relaciona o comportamento das tensões e deformações em diferentes direções nos materiais.

Dentro deste princípio, qualquer valor de pressão horizontal (σ_H) será sempre calculado em função da pressão vertical (σ_V) que, em função apenas da ação do peso próprio do solo, corresponde, no sentido vertical, à pressão efetiva.

Ou seja:

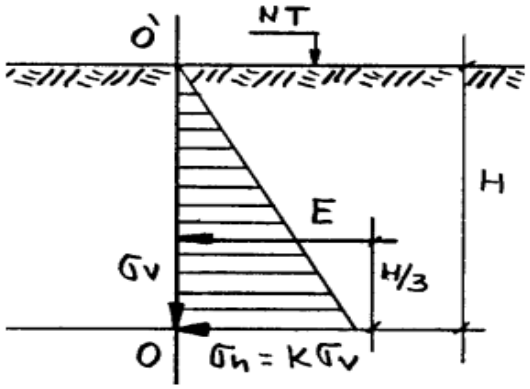
$$\sigma_H = K \cdot \sigma_V \quad (1)$$

Sendo K, denominado coeficiente de empuxo do solo.

3.2.1 Diagrama de Tensões Horizontais Devido Empuxo do Solo (Situação sem presença de água)

Caso se desloque um volume de massa de solo de uma região, podemos substituí-lo por um plano cujo traço é OO'. Conforme apresenta a Figura 1:

Figura 1 – Diagrama de tensões horizontais



Traçando-se o diagrama de pressões horizontais ou pressões laterais que agem sobre o plano, teremos condição de calcular a resultante deste esforço horizontal que é chamado simplesmente de empuxo, correspondente a área do diagrama de pressões horizontais e agindo no centro de gravidade do mesmo (isto é, no terço inferior da sua altura).

$$Empuxo = \int_0^h \sigma_H \cdot dh \rightarrow Empuxo = \int_0^h K \cdot \sigma_V \cdot dh \rightarrow Empuxo = \int_0^h K \cdot \gamma \cdot h \cdot dh$$

$$Empuxo = K \cdot \gamma \cdot \int_0^h h \cdot dh \rightarrow Empuxo = K \cdot \gamma \cdot \left[\frac{h^2}{2}\right]_0^h$$

$$Empuxo = \frac{1}{2} K \cdot \gamma \cdot h^2 \quad (2)$$

Onde:

$$K = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (3)$$

g = Peso específico do solo;
h = Altura da superfície de contato.

Para o solo contido na cortina aplicando a equação 2 e 3 encontra-se **K = 0,270**, sendo 1/2·K·γ = 2,457 kN/m³ e E_a listado a seguir:

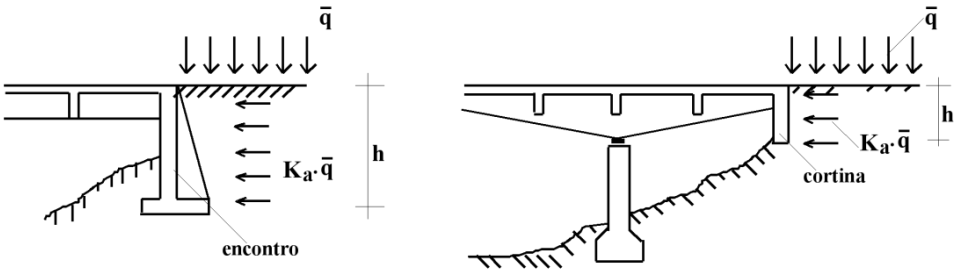
Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Cota Z(m)	Ea (kN/m) - Solo
0	0
1	2,46
2	9,84
3	22,14
4	39,36

3.2.2 Diagrama de Tensões Horizontais Devido a Carga Móvel

Na determinação do empuxo de terra provocado pelas cargas móveis. A Figura 2 ilustra esta situação. A razão desta recomendação da norma ocorre em virtude da atenuação dos efeitos dinâmicos através do maciço de terra contido por cortina.

Figura 2 – Empuxo da terra provocado por cargas móveis



Essas pressões $(Ka \cdot q)$ são devidas à carga móvel que está iniciando o seu trajeto na ponte ou saindo da ponte.

Normalmente, essa carga móvel colocada junto à cabeceira da ponte $\bar{q}$, para efeito de cálculo, é considerada uniformemente distribuída, e cujo valor pode ser estimado transformando o peso do veículo-tipo em carga uniformemente distribuída q_v e compondo-a com a carga distribuída q que considera o efeito de outros veículos, como se mostra na Figura 3, ou seja:

$$q_v = \frac{Peso_Veículo}{3{,}0 \times 6{,}0} \tag{4}$$

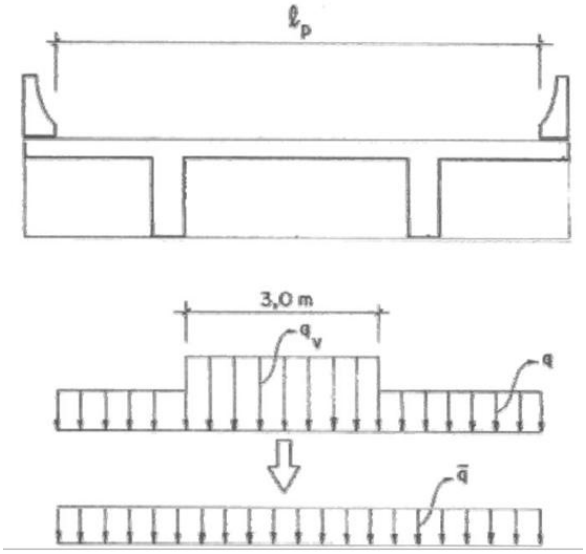
$$\bar{q} = \frac{q_v \times 3{,}0 + q \times (l_p - 3{,}0)}{l_p} \tag{5}$$

Onde: q_v – carga uniformemente distribuída do veículo tipo em uma faixa de área de 3,0 m por 6,0 m.

l_p – largura da ponte

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Figura 3 – Carga móvel em carga uniformemente distribuída



Considerando lp a distancia do projeto igual a **4,50 metros** temos e carga móvel TB-450 de peso total igual a 450kN e carga de multdão q de **5kN/m²** considerando a classe do veículo tipo da NBR 7188:2013 temos:

Da equação 4

$$q_v = \frac{450}{18} = 25\text{kN/m}^2$$

Da equação 5

$$\bar{q} = \frac{25 \cdot 3 + 5(4{,}5 - 3)}{4{,}5} = 18{,}33\ \text{kN/m}^2$$

Cota Z(m)	Ea (kN/m²) – Carga Móvel
0	
1	
2	
3	18,33
4	

3.2.3 Diagrama de Tensões Horizontais Devido o Solo com Água em Nível Intermediário

Conforme o laudo de sondagem foi encontrada a presena de água para os seguintes furos:
SPT 01 = 0,0 m
SPT 02 = 0,0 m
SPT 03 = 0,0 m
SPT 04 = 0,0 m

A Figura 4 apresenta o laudo de sondagem que considera a presença de água.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

SONDAGEM COM SIMPLES RECONHECIMENTO DE SOLO SPT- NBR 6484/2020

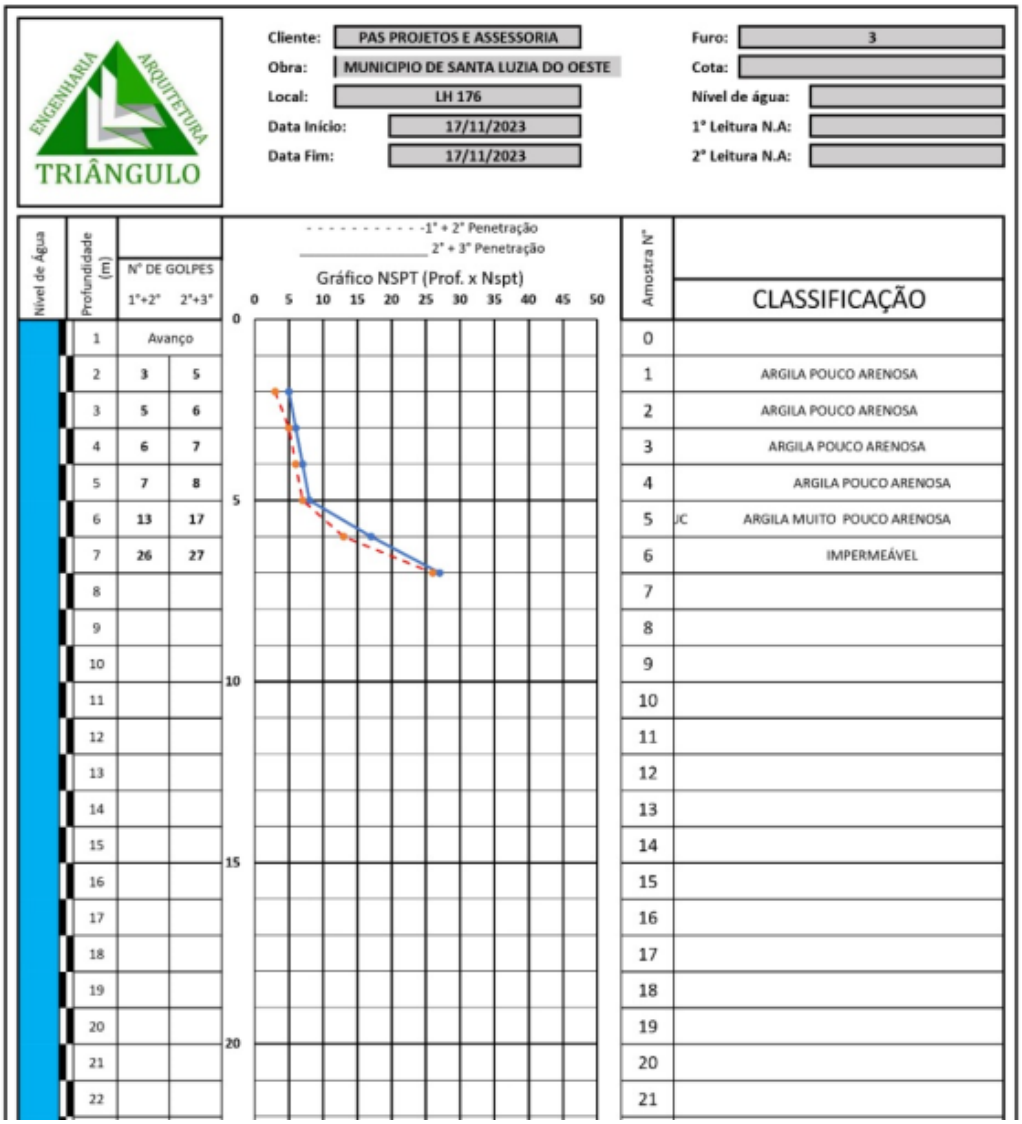
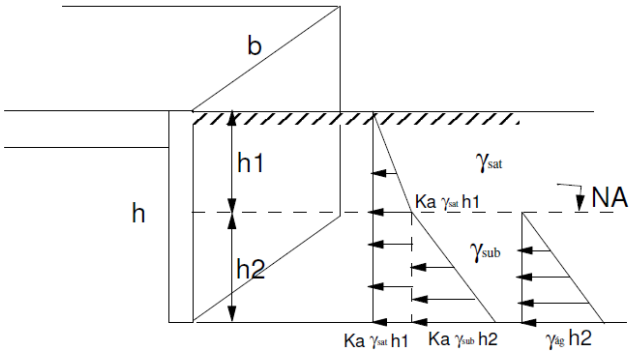


Figura 4 – Laudo de Sondagem SPT 02

Sabendo que a altura da cortina está a **4,0 metros** abaixo da superfície, deve ser calculada o empuxo atuante na cortina de contenção da cabeceira considerando a água em nível intermediário, conforme apresenta a Figura 5.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Figura 5 - Empuxo atuante na cortina devido o solo e água em nível intermediário



O empuxo atuante na cortina nessa situação é obtido pela seguinte equação:

$$Ea = \frac{1}{2}Ka \cdot \gamma_{sat} \cdot b \cdot h_1^2 + Ka \cdot \gamma_{sat} \cdot b \cdot h_1 \cdot h_2 + \frac{1}{2}Ka \cdot \gamma_{sub} \cdot b \cdot h_2^2 + \frac{1}{2} \cdot \gamma_{água} \cdot b \cdot h_2^2 \quad (6)$$

Sendo:
H1 =**1,75 m**
H2 = 4,0 – 1,75 = **2,25 m**
b = 4,50 m
γ_{sat} = 20kN/m²
$\gamma_{água}$ = 10 kN/m²

Com
γ_{sat} = Peso específico do solo saturado: é o peso específico do solo quando todos os seus vazios estão ocupados pela água. É numericamente dado pelo peso das partículas sólidas dividido pelo volume total do solo.

γ_{sub} = Peso específico do solo submerso: neste caso, considera-se a existência do empuxo de água no solo. Logo, o peso específico do solo submerso será equivalente ao o peso específico do solo menos o peso específico da água.

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_{água} \quad (7)$$

Sabendo que K = 0,270, $K \cdot \gamma_{sat} \cdot b$ = 43,2 kN/m², $K \cdot \gamma_{sub} \cdot b$ = 21,6 kN/m² e $\gamma_{água} \cdot b$ = 80 kN/m²

Condição	Cota Z(m)	Ea (kN/m) – Água em nível intermediário
Solo submerso	0	0
	1	2,46
	2	9,84
	3	22,14
	3,5	30,13
Solo submerso	4	39,36

3.2.4 Frenagem e Aceleração

O carregamento devido à frenagem/aceleração é calculado de acordo com o item 5.2.1 da NBR

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

7188:2013. A favor da segurança, considera-se que a carga do vão de extremidade é transferida integralmente ao encontro visto que não se sabe *a priori* a rigidez do apoio da superestrutura imediatamente contíguo aos encontros.

Sendo s forças horizontais devido à frenagem e/ou aceleração aplicadas no nível do pavimento são um percentual da carga característica dos veículos aplicados sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável, concomitantemente com a respectiva carga:

$$Hf = 0{,}25 \cdot B \cdot L \cdot CNF \qquad (8)$$

Onde

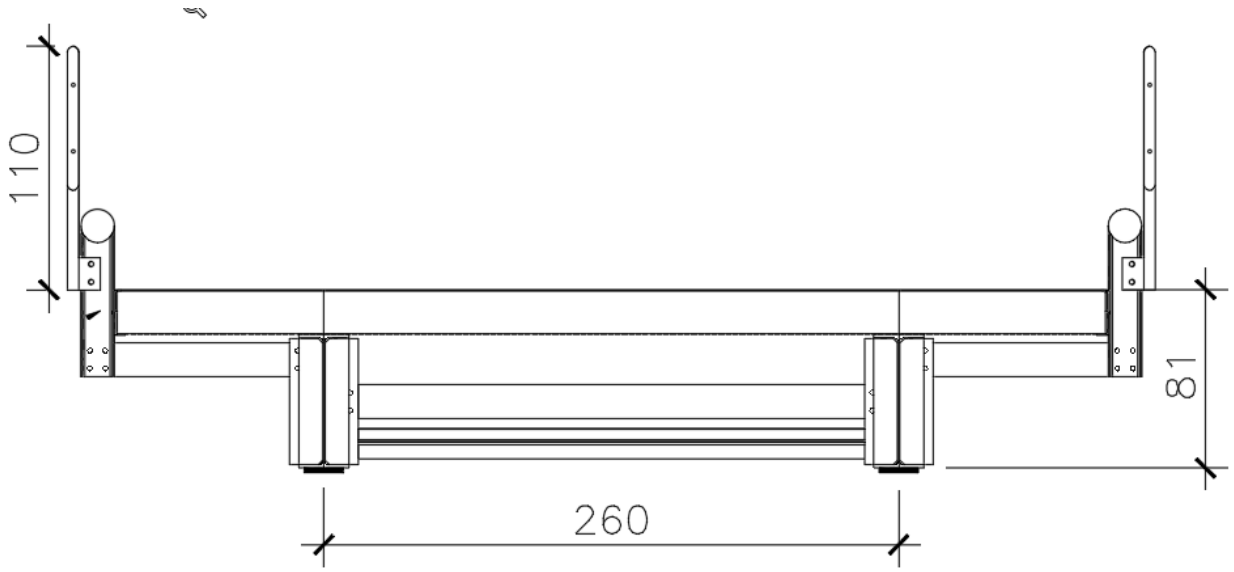
$Hf \geq 135$ kN;

B é a largura efetiva, expressa em metros (m), da carga distribuída de 5 kN/m²;

L é o comprimento concomitante, expresso em metros (m), da carga distribuída.

A Figura 6 apresenta um corte transversal da superestrutura que se apoia na cabeceira da ponte.

Figura 6 – Seção transversal do projeto



A Tabela 5 resume os parâmetros adotados e as cargas obtidas para cada variação de encontro.

Tabela 5 – Esforços horizontais de Frenagem e Aceleração

L = **10** m	Comprimento do vão
B = **4,5** m	Largura da faixa de rolamento
CNF = 1 – 0,05 x (n – 2) = **1,05** > 0,9	Coeficiente do número de faixas - 5.1.2.2 NBR 7188:2013
TB450 = **450** kN	Carga móvel
$FN = \max\left(0{,}25\frac{kN}{m^2} \cdot B \cdot L \cdot CNF, 135kN\right)$	Carga de frenagem/aceleração

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

$FN = 0{,}25\frac{kN}{m^2} \cdot 4{,}5 \cdot 10 \cdot 1 \cdot [m^2]$ =11,25 kN Adotado o maior **135 kN**	
$FN_{apoio} = \frac{FN}{n_{apoio}} = \frac{135}{2} =$ **67,5 kN** N_{apoio} = 2 vigas longarinas	Força por ponto de apoio

3.2.5 Variação de Temperatura

A carga devido à variação de temperatura refere-se à carga transmitida aos encontros devido à expansão/retração da superestrutura devido à uma variação uniforme da temperatura do ambiente em que a ponte se encontra. Como hipótese de cálculo, considera-se que a rigidez dos aparelhos de apoio é muito menor que a rigidez dos encontros. A Tabela 6 resume os parâmetros adotados e as cargas obtidas para o encontro.

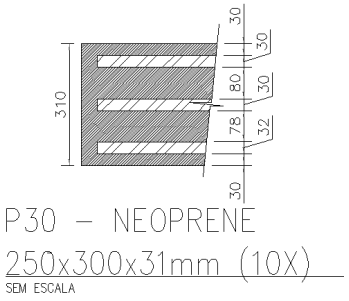
Tabela 6 - Esforços horizontais devido à variação de temperatura

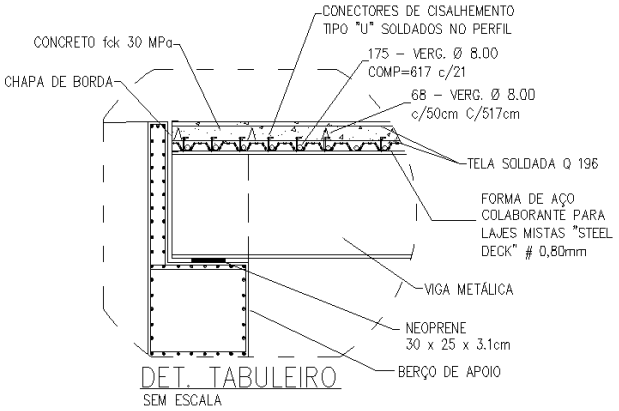
G = 10 kgf/cm² ou 1000 kN/m²	Dureza Shore
e = 3,1 cm ou 0,031 m	Altura dos aparelhos de apoio (ver Figura 7)
ΔT = 30	Variação de temperatura (ºC)
α = 10^{-5}	Coeficiente de dilatação térmica (1/ºC)
L = 10 m	Comprimento do vão
A = 30 cm · 25 cm = 0,075 m²	Área do aparelho de apoio em planta
$k_n = \frac{G \cdot A}{e}$ = 2419,35 kN/m	Rigidez do aparelho de apoio
$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$ $\Delta L = 10 \cdot 10^{-5} \cdot 30$= 3,0·10-^{3} m ou 3,0 mm	Variação de comprimento da superestrutura
$F_{T_{apoio}} = \frac{k_n \cdot \Delta L}{n_{apoios}}$ $F_{T_{apoio}} = \frac{2419{,}35 \cdot 3{,}0 \times 10^{-3}}{5}$= 1,45 kN	Força horizontal devido à variação de temperatura por ponto de apoio

A Figura 7 apresenta o detalhamento do encontro da viga longarina apoiada sobre o aparelho de apoio do tipo neoprene na cabeceira da ponte.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Figura 7 – Detalhe do aparelho de apoio e do encontro da longarina com o encontro





3.2.6 Determinação dos Esforços Atuantes do Empuxo Ativo e Passivo pelo Método de Rankine

Após a determinação das dimensões da estrutura de contenção foram calculados os empuxos da terra atuantes na estrutura bem como foi realizada a verificação da ação produzida pelo maciço terroso sobre as obras em contato. Nesse sentido, é adotado o Método Analítico de Rankine, que supõe o cálculo dos empuxos totais: Ea (Empuxo Ativo) e Ep (Empuxo Passivo).

Assim, para a determinação do empuxo ativo (Ea) e o coeficiente de empuxo ativo (Ka) aplica-se a seguinte equação, dado em kN/m:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \text{, sendo } K_a = \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}} \quad (9)$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \text{, sendo } K_p = \frac{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}}{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}} \quad (10)$$

Além dos empuxos, foram calculados o peso da estrutura, bem como o momento atuante, levando em consideração as características do material utilizado, que no projeto foi adotado uma estrutura em concreto armado.

4. VERIFICAÇÃO AO TOMBAMENTO

PARÂMETROS DO SOLO			
TIPO DE SOLO	γ (kN/m3)	ϕ (Graus)	c' (kPa)
Aterro Compactado	18,20	35,00	8,24

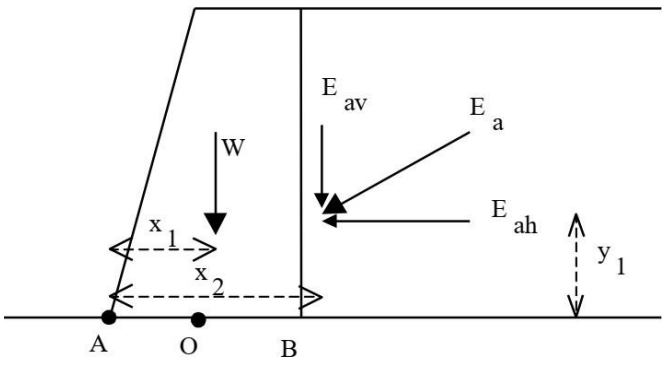
Ângulo de atrito solo x muro..... δ = 2φ/3.....: 23,33

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Adesão..... a = 2c'/3.....: 5,49

EQUAÇÃO FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO - TOMBAMENTO

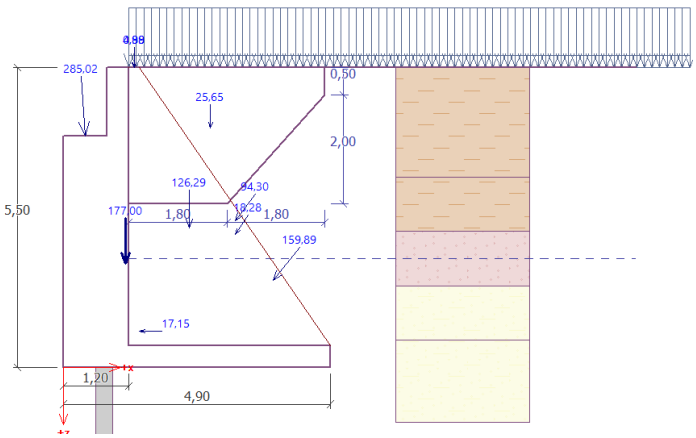
$$FS_{TOMB} = \frac{M_{RES}}{M_{SOLIC}} \geq 1{,}5$$



$$FS_{tomb} = \frac{W.x_1 + E_{av}.x_2}{E_{ah}.\ y_1} \geq 1{,}5.$$

A Figura 8 apresenta as forças atuantes na cabeceira da ponte bem como o fator de segurança obtido ao tombamento.

Figura 8 – Forças atuantes na cabeceira da ponte



Check for overturning stability

Resisting moment M_{res} = 1453,61 kNm/m

Overturning moment M_{ovr} = 264,29 kNm/m

Safety factor = 5,50 > 1,50

Wall for overturning is SATISFACTORY

Overall check - ABUTMENT is SATISFACTORY

O momento resultante do conjunto de forças provenientes do peso próprio da estrutura, do solo, carregamentos superficiais da carga móvel, da superestrutura e do efeito da temperatura foi igual a 264,29 kNm/m, indicando equilíbrio parcial das forças atuantes. O momento resistene ao tombamento é de 1453,61 kNm/m, o que resulta em um fator de segurança igual a 5,50 superior ao fator limite mínimo desejado de 1,50.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

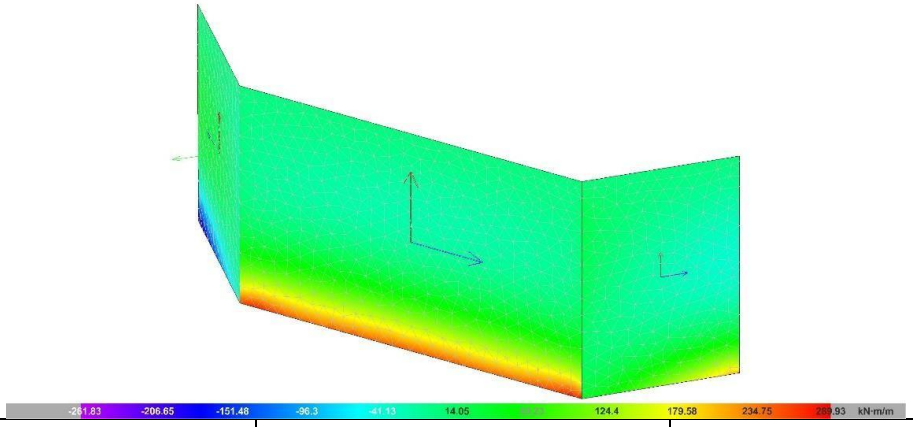
4.1. DIMENSIONAMENTO ALAS E MUROS A FLEXÃO

Esforços solicitantes obtidos pela análise pelo MEF, malha triangular de 0,50m.

Esforços solicitantes..... Vk: 504,42 kN

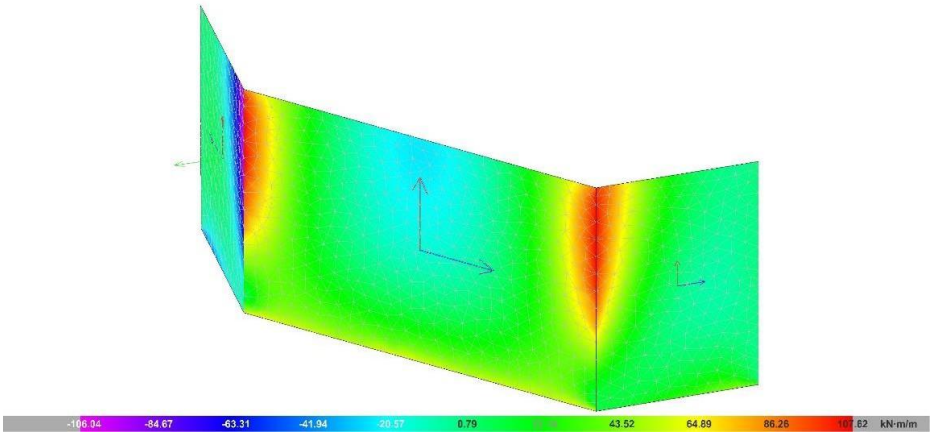
.....Hk: Hki = 0,00 kN – Hkf = 51,14 kN/m²

Flexão sentido X



	M.máx – kNm (+)	**M.min – kNm (-)**
Muro	289,00	40,00
Alas	170,00	41,00

Flexão sentido Y



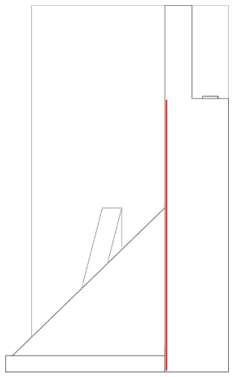
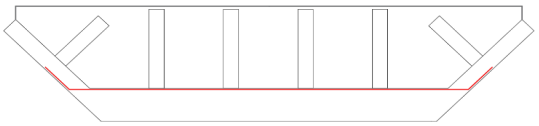
	M.máx – kNm (+)	**M.min – kNm (-)**

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Muro	65,00	40,00
Alas	107,00	20,00

MURO - TRAÇÃO MÁX. NO TARDOZ VERTICAL				**MURO - TRAÇÃO MÁX. NO TARDOZ HORIZONTAL**			
Largura b	100	cm		**Largura b**	100	cm	
Altura h	105	cm		**Altura h**	105	cm	
Altura útil d	101	cm		**Altura útil d**	101	cm	
Cobrimento +Ø/2 d'	4	cm		**Cobrimento +Ø/2 d'**	4	cm	
Resistência concreto fck	25	MPa	Concretos < 30 MPa	**Resistência concreto fck**	25	MPa	Concretos < 30 MPa
Resistencia do aço fyk	50	kn/cm²		**Resistencia do aço fyk**	50	kn/cm²	
Momento fletor serviço Mk	289	knm		**Momento fletor serviço Mk**	65	knm	
Resistencia conc. calc. Fcd	1,7857	kn/cm²		**Resistencia conc. calc. Fcd**	1,7857	kn/cm²	
Tensão admissível σcd	1,518	kn/cm²		**Tensão admissível σcd**	1,518	kn/cm²	
Momento de cálculo Md	40460	kncm		**Momento de cálculo Md**	9100	kncm	
Adimensional μ	0,03		Armadura simples	**Adimensional μ**	0,01		Armadura simples
ξ lim	0,45			**ξ lim**	0,45		
Adimensional μ lim	0,295			**Adimensional μ lim**	0,295		
ξ	0,03808		0	**ξ**	0,01256		0
δ	0,0396			**δ**	0,0396		
σsd'	43,48	kn/cm²		**σsd'**	43,48	kn/cm²	
As'	0	cm²		**As'**	0	cm²	
As	10,7426	cm²		**As**	3,54412	cm²	
Adotado:	2 x ϕ	12,5	cada 20	**Adotado:**	1 x ϕ	12,5	cada 20
Área efetiva:	12,2718	cm2/m	> 10,74 Ok!	**Área efetiva:**	6,13592	cm2/m	> 3,54 Ok!

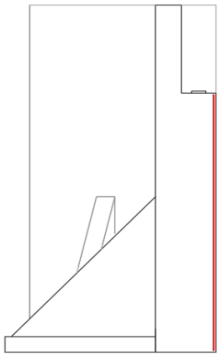
Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

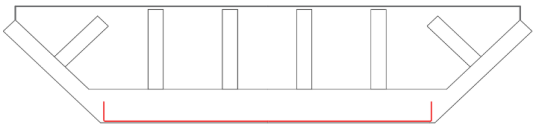
Obs: até a altura de 2m conforme detalhamento. 	

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

MURO - TRAÇÃO MÁX. NO INTRADORSO VERTICAL				MURO - TRAÇÃO MÁX. NO INTRADORSO HORIZONTAL			
Largura b	100	cm		**Largura b**	100	cm	
Altura h	105	cm		**Altura h**	105	cm	
Altura útil d	101	cm		**Altura útil d**	101	cm	
Cobrimento +Ø/2 d'	4	cm		**Cobrimento +Ø/2 d'**	4	cm	
Resistência concreto fck	25	MPa	Concretos < 30 MPa	**Resistência concreto fck**	25	MPa	Concretos < 30 MPa
Resistencia do aço fyk	50	kn/cm²		**Resistencia do aço fyk**	50	kn/cm²	
Momento fletor serviço Mk	40	knm		**Momento fletor serviço Mk**	40	knm	
Resistencia conc. calc. Fcd	1,7857	kn/cm²		**Resistencia conc. calc. Fcd**	1,7857	kn/cm²	
Tensão admissível σcd	1,518	kn/cm²		**Tensão admissível σcd**	1,518	kn/cm²	
Momento de cálculo Md	5600	kncm		**Momento de cálculo Md**	5600	kncm	
Adimensional μ	0		Armadura simples	**Adimensional μ**	0		Armadura simples
ξ lim	0,45			**ξ lim**	0,45		
Adimensional μ lim	0,295			**Adimensional μ lim**	0,295		
ξ	0		Adotar E lim	**ξ**	0		Adotar E lim
δ	0,0396			**δ**	0,0396		
σsd'	43,48	kn/cm²		**σsd'**	43,48	kn/cm²	
As'	0	cm²		**As'**	0	cm²	
As	0	cm²		**As**	0	cm²	
Adotado:	**2 x ϕ**	**12,5**	**cada** **20**	**Adotado:**	**1 x ϕ**	**12,5**	**cada** **20**
Área efetiva:	**12,2718**	**cm2/m**	**> 0,00 Ok!**	**Área efetiva:**	**6,13592**	**cm2/m**	**> 0,00 Ok!**

Obs: até a altura de 2m conforme detalhamento.

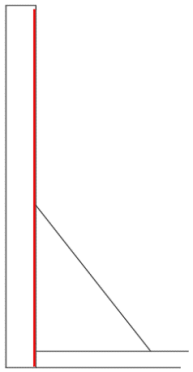


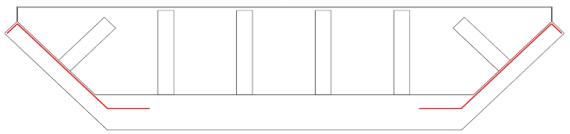


ALA - TRAÇÃO MÁX. NO TARDOZ VERTICAL				ALA - TRAÇÃO MÁX. NO TARDOZ HORIZONTAL			
Largura b	100	cm		**Largura b**	100	cm	
Altura h	50	cm		**Altura h**	50	cm	
Altura útil d	46	cm		**Altura útil d**	46	cm	
Cobrimento +Ø/2 d'	4	cm		**Cobrimento +Ø/2 d'**	4	cm	
Resistência concreto fck	25	MPa	Concretos < 30 MPa	**Resistência concreto fck**	25	MPa	Concretos < 30 MPa

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

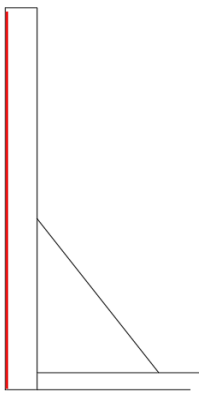
Resistencia do aço fyk	50	kn/cm²		**Resistencia do aço fyk**	50	kn/cm²	
Momento fletor máximo Mk	170	knm		**Momento fletor serviço Mk**	107	knm	
Resistencia conc. calc.				**Resistencia conc. calc.**			
Fcd	1,786	kn/cm²		**Fcd**	1,786	kn/cm²	
Tensão admissível σcd	1,518	kn/cm²		**Tensão admissível σcd**	1,518	kn/cm²	
Momento de cálculo Md	23800	kncm		**Momento de cálculo Md**	14980	kncm	
Adimensional μ	0,07	Armadura simples		**Adimensional μ**	0,05	Armadura simples	
ξ lim	0,45			**ξ lim**	0,45		
Adimensional μ lim	0,295			**Adimensional μ lim**	0,295		
ξ	0,091		0	**ξ**	0,064		0
δ	0,087			**δ**	0,087		
σsd'	43,48	kn/cm²		**σsd'**	43,48	kn/cm²	
As'	0	cm²		**As'**	0	cm²	
As	11,67	cm²		**As**	8,242	cm²	
Adotado:	**2 x ϕ**	**12,5**	**cada**	**Adotado:**	**1 x ϕ**	**12,5**	**cada**
Área efetiva:	**12,27**	**cm2/m**	**>**	**Área efetiva:**	**8,766**	**cm2/m**	**>**
			20				**14**
			11,67				**8,24**
			Ok!				**Ok!**

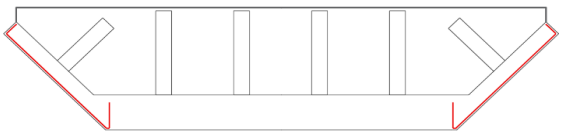




Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

ALA - TRAÇÃO MÁX. NO INTRADORSO VERTICAL					ALA - TRAÇÃO MÁX. NO INTRADORSO HORIZONTAL				
Largura b	100	cm			**Largura b**	100	cm		
Altura h	50	cm			**Altura h**	50	cm		
Altura útil d	46	cm			**Altura útil d**	46	cm		
Cobrimento +Ø/2 d'	4	cm			**Cobrimento +Ø/2 d'**	4	cm		
Resistência concreto fck	25	MPa	Concretos < 30 MPa		**Resistência concreto fck**	25	MPa	Concretos < 30 MPa	
Resistencia do aço fyk	50	kn/cm²			**Resistencia do aço fyk**	50	kn/cm²		
Momento fletor máximo Mk	41	knm			**Momento fletor serviço Mk**	20	knm		
Resistencia conc. calc.					**Resistencia conc. calc.**				
Fcd	1,786	kn/cm²			**Fcd**	1,786	kn/cm²		
Tensão admissível σcd	1,518	kn/cm²			**Tensão admissível σcd**	1,518	kn/cm²		
Momento de cálculo Md	5740	kncm			**Momento de cálculo Md**	2800	kncm		
Adimensional μ	0,02	Armadura simples			**Adimensional μ**	0,01	Armadura simples		
ξ lim	0,45				**ξ lim**	0,45			
Adimensional μ lim	0,295				**Adimensional μ lim**	0,295			
ξ	0,025		0		**ξ**	0,013		0	
δ	0,087				**δ**	0,087			
σsd'	43,48	kn/cm²			**σsd'**	43,48	kn/cm²		
As'	0	cm²			**As'**	0	cm²		
As	3,245	cm²			**As**	1,614	cm²		
Adotado:	**1 x ϕ**	**12,5**	**cada**	**20**	**Adotado:**	**1 x ϕ**	**12,5**	**cada**	**20**
Área efetiva:	**6,136**	**cm2/m**	**>**	**3,24**	**Área efetiva:**	**6,136**	**cm2/m**	**>**	**1,61**
				Ok!					**Ok!**





Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

4.2. DIMENSIONAMENTO DO MURO ÀS SOLICITAÇÕES DA PONTE

6.2.1.- ESPESSURA MÉDIA DO BLOCO

A espessura média do bloco não deve ser menor do que 20 cm (ABNT NBR 6118:2014, 24.6.2).

800.0 cm □ 20.0 cm ✓

Espessura média do bloco	:	*800.0*	cm

6.2.2.- CONCEITUAÇÃO

Blocos são estruturas de volume usadas para transmitir às estacas as cargas de fundação, e podem ser considerados rígidos ou flexíveis por critério análogo ao definido para as sapatas (ABNT NBR 6118:2014, 22.5.1).

22.4.1 - Quando se verifica a expressão a seguir, a sapata é considerada rígida. Caso contrário, a sapata é considerada como flexível:

8000.0 mm □ 3200.0 mm ✓

Onde:

h: Altura da sapata.	**h**	:	*8000.0*	mm
a: Dimensão da sapata em uma determinada direção.	**a**	:	*9900.0*	mm
ap: Dimensão do pilar na mesma direção.	**ap**	:	*300.0*	mm

6.1.3.- ESPAÇAMENTO

No caso de conjuntos de blocos e estacas rígidos, com espaçamento de 2,5 Ø a 3 Ø (onde Ø é o diâmetro da estaca), pode-se admitir plana a distribuição de carga nas estacas (ABNT NBR 6118:2014, 22.5.1).

Se o espaçamento entre estacas for maior que 3 Ø, deve ser prevista armadura de suspensão para a parcela de carga a ser equilibrada (ABNT NBR 6118:2014, 22.5.4.1.3).

1000.0 mm □ 750.0 mm ✓

Espaçamento	:	*1000.0*	mm
Diâmetro da estaca	:	*300.0*	mm

6.2.4.- ESPAÇAMENTO MÍNIMO LIVRE ENTRE AS FACES DAS BARRAS LONGITUDINAIS

O espaçamento mínimo livre entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, deve ser igual ou superior ao maior dos seguintes valores (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.2.2):

- 20 mm
- diâmetro da barra, do feixe ou da luva
- 1,2 vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo:

  18.0 mm Dimensão máxima característica do agregado graúdo: 15.0 mm

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

-

Referência	Diâmetro da barra (mm)	Espaçamento livre (mm)	Passa
Viga - Armadura inferior	**12.5**	**80.8**	✓
Viga - Armadura superior	12.5	91.1	✓
Viga - Estribos horizontais	12.5	181.4	✓
Viga - Estribos verticais	12.5	187.5	✓

-
-

6.2.5.- ELEMENTOS ESTRUTURAIS ARMADOS COM ESTRIBOS

-
- O diâmetro da barra que constitui o estribo deve ser maior ou igual a 5 mm (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.3.2):

- **12.5 mm** ≥ **5.0 mm** ✓

Referência	Diâmetro da barra (mm)	Passa
Viga - Estribos horizontais	**12.5**	✓
Viga - Estribos verticais	12.5	✓

-
-

6.2.6.- ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO

-
- Para controlar a fissuração, deve ser prevista armadura adicional em malha uniformemente distribuída em duas direções para no máximo 20% dos esforços totais, completando a armadura principal, calculada com uma resistência de cálculo de 80% de f_{yd} (ABNT NBR 6118:2014, 22.5.4.1.2).
-

- **469.46 kN** ≥ **352.20 kN** ✓

Armadura adicional	:	*1349.7*	mm²
Esforços totais	:	*1761.01*	kN
f_{yd}: Tensão de escoamento de cálculo. **f_{yd}**	:	*434.78*	Mpa

-
-

6.2.7.- COBRIMENTO

-
- Para garantir o cobrimento mínimo (c_{min}) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na Tabela 7.2, para Δc = 10 mm (ABNT NBR 6118:2014, 7.4.7.2).

- **40.0 mm** ≥ **30.0 mm** ✓

- Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1): CAA I
- Cobrimento nominal : *30.0* mm
-
-

Face	Cobrimento (mm)	Passa
Inferior	40.0	✓
Superior	40.0	✓
Lateral	**40.0**	✓

-

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Referência	Diâmetro da barra (mm)	Espaçamento livre (mm)	Passa
Viga - Armadura inferior	**12.5**	**80.8**	✓
Viga - Armadura superior	12.5	91.1	✓
Viga - Estribos horizontais	12.5	181.4	✓
Viga - Estribos verticais	12.5	187.5	✓

6.2.5.- ELEMENTOS ESTRUTURAIS ARMADOS COM ESTRIBOS

O diâmetro da barra que constitui o estribo deve ser maior ou igual a 5 mm (ABNT NBR 6118:2014, 18.3.3.2):

12.5 mm ≥ 5.0 mm ✓

Referência	Diâmetro da barra (mm)	Passa
Viga - Estribos horizontais	**12.5**	✓
Viga - Estribos verticais	12.5	✓

6.2.6.- ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO

Para controlar a fissuração, deve ser prevista armadura adicional em malha uniformemente distribuída em duas direções para no máximo 20% dos esforços totais, completando a armadura principal, calculada com uma resistência de cálculo de 80% de f_{yd} (ABNT NBR 6118:2014, 22.5.4.1.2).

469.46 kN ≥ 352.20 kN ✓

Armadura adicional		:	*1349.7*	mm²
Esforços totais		:	*1761.01*	kN
f_{yd}: Tensão de escoamento de cálculo.	**f_{yd}**	:	*434.78*	Mpa

6.2.7.- COBRIMENTO

Para garantir o cobrimento mínimo (c_{min}) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na Tabela 7.2, para Δc = 10 mm (ABNT NBR 6118:2014, 7.4.7.2).

40.0 mm ≥ 30.0 mm ✓

Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1): CAA I

Cobrimento nominal : *30.0* mm

Face	Cobrimento (mm)	Passa
Inferior	40.0	✓
Superior	40.0	✓
Lateral	**40.0**	✓

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Os cobrimentos nominais e mínimos estão sempre referidos à superfície da armadura externa, em geral à face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser (ABNT NBR 6118:2014, 7.4.7.5):

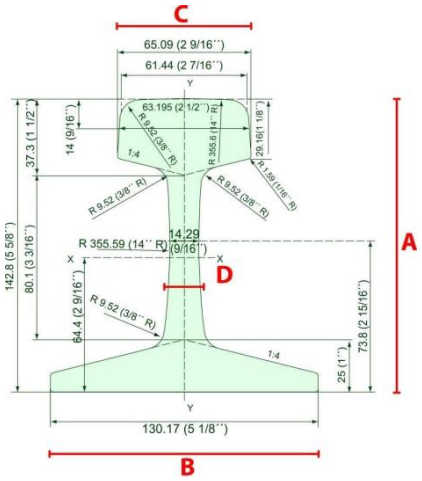
40.0 mm ≥ **12.5 mm** ✓

A dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20% a espessura nominal do cobrimento, ou seja (ABNT NBR 6118:2014, 7.4.7.6):

15.0 mm ≤ **48.0 mm** ✓

4.3. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

As estacas trilhos deverão ser inseridas nos furos previamente escavados, no comprimento especificado em projeto para a respectiva META. A dimensão e peso/m da estaca deverá obedecer ao ilustrado abaixo. No momento da inserção e grauteamento, deverá ser garantido o prumo da estaca para a correta transmissão de esforços.



TRILHO TR - 45

Área (A): 56.90 cm² (8.82 pol.²)

Momento de inércia (Ix): 1610.81 cm4 (38.70 pol. 4)

Módulo de resistência (w) Boleto: 205.82 cm³ (12.56 pol.³) Módulo de resistência (w) Patim: cm³ (15.23 pol.³) 249.58

Legenda simplificada

A (altura): 142.80 mm B (base): 130.17 mm C (boleto): 65.09 mm D (alma): 14.29 mm

A execução das fundações deverá satisfazer às normas da ABNT atinentes ao assunto, especialmente à NBR-6122:2010 / ABNT/ Anexo C – Procedimentos Executivos;

Na execução das estacas o operador não deve cingir-se rigorosamente à profundidade prevista no projeto, porém realizar a cavação até onde a estaca e o material extraído indicarem a presença de camadas suficientemente resistentes para a obra a ser executada.

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO

Informações do Documento

ID do Documento: **1.720.DB0** - Tipo de Documento: **TERMO DE JUNTADA**.

Juntado por **JESSICA LOPES ALENCAR**, **CPF:** 008.92*.**2-*6 , em **10/09/2026 - 11:10:51**

Código de Autenticidade deste Documento: 1147.6110.144U.371U.0887

A autenticidade do documento pode ser conferida no site:
https://athus.santaluzia.ro.gov.br/verdocumento

Cod. de Autenticidade do Doc.: 1147.6110.144U.371U.0887 - ATHUS - PREFEITURA DE SANTA LUZIA DOESTE - RO