



MEMORIAL DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA E INFRAESTRUTURA PONTE DAS ILHAS

Ponte Classe 45 / item 3.5 DA NBR 7188/84

Materiais

Aço Comum: CA – 50 A fyk = 500 MPa

Concreto: Transversinas fck > = 30 MPa
Vigas Moldadas in loco fck > = 30 Mpa
Laje Tabuleiro fck > = 30 MPa
Defensas e Laje de Aproximação fck = 25 MPa
Estacas, travessas, cortinas e abas fck=25MPa

Bibliografia

NBR 6118, NBR 7187, NBR 7188, NBR 7197;

Fundamentos da técnica de armar - P. B. Fusco;

Técnicas de armar as estruturas de concreto - Péricles B. Fusco.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	5
2.1	DESENHOS	5
2.2	MODELO DE CÁLCULO	7
2.2.1	MODELO DE CÁLCULO EM GRELHA(SUPERESTRUTURA)	7
2.3	MODELO DE CÁLCULO DA INFRAESTRUTURA	8
2.3.1	PROPRIEDADES NO MODELO DE CÁLCULO.....	9
3	CARREGAMENTOS	13
3.1	SUPERESTRUTURA.....	13
3.1.1	Peso da longarina	13
3.1.2	Peso da laje.....	14
3.1.3	Peso do pavimento, defensas, gradil e transversina	15
3.1.4	Peso da multidão.....	16
3.1.5	Peso do TB-45.....	21
3.2	CARREGAMENTOS NA INFRAESTRUTURA.....	24
3.2.1	FRENAÇÃO/ACELERAÇÃO	24
3.2.2	VARIAÇÃO DE TEMPERATURA.....	24
3.2.3	EMPUXO DE TERRA NA CORTINA	25
3.2.4	SOBRECARGA DEVIDA A MULTIDÃO NO ATERRO.....	26
3.2.5	VENTO TRANSVERSAL	27
4	DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS	28
4.1	MOMENTOS FLETORES	28
4.1.1	Carga permanente.....	28
4.1.2	Envoltória de cargas acidentais.....	29
4.1.3	Momentos fletores de cálculo.....	30
4.2	FORÇA CORTANTE.....	32
4.2.1	Carga permanente.....	32
4.2.2	Envoltória de cargas acidentais.....	33
4.2.3	Envoltória de forças cortante de cálculo	34
4.2.4	Dimensionamento das vigas transversinas	36
4.3	MOMENTO FLETOR.....	36
4.3.1	Cargas permanentes.....	36
4.3.2	Envoltórias das cargas acidentais	37
4.3.3	Envoltória de momentos fletores de cálculo	38
4.4	FORÇAS CORTANTES	40



4.4.1	<i>Cargas permanentes</i>	40
4.4.2	<i>Envoltórias das cargas acidentais</i>	41
4.4.3	<i>Envoltória de cortantes de cálculo</i>	42
5	DIMENSIONAMENTO DA LAJE	44
5.1	LONGITUDINALMENTE.....	44
5.1.1	<i>CARGAS PERMANENTES</i>	44
5.1.2	<i>CARGAS ACIDENTAIS</i>	45
5.2	TRANSVERSALMENTE	47
5.2.1	<i>CARGAS PERMANENTES</i>	47
5.2.2	<i>CARGAS ACIDENTAIS</i>	47
6	DIMENSIONAMENTO DAS BARREIRAS RÍGIDAS	50
7	REAÇÕES	54
8	DIMENSIONAMENTO DAS TRAVESSAS	60
8.1	DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO	61
8.2	DIMENSIONAMENTO A CORTANTE.....	62
9	DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS METÁLICAS	63
10	VERIFICAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO	66
11	DIMENSIONAMENTO DAS CORTINAS	67
12	DIMENSIONAMENTO DAS ABAS	68

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem por objetivo apresentar os critérios, especificações técnicas e dimensionamentos correspondentes ao projeto executivo da Superestrutura e da Infraestrutura da OAE (Obra de Arte Especial).

Inicialmente montamos todos os elementos estruturais da obra em questão em um modelo tridimensional. Aplicamos todos os esforços preconizados em Norma, sobre laje, viga e travessas, atuando simultaneamente com seus respectivos coeficientes de ponderação nas Combinações usualmente utilizadas para esse tipo de estrutura, onde ocorrem esforços longitudinais e transversais, a saber:

São feitos os levantamentos de todos os carregamentos atuantes sobre a OAE com os respectivos coeficientes de ponderação conforme preconiza a NBR-7187, NBR-7188e NBR-6118.

Confrontamos o resultado mais crítico de cada combinação com a capacidade resistente dos elementos estruturais aos quais são expostos e verificamos se ambos armados conforme desenho, atendem as hipóteses.

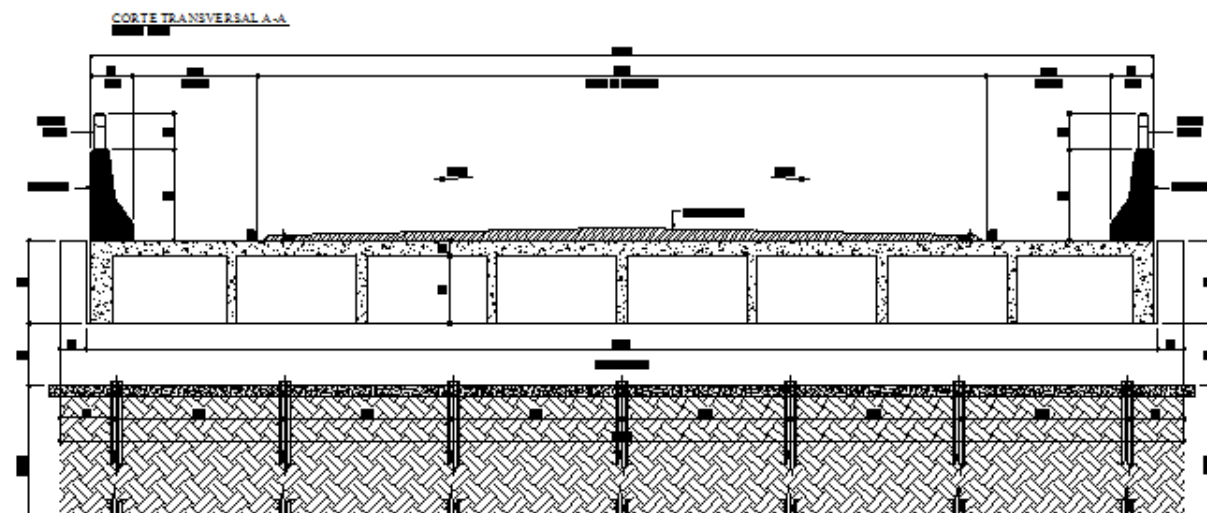
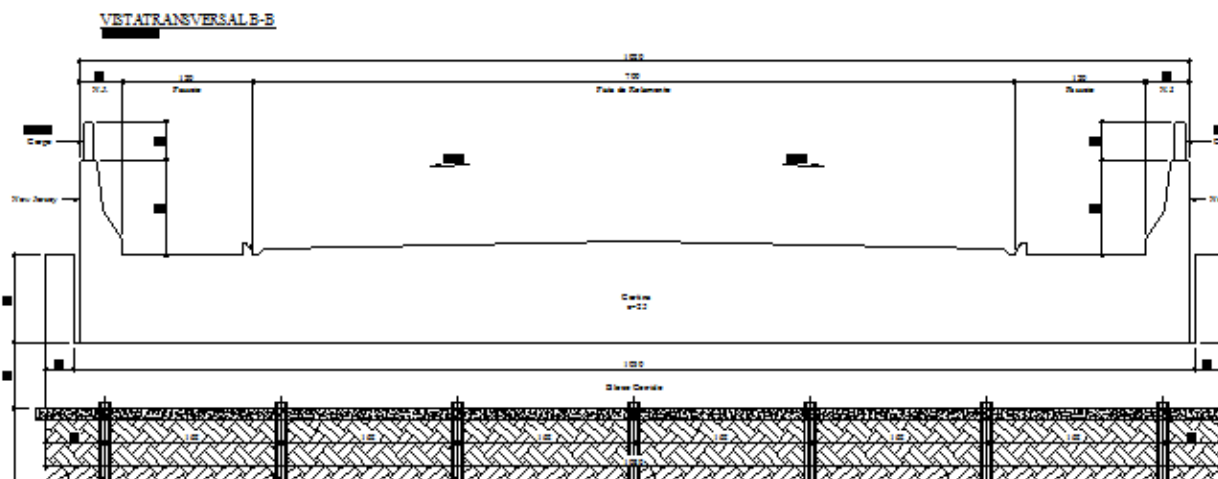
O mesmo procedimento foi adotado com a estrutura, aonde foi considerada uma envoltória de esforços devidos às cargas móveis.

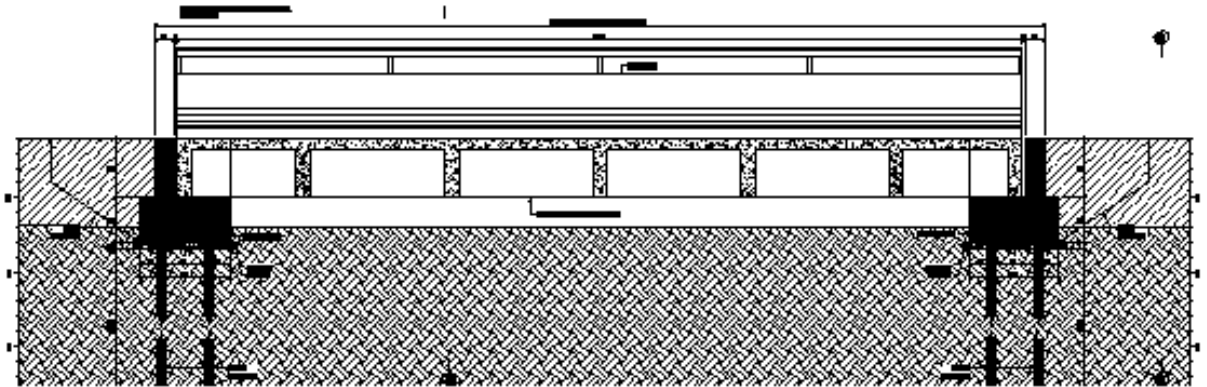
Sendo assim, consideramos que as armaduras indicadas, concretos e geometria, atendem ao dimensionamento nas piores hipóteses, na fase construtiva e ao longo de sua vida útil.

Utilizamos para o processamento da estrutura o programa: STRAP (Structural Analysis Program) – Versão 2013

2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

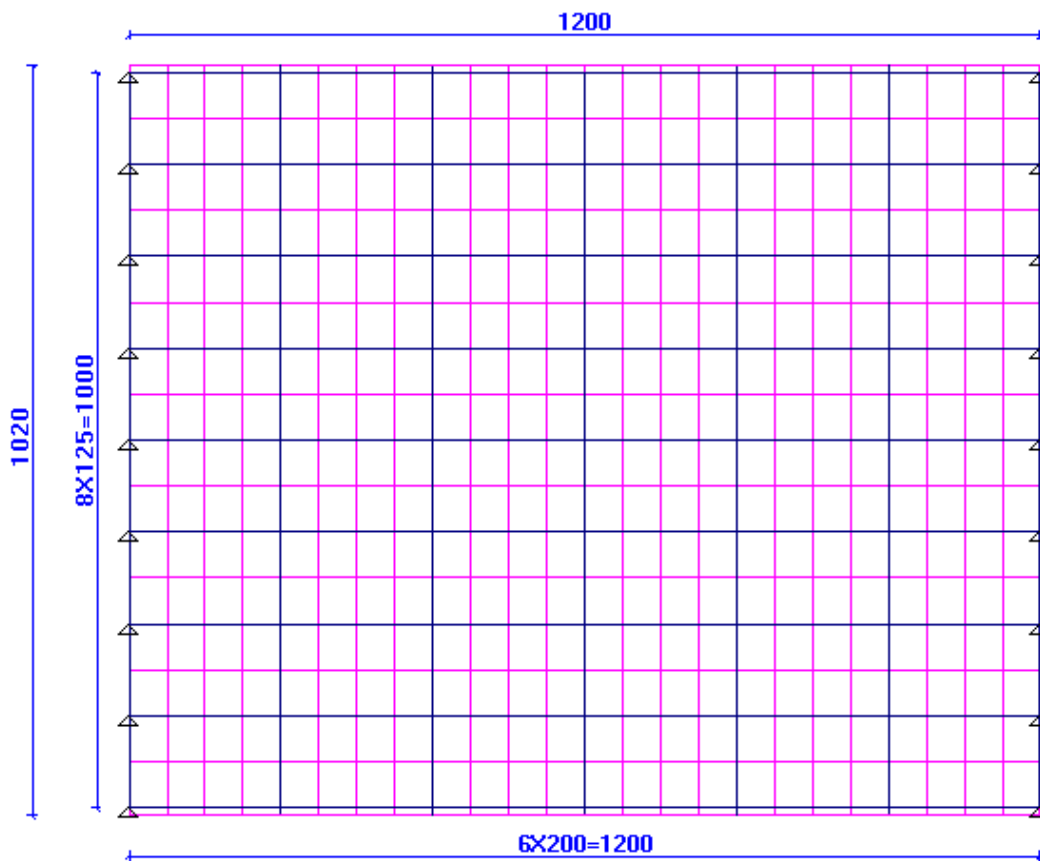
2.1 DESENHOS





2.2 MODELO DE CÁLCULO

2.2.1 MODELO DE CÁLCULO EM GRELHA(SUPERESTRUTURA)



2.3 MODELO DE CÁLCULO DA INFRAESTRUTURA

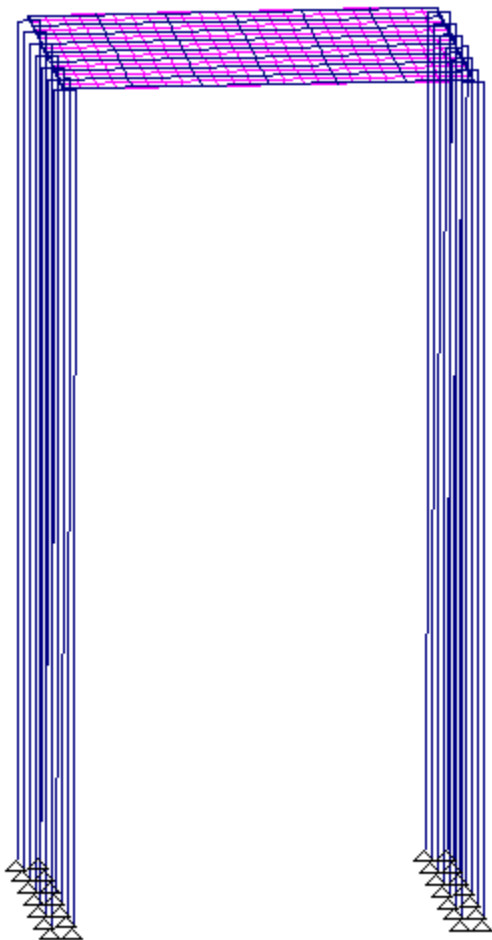




TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - metros)				
$A=0.2962E+00$ Material = 3 - C30 $h_2=0.625$	$I_2=0.2319E-01$ $h_3=0.950$.625 .950 .200	$I_3=0.5553E-02$ Perímetro=3.150 $e_2=0.313$	$J=0.4984E-02$ $e_3=0.601$	$SF_2=0.500$ $SF_3=0.500$
PROPRIEDADE N.4 - P4 Espessura = 0.250 Material = 3 - C30 , 2 - C30				
PROPRIEDADE N.5 - T0.2x0.9+1.8x0.25				
$A=0.5800E+00$ Material = 3 - C30 $h_2=1.800$	$I_2=0.2735E-01$ $h_3=0.900$ 1.80 .900 .200	$I_3=0.1219E+00$ Perímetro=5.400 $e_2=0.900$	$J=0.1097E-01$ $e_3=0.674$	$SF_2=0.500$ $SF_3=0.500$

MODELO DE CÁLCULO DA INFRAESTRUTURA

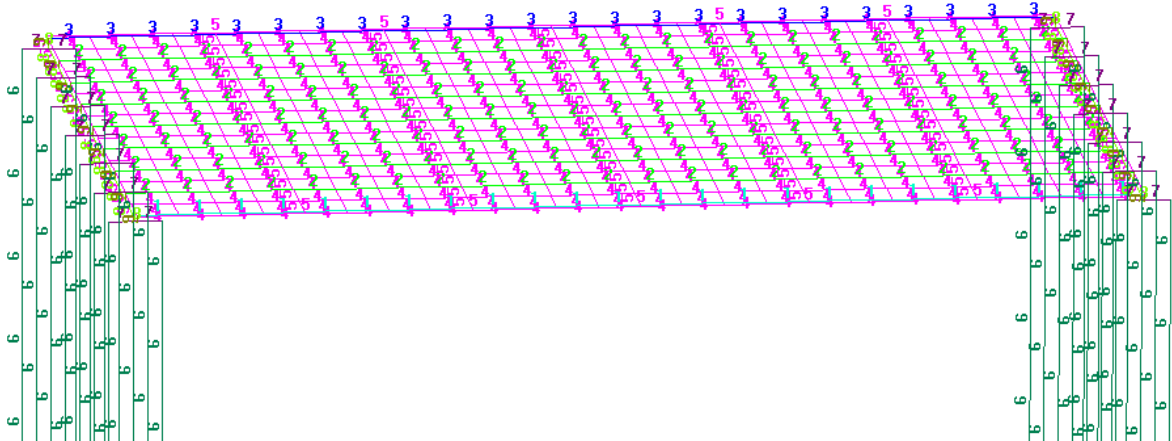


TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - metros)					
PROPRIEDADE N.1 - T0.2x0.95+0.63x0.25					
A=0.2962E+00	I2=0.2319E-01	I3=0.5553E-02	J=0.4984E-02	SF2=0.500	
Material = 3 - C30	h2=0.625	h3=0.950	Perímetro=3.150	SF3=0.500	
		.625	e2=0.313	e3=0.601	
.950	.200				
		Eixos locais			
PROPRIEDADE N.2 - T0.1x0.95+1.25x0.25					
A=0.3825E+00	I2=0.1739E-01	I3=0.4075E-01	J=0.6187E-02	SF2=0.500	
Material = 3 - C30	h2=1.250	h3=0.950	Perímetro=4.400	SF3=0.500	
		1.25	e2=0.625	e3=0.738	
.950	.100				
		Eixos locais			
PROPRIEDADE N.3 - T0.2x0.95+0.63x0.25					
A=0.2962E+00	I2=0.2319E-01	I3=0.5553E-02	J=0.4984E-02	SF2=0.500	
Material = 3 - C30	h2=0.625	h3=0.950	Perímetro=3.150	SF3=0.500	
		.625	e2=0.313	e3=0.601	
.950	.200				
		Eixos locais			
PROPRIEDADE N.4 - P4					
Espessura =		0.250			
Material = 3 - C30 , 2 - C30					
PROPRIEDADE N.5 - T0.2x0.9+1.8x0.25					

Hba Projetos e Assessoria Ltda

www.hba.eng.br - e-mail: hba@hba.eng.br

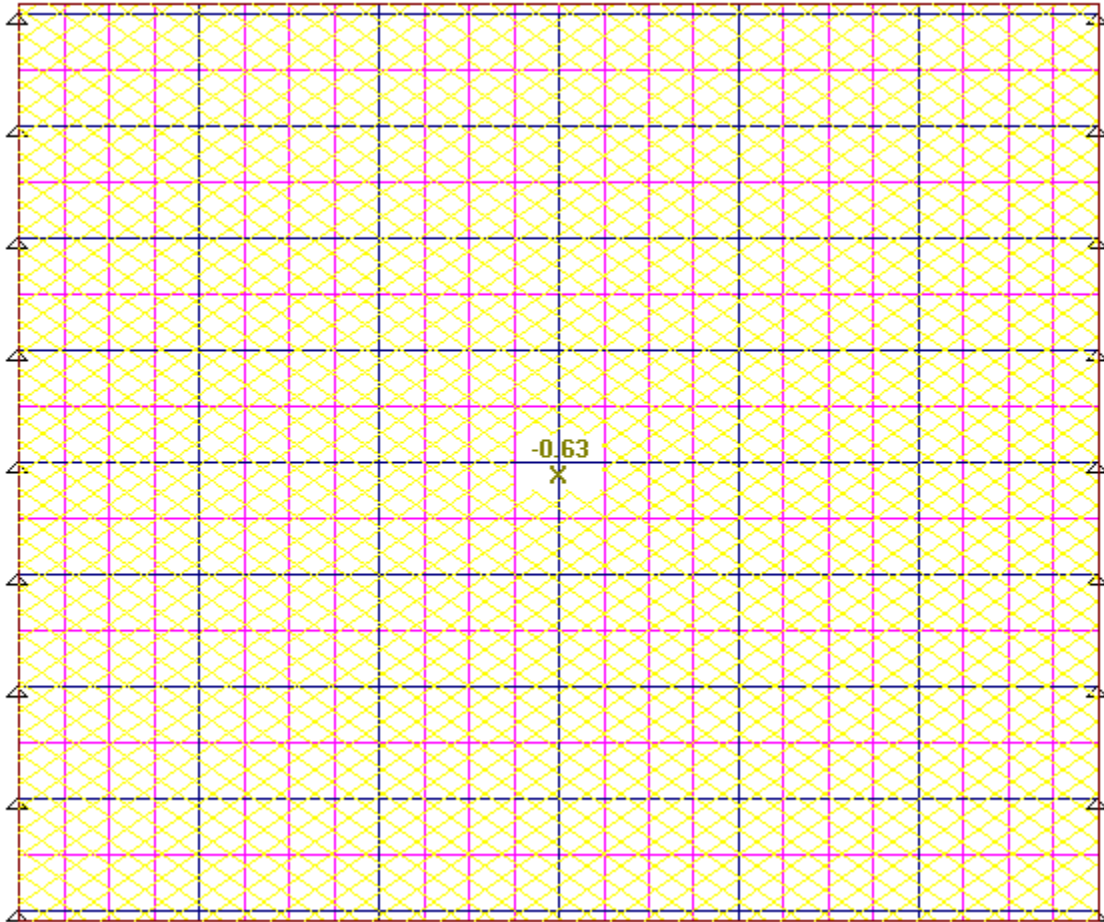
Rua Dr. Luiz de Freitas Melro, 395 sala 508, Centro - Blumenau SC CEP 89010-310

Tel. 55-47-3232-2262 / 55-47-3232-2267

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - metros)				
A=0.5800E+00 Material = 3 - C30 h2=1.800	I2=0.2735E-01 h3=0.900 1.80	I3=0.1219E+00 Perímetro=5.400 e2=0.900	J=0.1097E-01 e3=0.674	SF2=0.500 SF3=0.500
PROPRIEDADE N.6 - P6				
A=0.4158E+00 Material = 4 - STEE h2=0.018	I2=0.6565E-05 h3=0.009	I3=0.6565E-05 Perímetro=0.054 e2=0.009	J=0.1100E-09 e3=0.007	SF2=0.500 SF3=0.500

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - metros)				
PROPRIEDADE N.7 - 50/50				
A=0.2500E+00 Material = 4 - STEE h2=0.500	I2=0.5208E-02 h3=0.500 x3	I3=0.5208E-02 Perímetro=2.000 e2=0.250	J=0.8802E-02 e3=0.250	SF2=0.850 SF3=0.850
PROPRIEDADE N.8 - 120/60				
A=0.7200E+00 Material = 5 - C25 h2=1.200	I2=0.2160E-01 h3=0.600 x3	I3=0.8640E-01 Perímetro=3.600 e2=0.600	J=0.5933E-01 e3=0.300	SF2=0.850 SF3=0.850
PROPRIEDADE N.9 - D2.34				
A=0.4301E-03 Material = 6 - C20 h2=0.023	I2=0.1472E-07 h3=0.023 Circ., Diâmetro=	I3=0.1472E-07 Perímetro=0.074 e2=0.012	J=0.2943E-07 e3=0.012	SF2=0.890 SF3=0.890

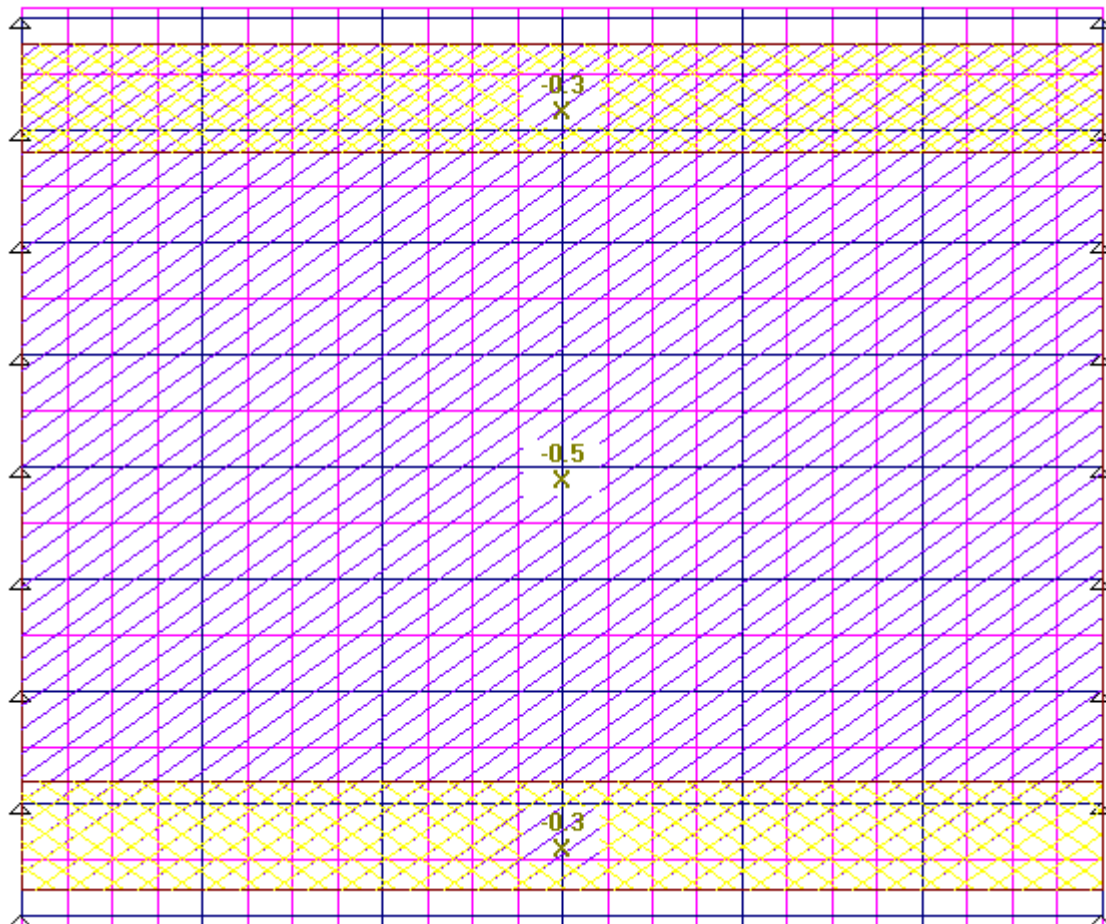
3.1.2 Peso da laje

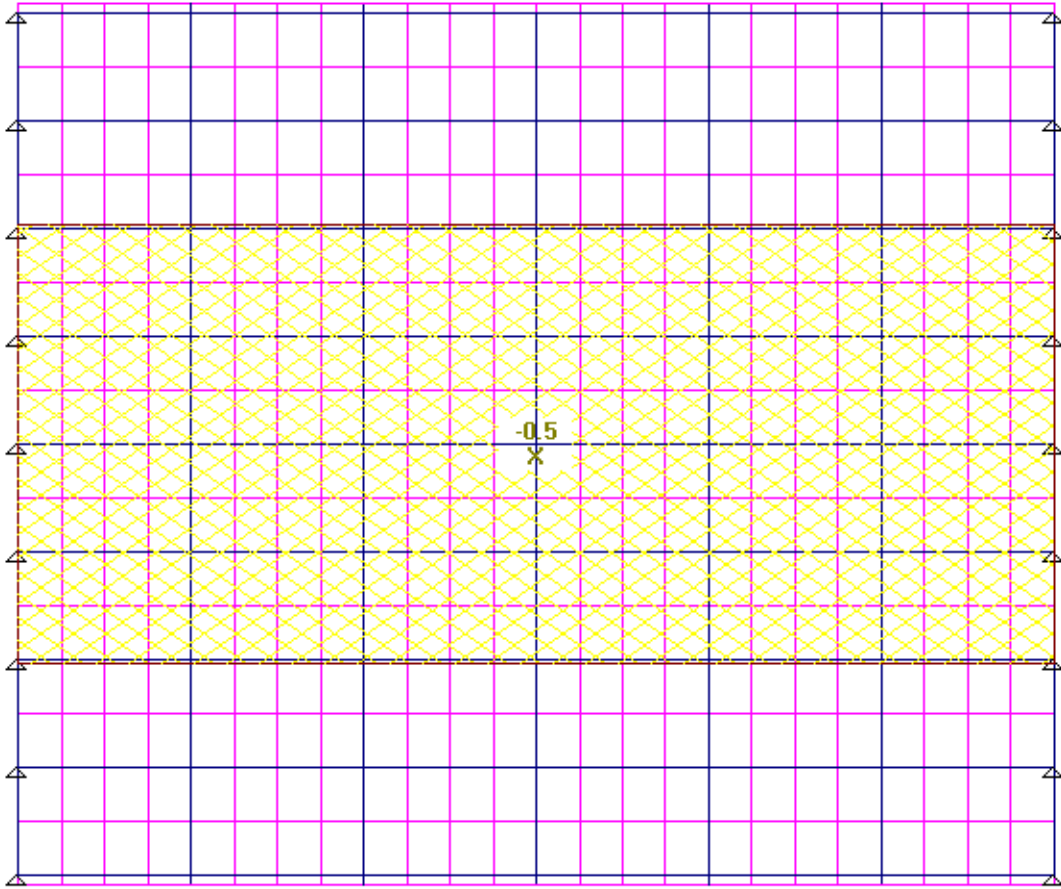


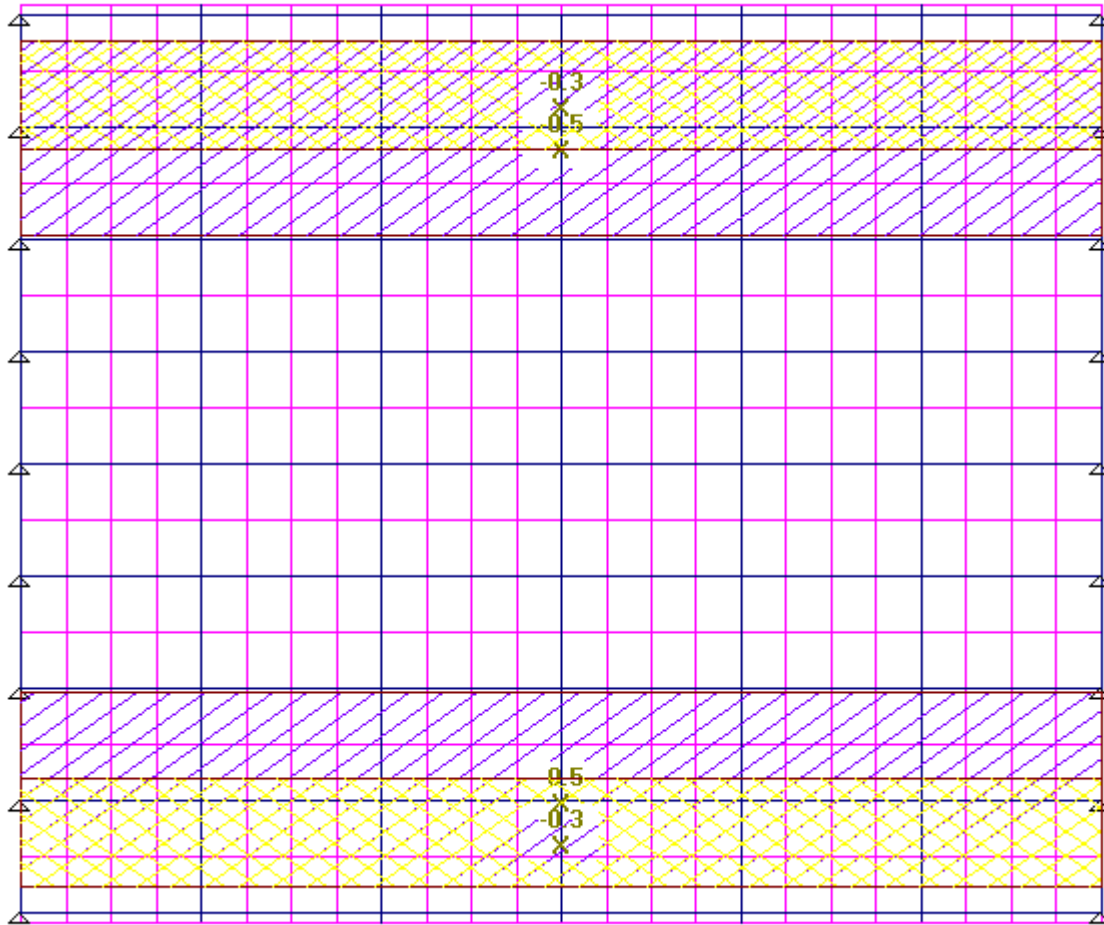
3.1.4 Peso da multidão

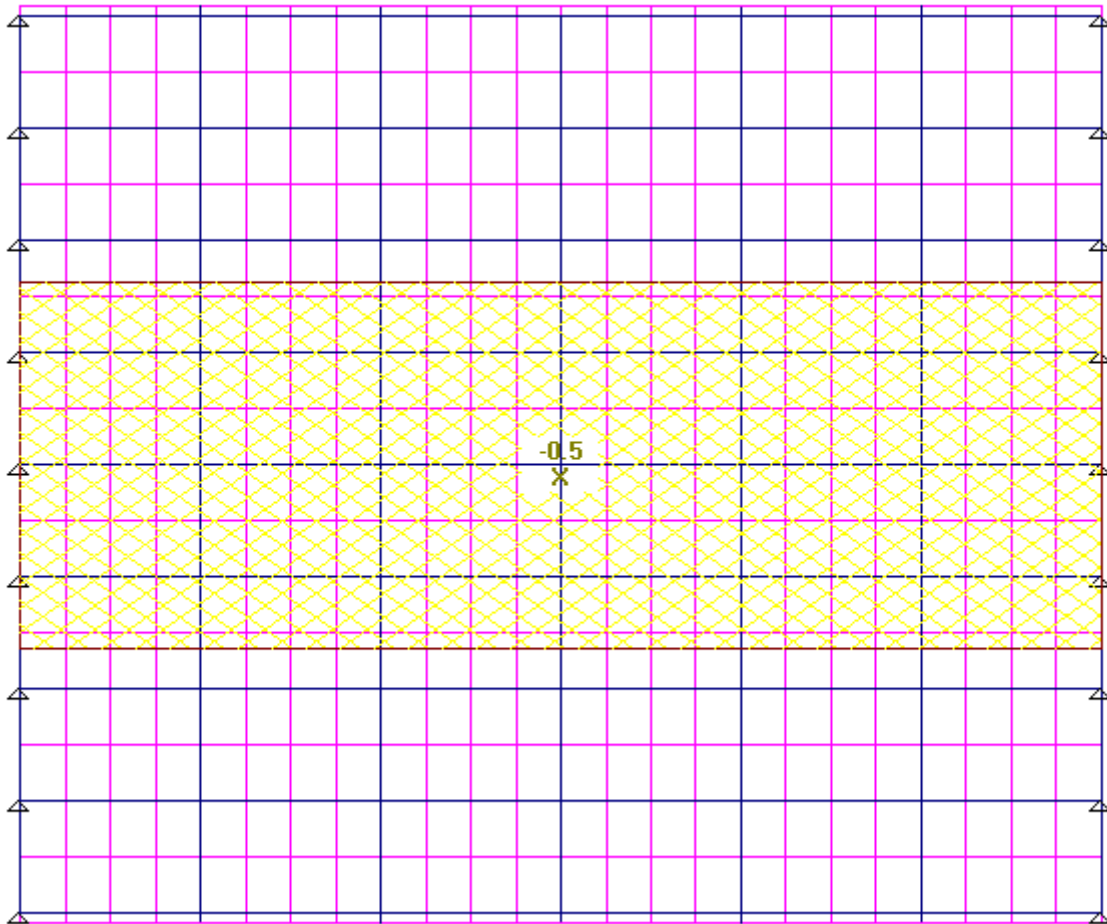
Aplicamos os carregamentos de multidão nas formas que causem maior solicitação nos diversos elementos da obra

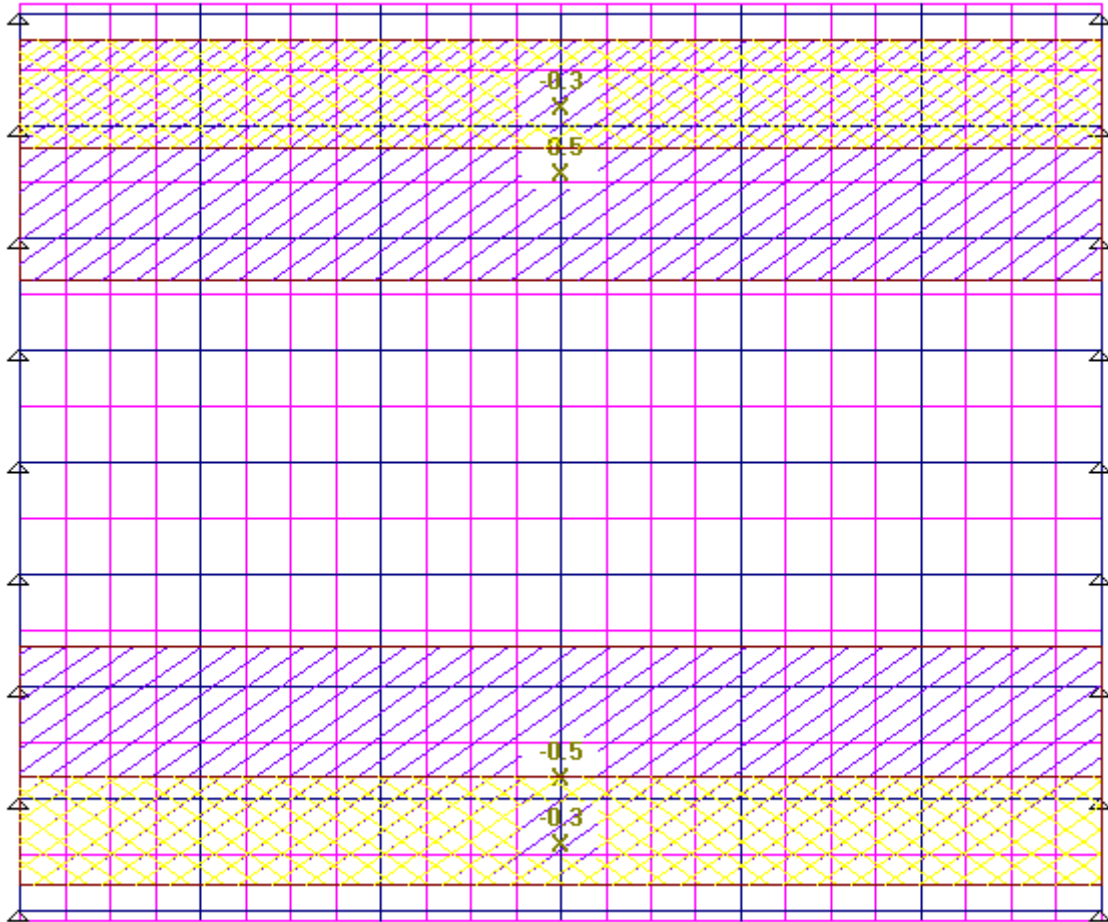
O coeficiente de impacto seá adicionado nas combinações





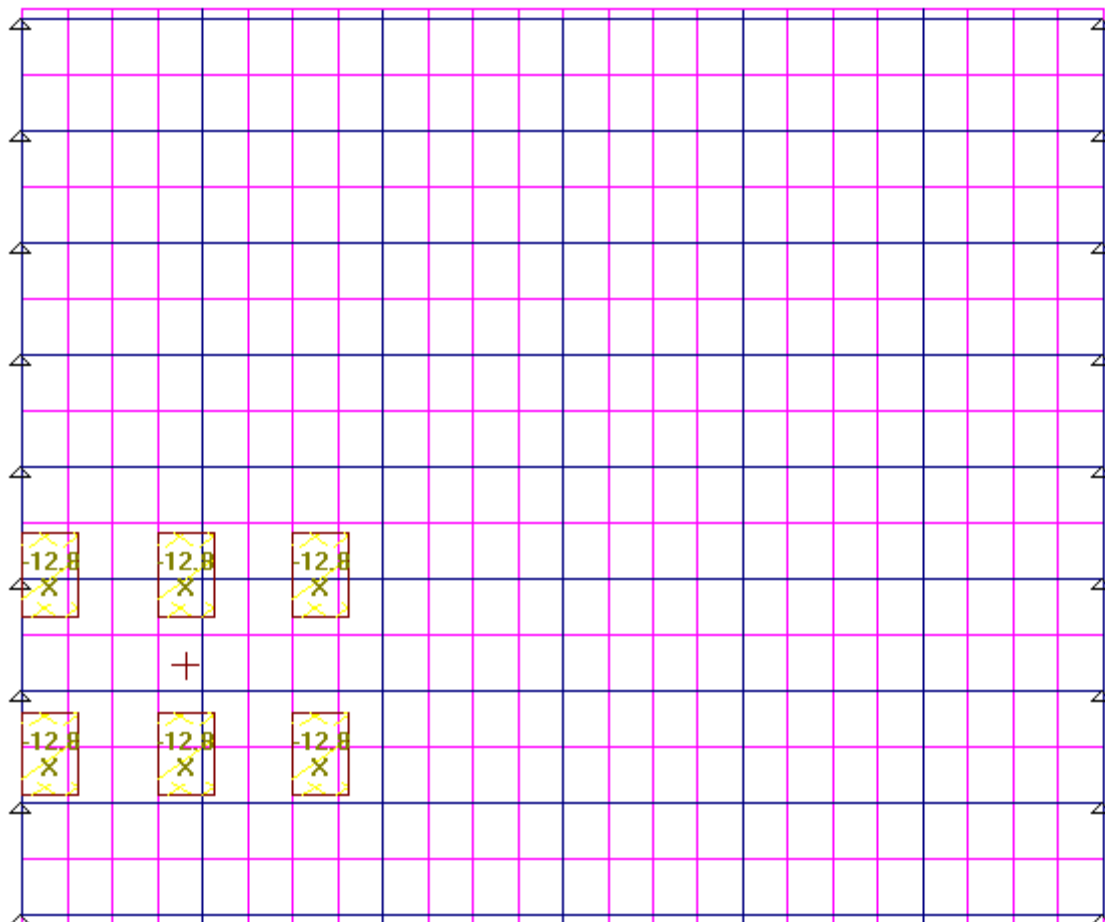


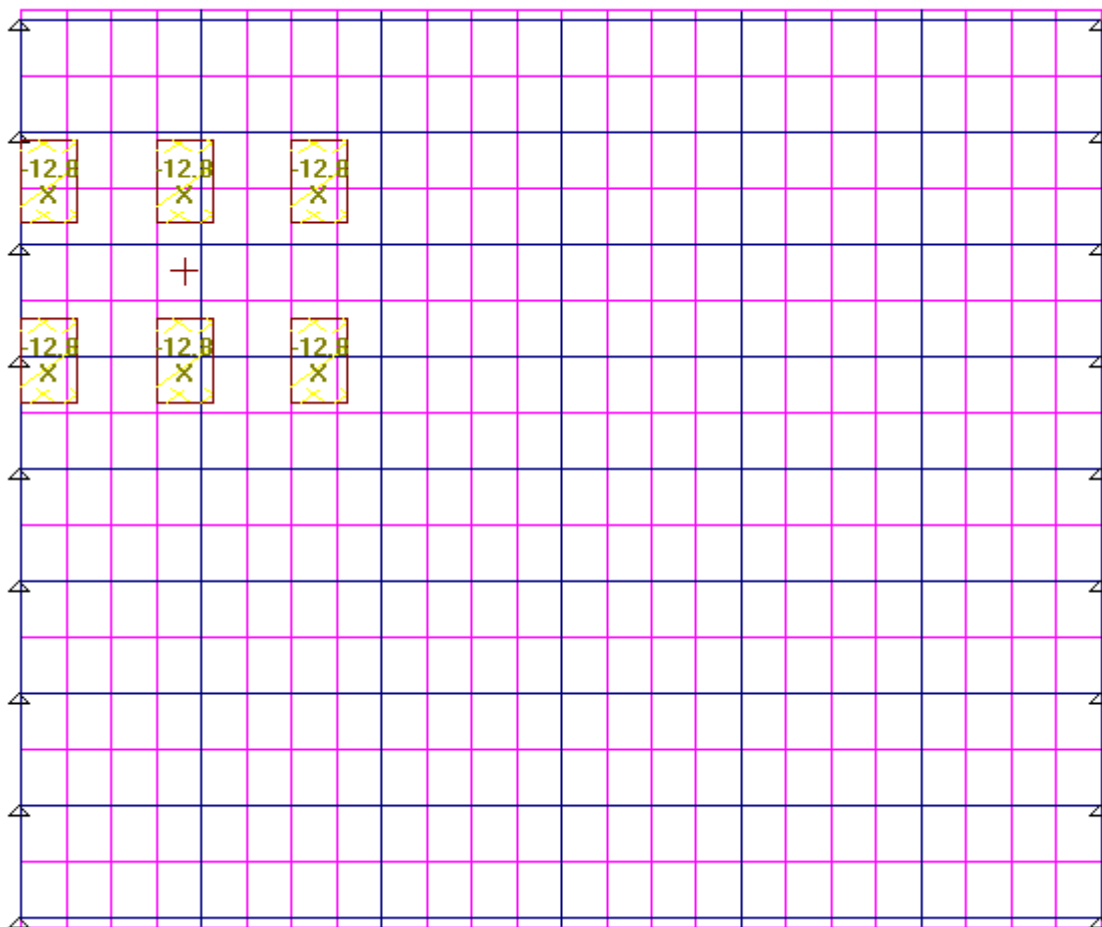


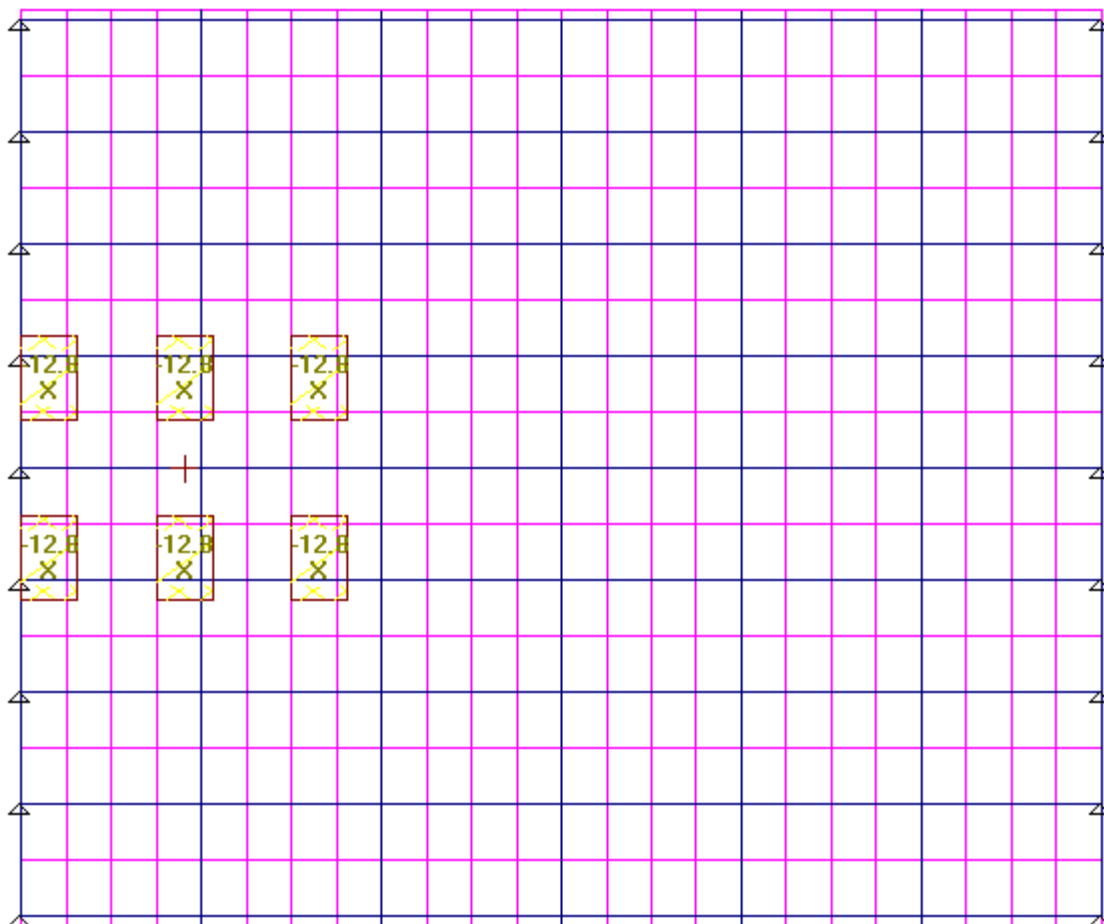


3.1.5 Peso do TB-45

Distribuímos o peso do TB-45 pelas 6 rodas de 20x50cm e fizemos o mesmo rodar pelo tabuleiro de metro em metro por diversas faixas



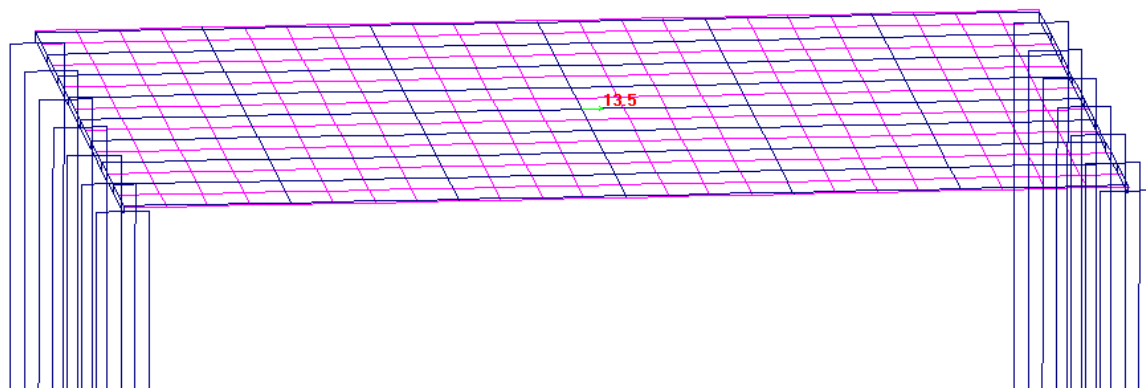




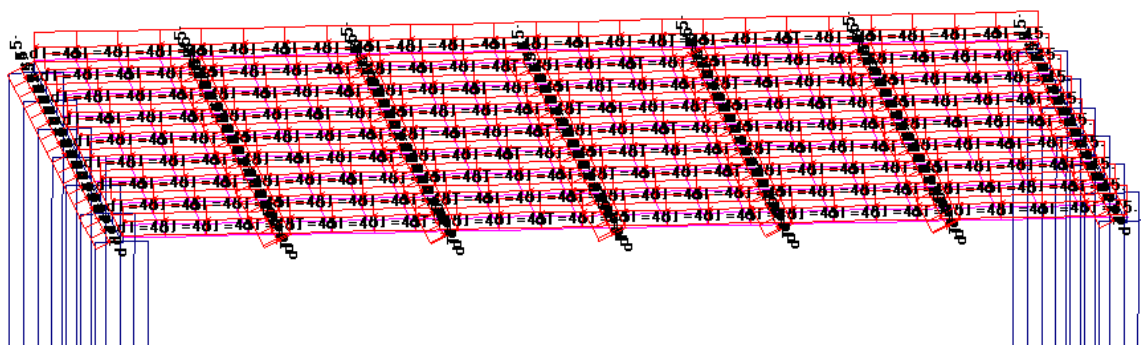
3.2 CARREGAMENTOS NA INFRAESTRUTURA

3.2.1 FRENAÇÃO/ACELERAÇÃO

EQUIVALENTE A 30% DO TB-45=-.0*45=23.5TF

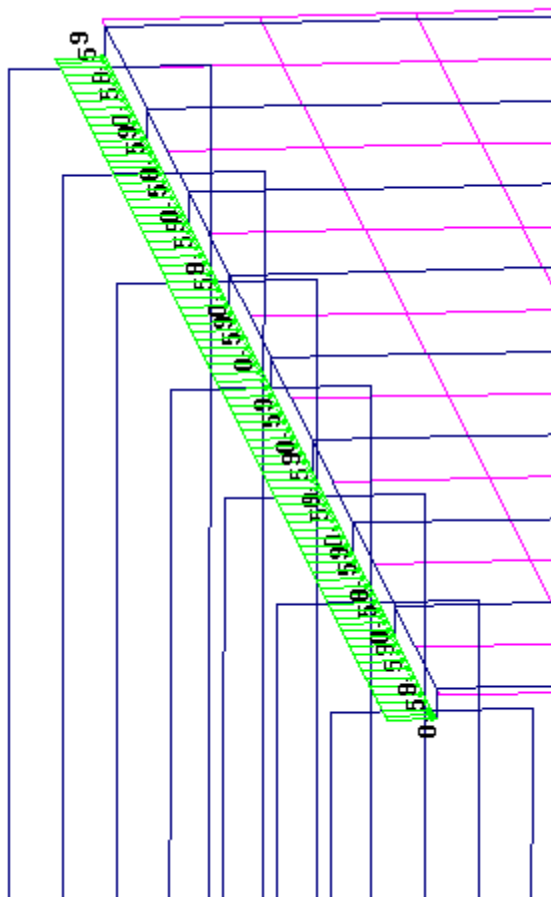


3.2.2 VARIAÇÃO DE TEMPERATURA



EQUIVALENTE A -45C

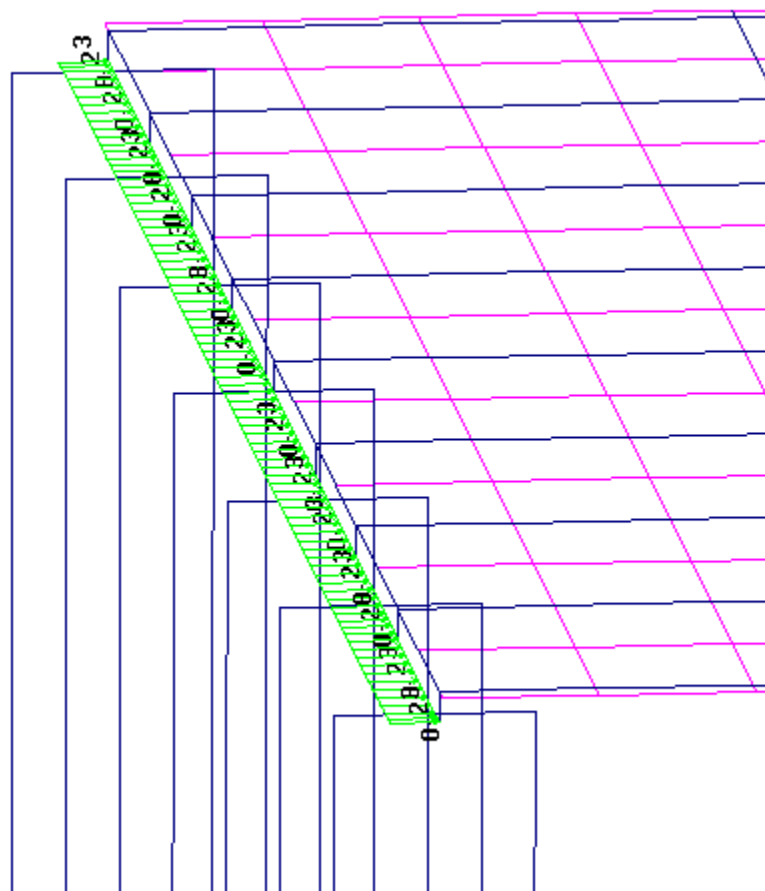
3.2.3 EMPUXO DE TERRA NA CORTINA



EMPUXO DE TERRA

hcortina=	1.40	m			
l cortina=	1	m			
γ solo=	1.8	tf/m ³			
Empuxo=	0.59	tf (total)	Empuxo=	0.59	tf/m (por metro)
Empuxo = γ solo * h ² cortina * lcortina / 6					

3.2.4 SOBRECARGA DEVIDA A MULTIDÃO NO ATERRO



SOBRECARGA DEVIDA A MULTIDÃO NO ATERRO

$p = 0.50 \text{ tf/m}^2$

$S = 0.23 \text{ tf (total)}$

$S = 0.23 \text{ tf/m}$

Onde $S = p * l_{cortina} * h_{cortina} / 3$

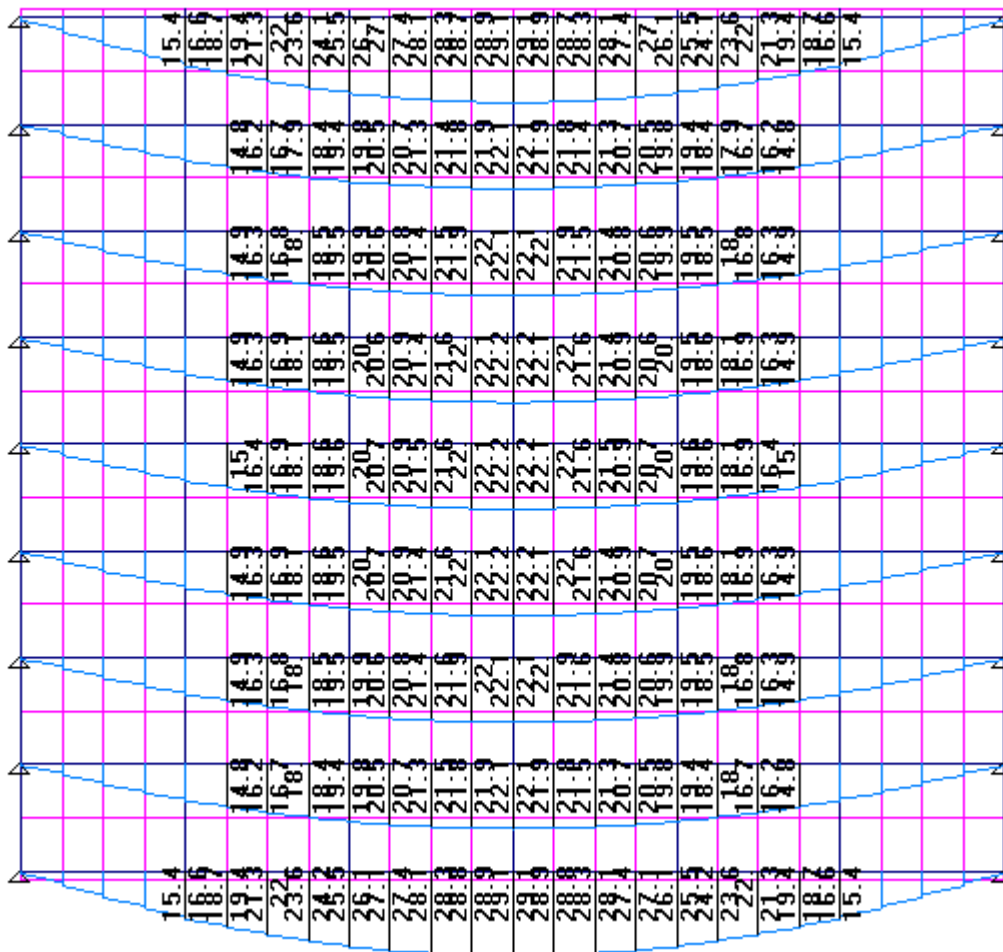


4 DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

Com os resultados obtidos nos carregamentos, dimensionamos as vigas

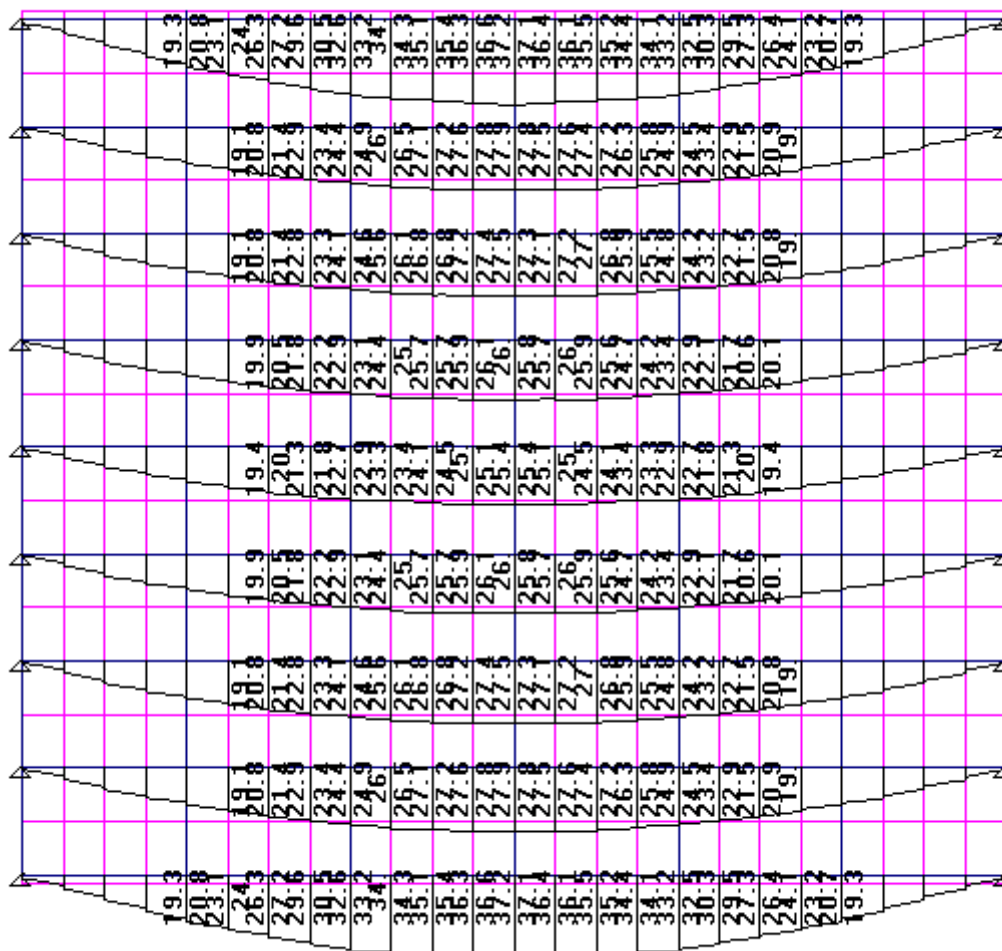
4.1 Momentos fletores

4.1.1 Carga permanente



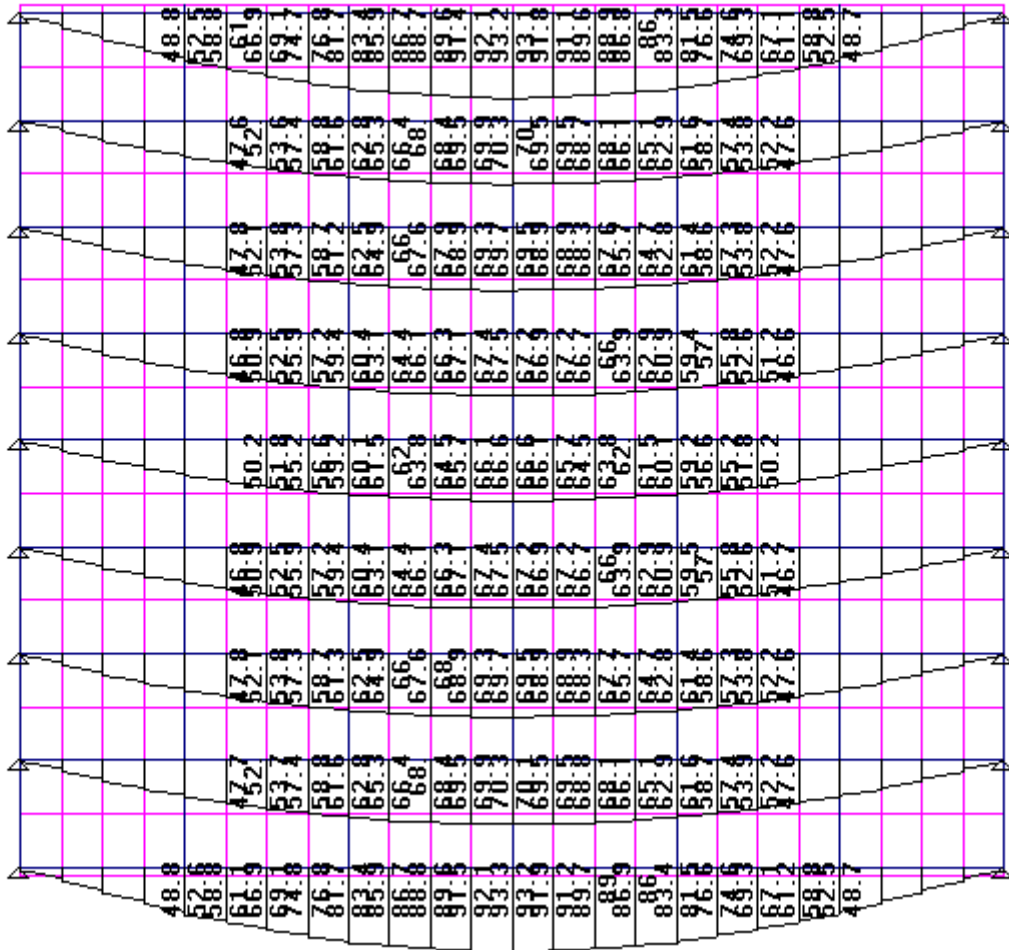


4.1.2 Envoltória de cargas acidentais





4.1.3 Momentos fletores de cálculo



Dimensionando temas :

Dados de entrada

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{eq} =$	1.35	$\gamma_{eq} =$	1.50
$\gamma_{eq} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{eq} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/EC fissuração	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/EC fadiga	10

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

- Classe I - fraca
- Classe II e III - moderada a forte
- Classe IV - Muito forte

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA

Esforços solicitantes		VIGA DE BORDA	VIGA CENTRAL
M _{gk}	(tfm)	43.30	33.20
M _{gk max}	(tfm)	37.20	27.90
M _{gk min}	(tfm)		

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30	30
f _{yk}	(MPa)	500	500

Propriedades da seção

b _f	(cm)	62.50	125.00
h _f	(cm)	25.00	25.00
b _w	(cm)	20.00	10.00
h	(cm)	90.00	90.00
b _{inf}			
h _{inf}			
espaç. barra horizon	(cm)	4	4

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	20.0	20.0
barras por camada		5	3
cobrimento na armad	(cm)	3.00	3.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)		
d'	(cm)		

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm)	114.3	86.7
d	(cm)	83.5	82.5
x	(cm)	16.31	5.94
A _s	(cm ²)	34.16	24.88
A _{s' nec.}	(cm ²)		

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax tensões}	(tfm)	62	47.15
M _{Dmin tensões}	(tfm)	43	33.20
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2534	2750
σ _{smin}	(kgf/cm ²)	1773	1937
Δσ _s	(kgf/cm ²)	762	814
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)	1850	1850
K < 1.79		1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ²)	34.16	24.88

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)	2439	2458
ρ _{ri}		0.088	0.088
w ₁	(mm)	0.21	0.21
w ₂	(mm)	0.07	0.08
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30
K		1.00	1.00
A _{scorr.}	(cm ²)	34.16	24.88

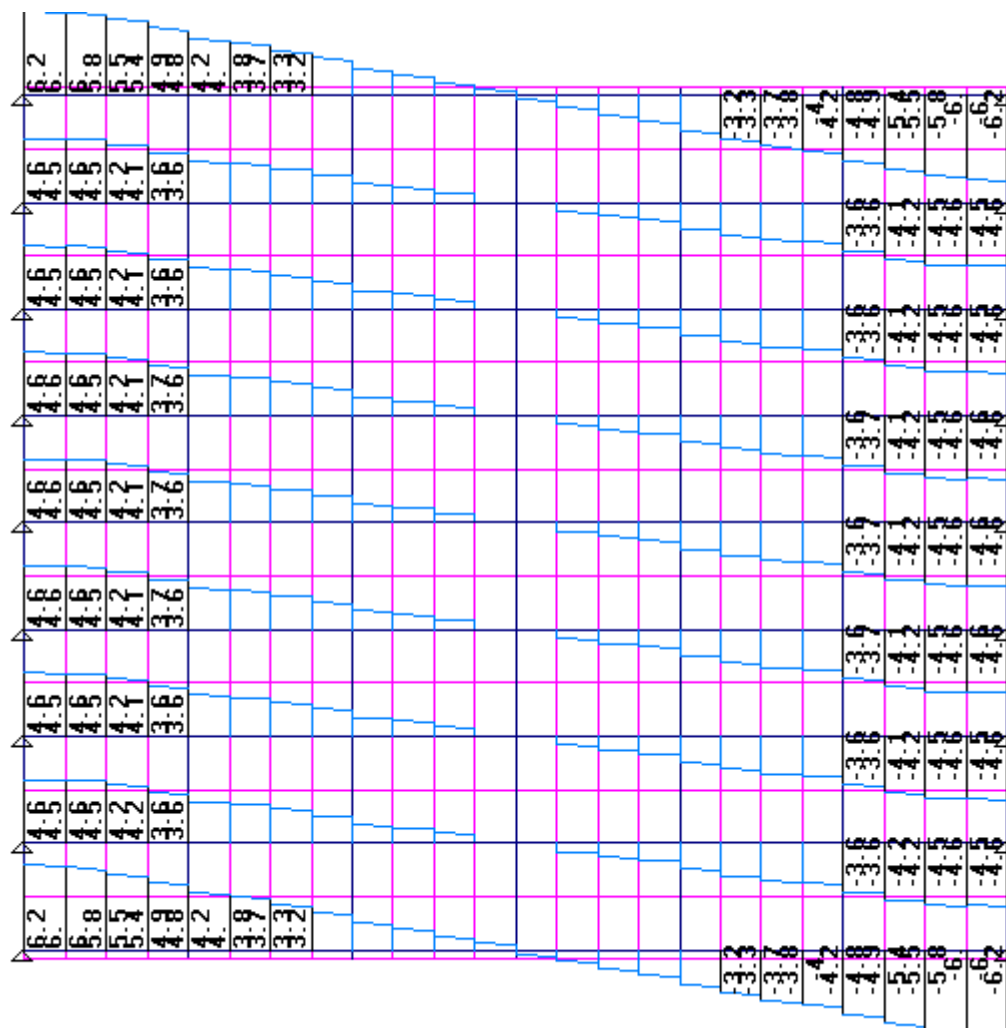
Armadura sugerida

		(11Ø20mm)	(8Ø20mm)
CG barras	(cm)	6.5	7.5
número de camadas		3	3

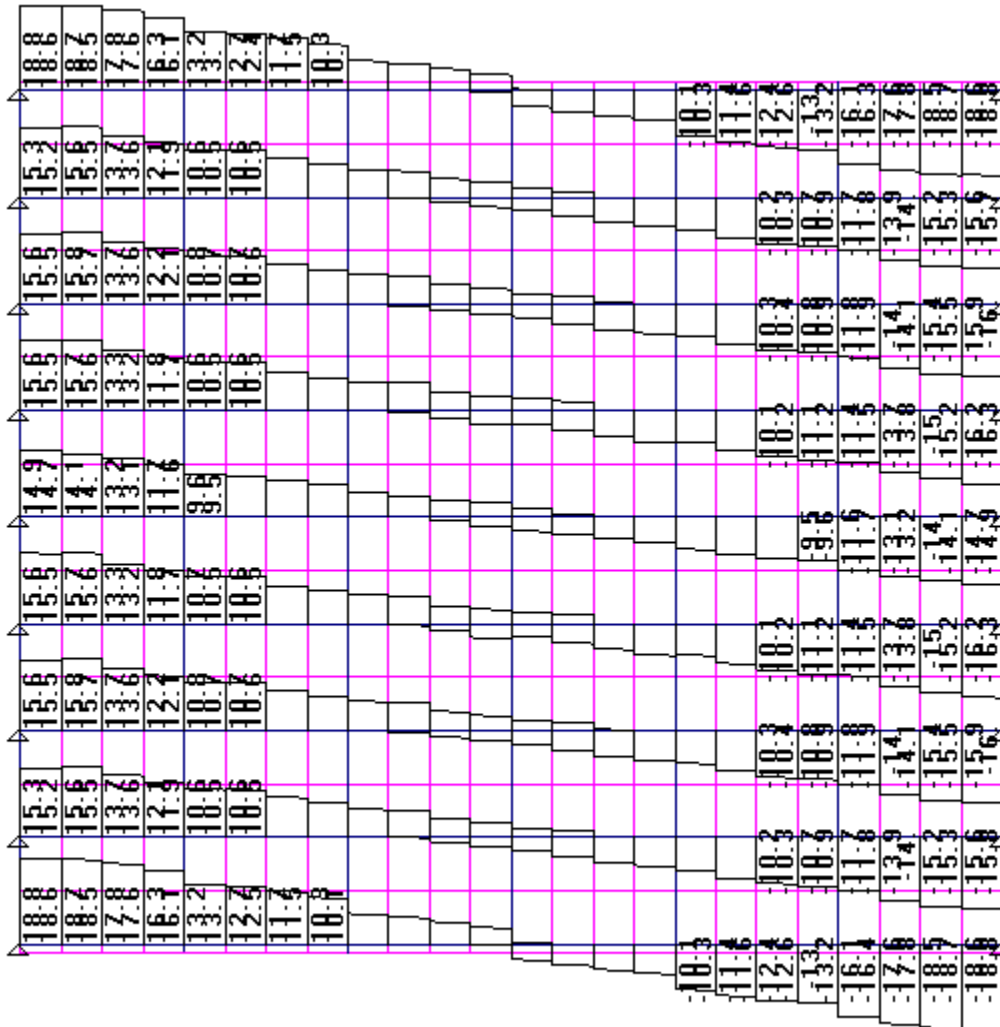


4.2 Força cortante

4.2.1 Carga permanente



4.2.3 Envolvória de forças cortante de cálculo



Dados de entrada

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

γ_{f1}	1.35	γ_{f2}	1.50
γ_{f3}	1.00	γ_{f4}	0.90

Modelo de ve

Modelo I

Modelo I

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

γ_{f1}	1.00	ψ_1	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	Δ_{fd} fadiga (MPa)	85

Calcular

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

γ_c	1.4
γ_s	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

f_{ck} (MPa)	30.00	Ø Bainha (cm)	0
f_{yk} (MPa)	500	TETA (°)	45
α (graus)	90		

CONCRETO ARMADO

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		1	1-A
Vgk	(tf)	4.60	6.20
Vqkmax	(tf)	6.50	7.20
Vqkmin	(tf)	0.00	0.00
Vpk	(tf)		
Tgk	(tf m)		
Tqk	(tf m)		

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

		1	1-A
d	(cm)	80.00	80.00
bw	(cm)	10.00	20.00
bainha na alma		n	n
bw útil	(cm)	10.00	20.00
bitola (mm)	(mm)	8	8
Ramos de estribo		2	2
Ae	(cm ²)		
hef	(cm)		
uef	(cm)		

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		1	1-A
Vsd	(tf)	16	19
Vrd2	(tf)	41	81
Tsd	(tf m)	0	0
Trd2	(tf m)		
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.39	0.24

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

		1	1-A
fctm	(MPa)	2.90	2.90
fctd	(MPa)	1.45	1.45
Vc = Vco	(tf)	14	28
Taxa mínima		0.12	0.12
Aswmin	(cm ² /m)	1.16	2.32
Asw	(cm ² /m)	0.66	0.00

$V_{co} (1+M_o/M_s d)$ $V_{co} (1+M_o/M_s d)$

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

Al/s (pele)	(cm ² /m)		
AsT/s (torção)	(cm ² /m)		

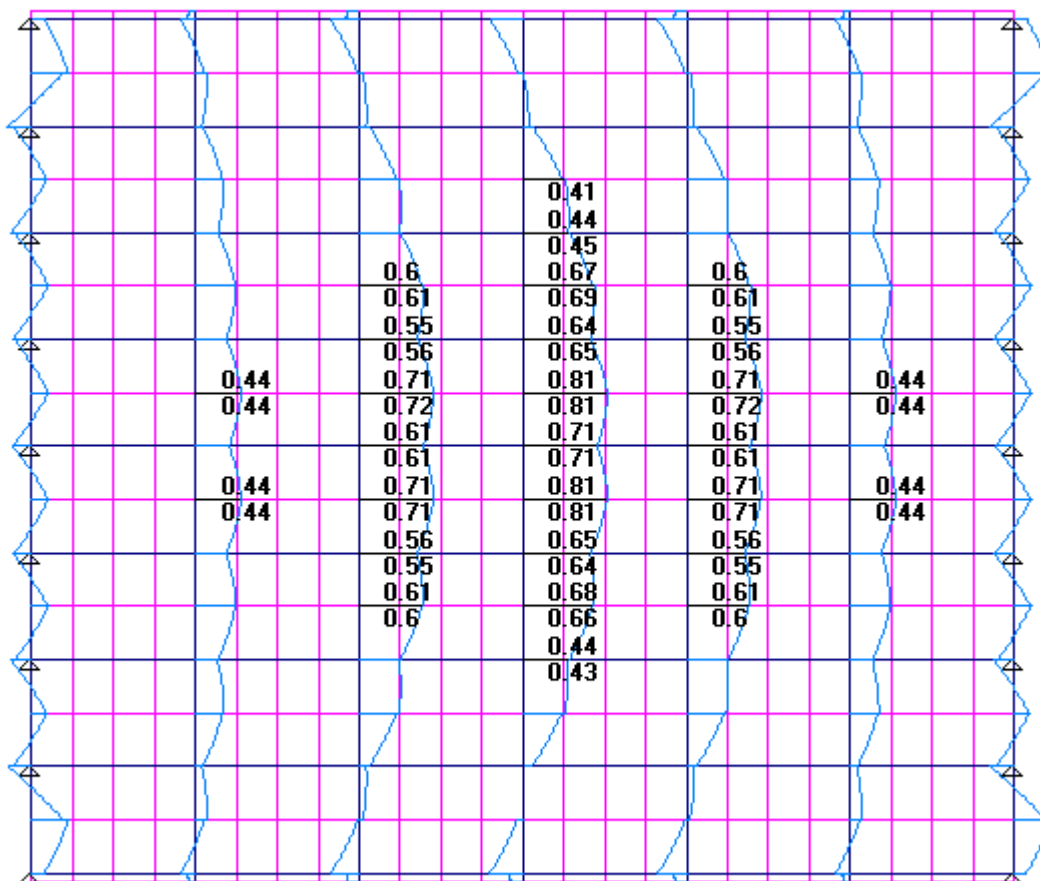
VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

		1	1-A
VSdmax	(tf)	8	10
VSdmin	(tf)	5	6
σ_{swmax}	(MPa)	108	0
σ_{swmin}	(MPa)	0	0
$\Delta\sigma$	(MPa)	108	0
$\Delta\sigma_{adm}$	(MPa)	85	85
$K < 1.79 (EB-3)$		1.27	1.00
Aswcorrig.	(cm ² /m)	1.47	2.32
Armadura cisall	(cm ² /m)	3.3	3.3
Sugerido cisalhamento		2R08 c/30	2R08 c/30

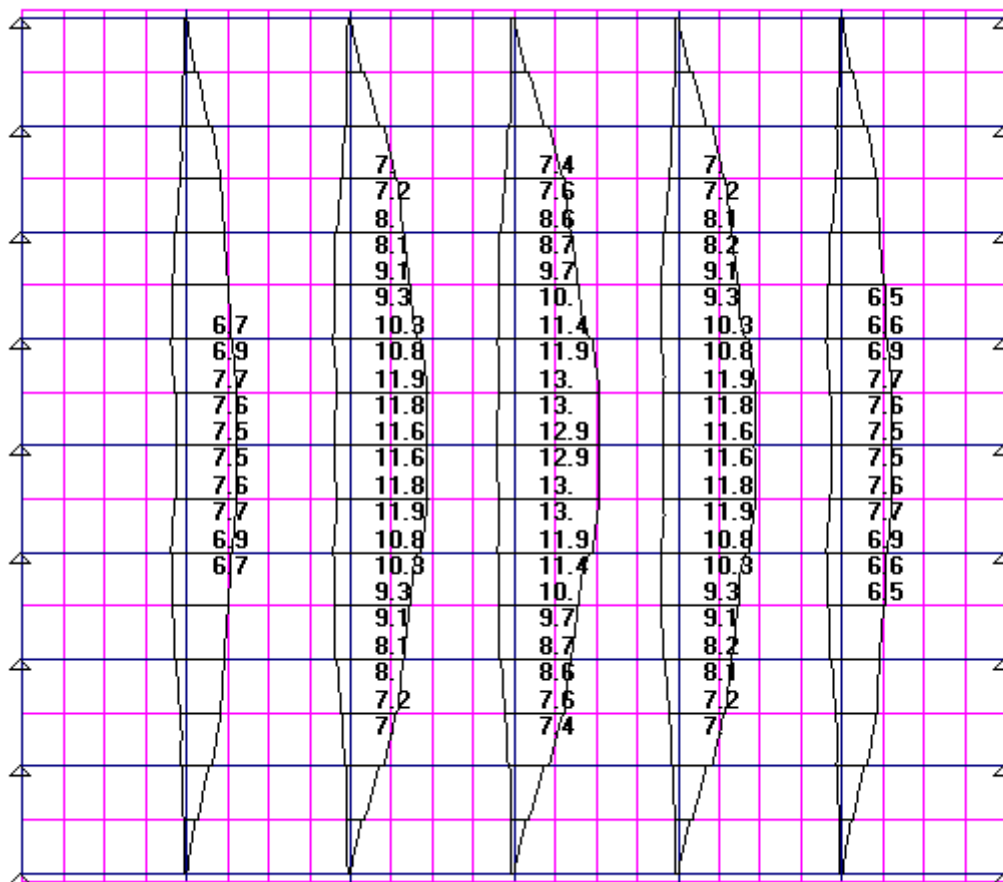
4.2.4 Dimensionamento das vigas transversinas

4.3 Momento fletor

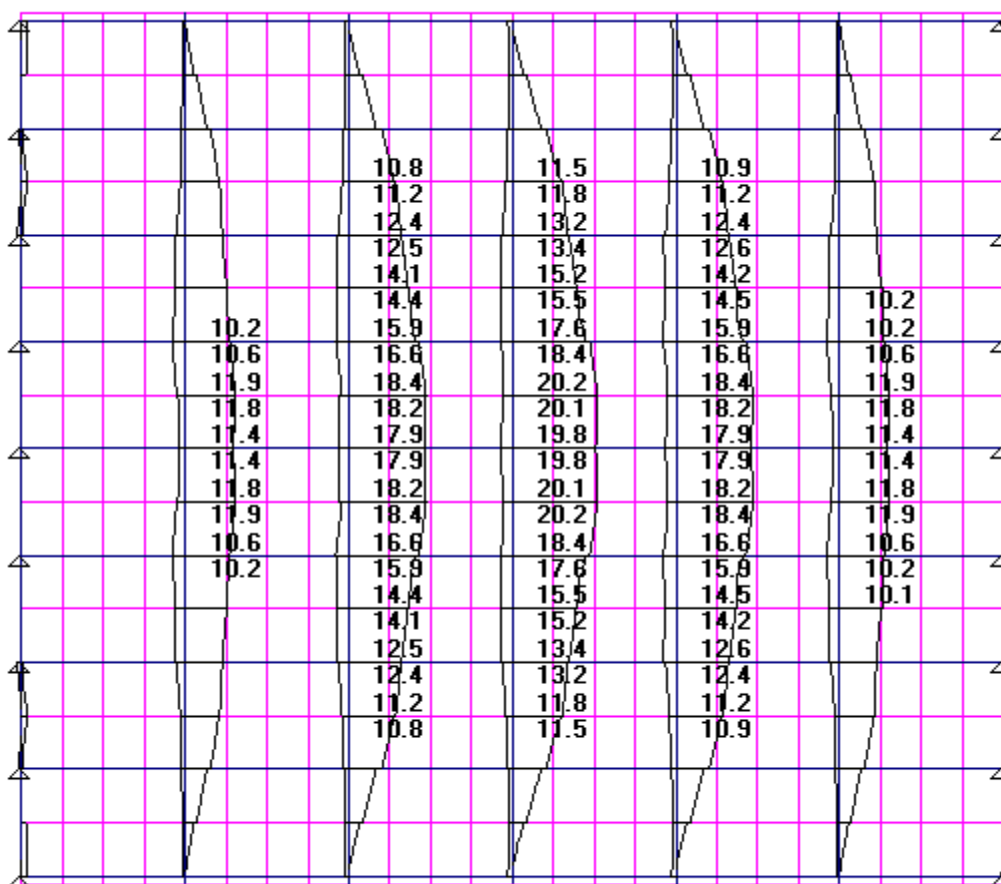
4.3.1 Cargas permanentes



4.3.2 Envolvórias das cargas acidentais



4.3.3 Envolvória de momentos fletores de cálculo



Dados de entrada

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{f_2} =$	1.35	$\gamma_{f_1} =$	1.50
$\gamma_{f_3} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{f_2} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06		

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec fissuração	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec fadiga	10

Fissur. / Condições do meio ambiente - tab 6.1

Classe I - fraca

Classe II e III - moderada a forte

Classe IV - Muito forte

ver 0.5

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES - VIGA

TRANSVERS

Esforços solicitantes

				INA
M _{gk}	(tfm)			0.81
M _{gk max}	(tfm)			13.00
M _{gk min}	(tfm)			-2.60

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)			30
f _{yk}	(MPa)			500

Propriedades da seção

b _f	(cm)			62.50
h _f	(cm)			25.00
b _w	(cm)			20.00
h	(cm)			90.00
b _{inf}				
h _{inf}				
espaç. barra horizon	(cm)			4

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)			12.5
barras por camada				5
cobrimto na armad	(cm)			3.00

Armadura superior

A _{s'}	(cm ²)			
d'	(cm)			

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm)	0.0	0.0	20.6
d	(cm)			86.4
x	(cm)			2.65
A _s	(cm ²)			5.55
A _{s' nec.}	(cm ²)			

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax tensões}	(tfm)			7.31
M _{Dmin tensões}	(tfm)			-0.49
σ _{smax}	(kgf/cm ²)			1626
σ _{smin}	(kgf/cm ²)			-25
Δσ _s	(kgf/cm ²)			1651
Δσ _{s Admissível}	(kgf/cm ²)			1900
K < 1.79				1.00
A _{s corr.}	(cm ²)			5.55

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm ²)			1640
σ _{ri}				0.024
w 1	(mm)			0.06
w 2	(mm)			0.07
ELS-W w _k ≤	(mm)			0.30
K				1.00
A _{s corr.}	(cm ²)			5.55

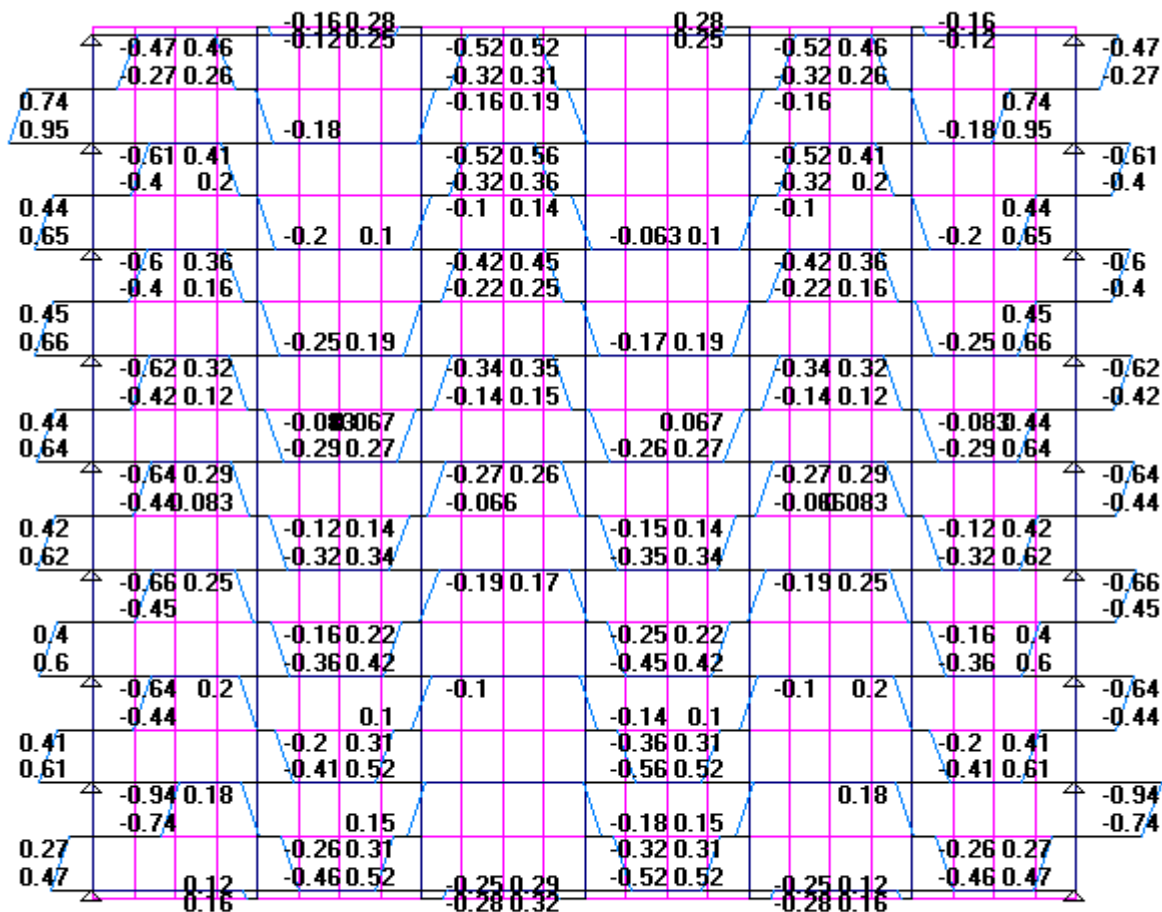
Armadura sugerida

CG barras	(cm)			(5Ø12.5mm)
número de camadas				3.6
				1



4.4 Forças cortantes

4.4.1 Cargas permanentes



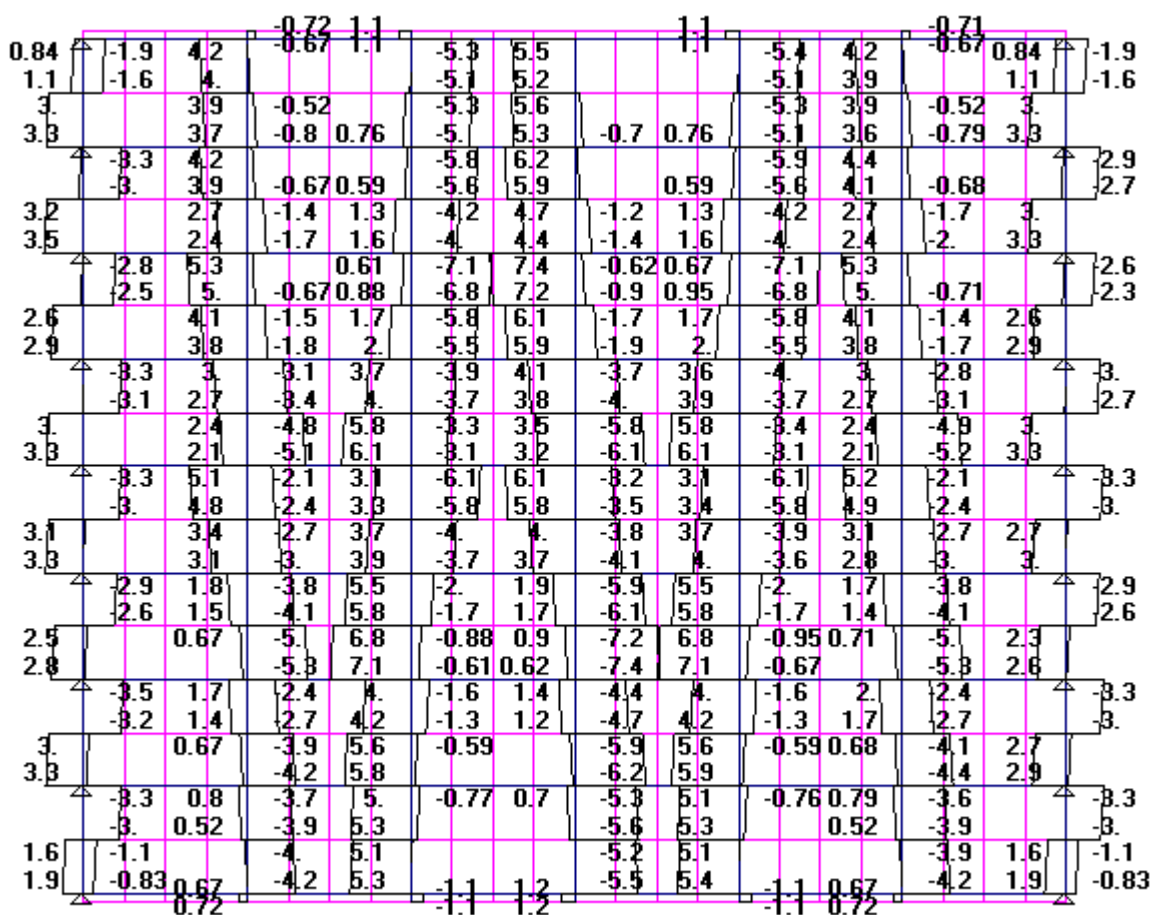
+2*1.00+39*1.00



4.4.2 Envolvórias das cargas acidentais

			-0.34	0.5			0.5			-0.34		
1.	-0.84	2.4	-0.39	0.34	-3.2	3.3	0.34	-3.2	2.4	-0.39	1.	-0.84
1.	-0.84	2.4	-0.39	0.34	-3.2	3.3	0.34	-3.2	2.4	-0.39	1.	-0.84
1.4		2.6	-0.36	0.46	-3.4	3.6	-0.45	0.46	-3.5	2.6	-0.36	1.4
1.4		2.6	-0.36	0.46	-3.4	3.6	-0.45	0.46	-3.5	2.6	-0.36	1.4
0.68	-1.7	2.5	-0.66	0.72	-3.5	3.7	-0.66	0.72	-3.5	2.6	-0.67	0.68
0.68	-1.7	2.5	-0.66	0.72	-3.5	3.7	-0.66	0.72	-3.5	2.6	-0.67	0.68
1.8		1.9	-0.98	1.	-2.8	3.1	-0.97	1.	-2.8	1.9	-1.2	1.6
1.8		1.9	-0.98	1.	-2.8	3.1	-0.97	1.	-2.8	1.9	-1.2	1.6
0.57	-1.4	3.3	-0.64	0.85	-4.4	4.6	-0.89	0.89	-4.4	3.3	-0.66	0.57
0.57	-1.4	3.3	-0.64	0.85	-4.4	4.6	-0.89	0.89	-4.4	3.3	-0.66	0.57
1.4	-0.33	2.8	-1.	1.2	-3.9	4.1	-1.2	1.2	-3.9	2.8	-0.97	1.4
1.4	-0.33	2.8	-1.	1.2	-3.9	4.1	-1.2	1.2	-3.9	2.8	-0.97	1.4
0.47	-1.7	1.7	-2.4	2.8	-2.4	2.5	-2.8	2.8	-2.4	1.7	-2.2	0.47
0.47	-1.7	1.7	-2.4	2.8	-2.4	2.5	-2.8	2.8	-2.4	1.7	-2.2	0.47
1.6	-0.36	1.7	-3.1	3.8	-2.3	2.4	-3.8	3.8	-2.3	1.7	-3.2	1.6
1.6	-0.36	1.7	-3.1	3.8	-2.3	2.4	-3.8	3.8	-2.3	1.7	-3.2	1.6
0.36	-1.6	3.1	-1.7	2.3	-3.8	3.8	-2.4	2.3	-3.8	3.2	-1.7	0.36
0.36	-1.6	3.1	-1.7	2.3	-3.8	3.8	-2.4	2.3	-3.8	3.2	-1.7	0.36
1.7	-0.47	2.4	-1.7	2.4	-2.8	2.8	-2.5	2.4	-2.8	2.2	-1.7	1.4
1.7	-0.47	2.4	-1.7	2.4	-2.8	2.8	-2.5	2.4	-2.8	2.2	-1.7	1.4
0.33	-1.4	1.	-2.8	3.9	-1.2	1.2	-4.1	3.9	-1.2	0.97	-2.8	0.33
0.33	-1.4	1.	-2.8	3.9	-1.2	1.2	-4.1	3.9	-1.2	0.97	-2.8	0.33
1.4	-0.57	0.64	-3.3	4.4	-0.85	0.89	-4.6	4.4	-0.89	0.66	-3.3	1.2
1.4	-0.57	0.64	-3.3	4.4	-0.85	0.89	-4.6	4.4	-0.89	0.66	-3.3	1.2
	-1.8	0.98	-1.9	2.8	-1.	0.97	-3.1	2.8	-1.	1.2	-1.9	
	-1.8	0.98	-1.9	2.8	-1.	0.97	-3.1	2.8	-1.	1.2	-1.9	
1.7	-0.68	0.66	-2.5	3.5	-0.72	0.66	-3.7	3.5	-0.72	0.67	-2.6	1.4
1.7	-0.68	0.66	-2.5	3.5	-0.72	0.66	-3.7	3.5	-0.72	0.67	-2.6	1.4
	-1.4	0.36	-2.6	3.4	-0.46	0.45	-3.6	3.5	-0.46	0.36	-2.6	
	-1.4	0.36	-2.6	3.4	-0.46	0.45	-3.6	3.5	-0.46	0.36	-2.6	
0.84	-1.	0.39	-2.4	3.2	-0.34		-3.3	3.2	-0.34	0.39	-2.4	0.84
0.84	-1.	0.39	-2.4	3.2	-0.34		-3.3	3.2	-0.34	0.39	-2.4	0.84
		0.34		-0.5	0.54					-0.5	0.34	

4.4.3 Envolvória de cortantes de cálculo



Dados de entrada

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

γ_{F1} =	1.35	γ_{F2} =	1.50
γ_{F3} =	1.00	γ_{F4} =	0.90

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

γ_{F1} =	1.00	ψ_1 =	0.50
Nº de Ciclos	2.00E+06	Δ_{ad} (MPa)	85

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

γ_c =	1.4
γ_s =	1.15

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIÇOS:

f_{ck} (MPa)	30.00	Ø Bainha (cm)	0
f_{yk} (MPa)	500	TETA (°)	45
α (graus)	90		

Modelo de vc

Modelo

Modelo

Calcular

CONCRETO ARMADO

Estado limite último - Cisalhamento/Torção

ESFORÇOS SOLICITANTES:

		1
Vgk	(tf)	0.66
Vgkmax	(tf)	3.80
Vgkmin	(tf)	0.00
Vpk	(tf)	
Tgk	(tf m)	
Tqk	(tf m)	

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

		1
d	(cm)	80.00
bw	(cm)	20.00
bainha na alma		n
bw útil	(cm)	20.00
bitola (mm)	(mm)	8
Ramos de estribo		2
Ae	(cm ²)	
hef	(cm)	
uef	(cm)	

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

		1
Vsd	(tf)	7
Vrd2	(tf)	81
Tsd	(tf m)	0
Trd2	(tf m)	
Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2		0.08

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

fctm	(MPa)	2.90
fctd	(MPa)	1.45
Vc = Vco	(tf)	28
Taxa mínima		0.12
Aswmin	(cm ² /m)	2.32
Asw	(cm ² /m)	0.00

$V_{co} (1+M_o / M_s d)$

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

Al/s (pele)	(cm ² /m)	
AsT/s (torção)	(cm ² /m)	

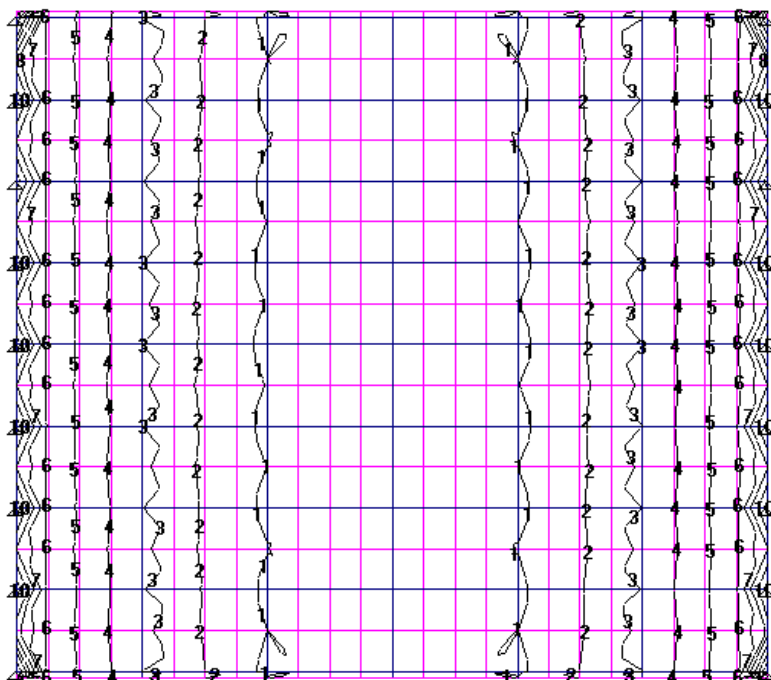
VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

Vsdmax	(tf)	3
Vsdmin	(tf)	1
σ_{wmax}	(MPa)	0
σ_{wmin}	(MPa)	0
$\Delta\sigma_s$	(MPa)	0
$\Delta\sigma_{adm}$	(MPa)	85
K < 1.79 (EB-3)		1.00
Aswcorrig.	(cm ² /m)	2.32
Armadura cisalh	(cm ² /m)	3.3
Sugerido cisalhamento		2R08 c/30

5 DIMENSIONAMENTO DA LAJE

5.1 LONGITUDINALMENTE

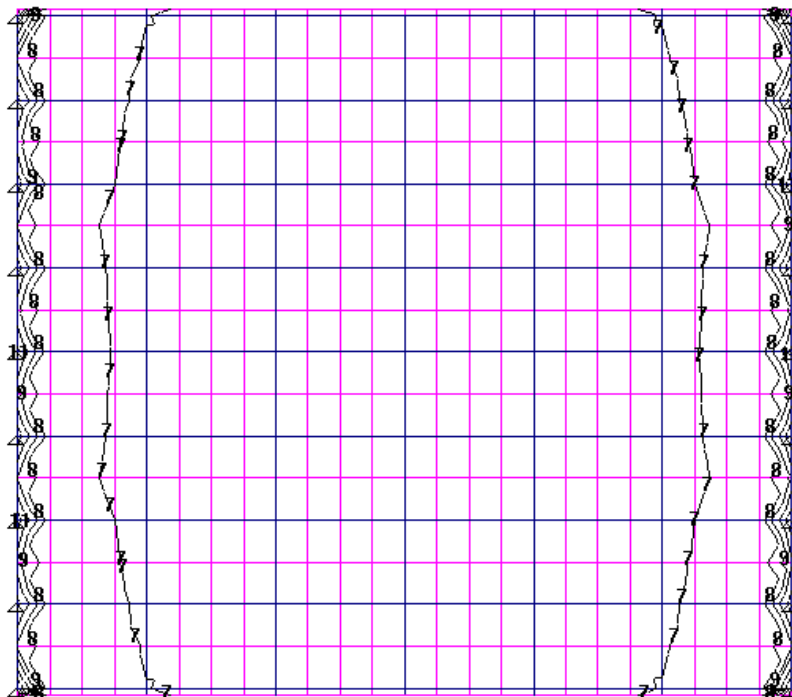
5.1.1 CARGAS PERMANENTES



Linha	Valor
min	-1.81
1	-1.55
2	-1.29
3	-1.03
4	-0.77
5	-0.51
6	-0.25
7	0.01
8	0.27
9	0.53
10	0.78
11	1.04
12	1.30
max	1.56

5.1.2 CARGAS ACIDENTAIS

MÍNIMOS

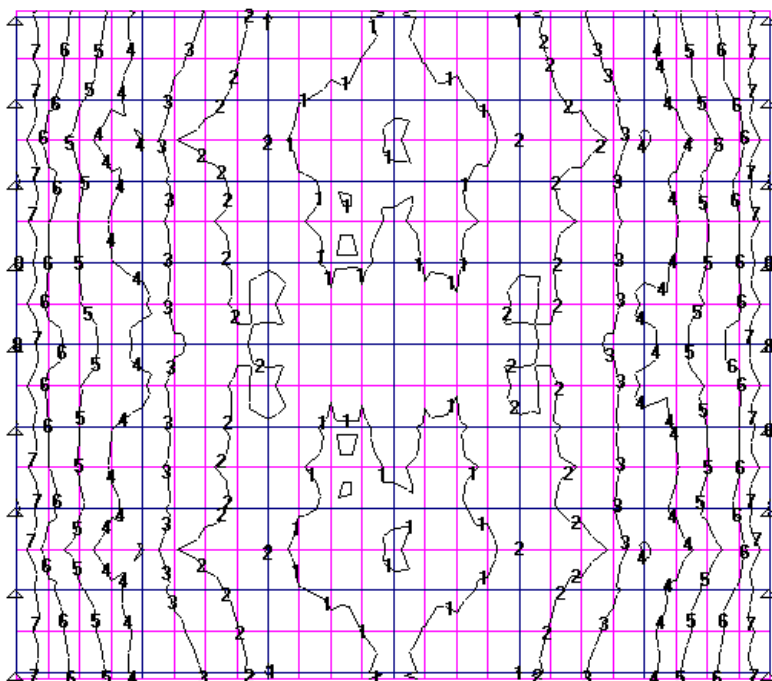


Linha	Valor
min	-2.53
1	-2.19
2	-1.86
3	-1.52
4	-1.18
5	-0.84
6	-0.51
7	-0.17
8	0.17
9	0.50
10	0.84
11	1.18
12	1.51
max	1.85

TÓDIA



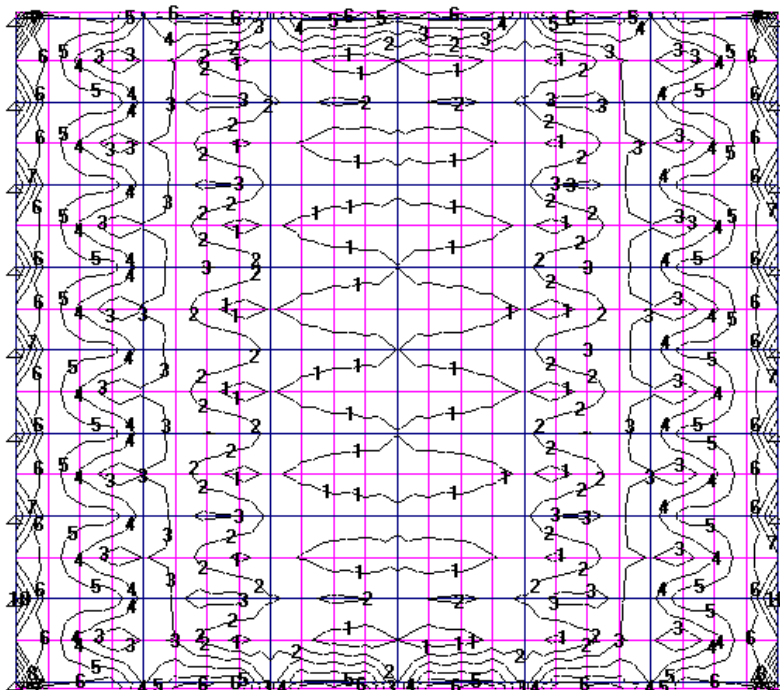
MÁXIMOS



Linha	Valor
min	-2.53
1	-2.19
2	-1.86
3	-1.52
4	-1.18
5	-0.84
6	-0.51
7	-0.17
8	0.17
9	0.50
10	0.84
11	1.18
12	1.51
max	1.85

5.2 TRANSVERSALMENTE

5.2.1 CARGAS PERMANENTES

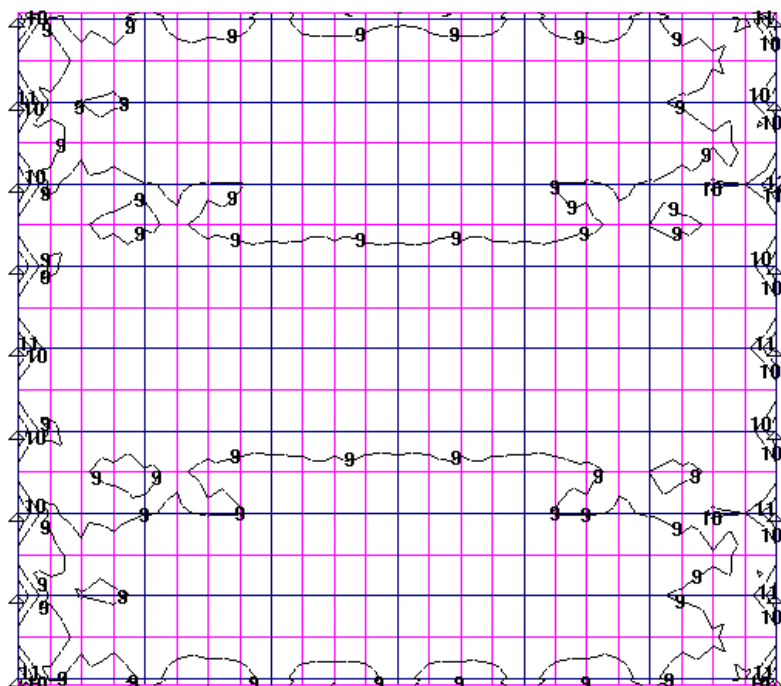


Linha	Valor
min	-0.444
1	-0.374
2	-0.305
3	-0.235
4	-0.166
5	-0.096
6	-0.026
7	0.043
8	0.113
9	0.183
10	0.252
11	0.322
12	0.391
max	0.461

TI TÓRRIA

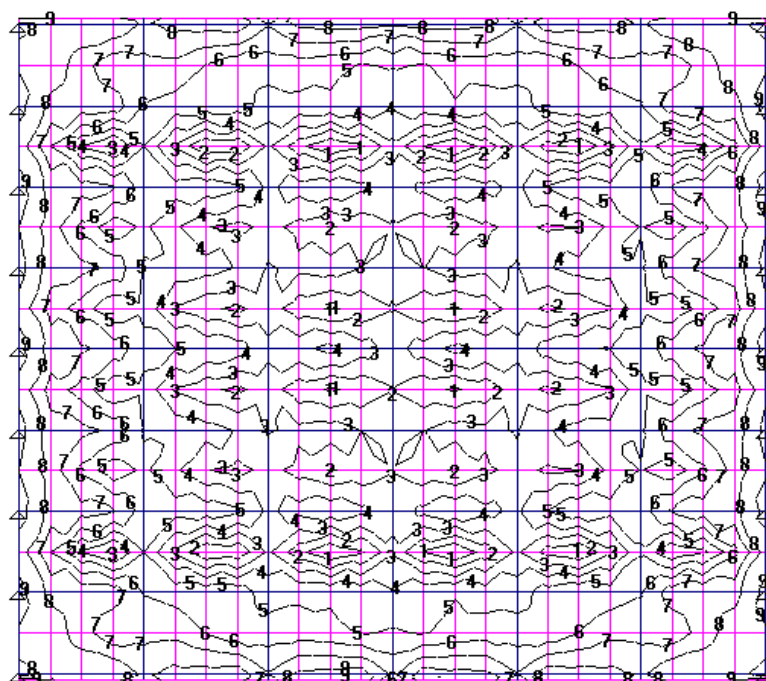
5.2.2 CARGAS ACIDENTAIS

MÁXIMOS



Linha	Valor
min	-1.30
1	-1.16
2	-1.01
3	-0.87
4	-0.72
5	-0.58
6	-0.43
7	-0.29
8	-0.14
9	0.00
10	0.15
11	0.29
12	0.44
max	0.58

ILTÓRIA
 MINIMOS



Linha	Valor
min	-1.30
1	-1.16
2	-1.01
3	-0.87
4	-0.72
5	-0.58
6	-0.43
7	-0.29
8	-0.14
9	0.00
10	0.15
11	0.29
12	0.44
max	0.58

DADOS DE ENTRADA

Hba Projetos e Assessoria Ltda

www.hba.eng.br - e-mail: hba@hba.eng.br

Rua Dr. Luiz de Freitas Melro, 395 sala 508, Centro - Blumenau SC CEP 89010-310

Tel. 55-47-3232-2262 / 55-47-3232-2267

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{lg} =$	1.35	$\gamma_{li} =$	1.50
$\gamma_{fg} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.80
Nº de Ciclos	2.00E+06		

Fissuração / Condições do meio ambiente

- Classe I - fraca
 Classe II e III- mod. a forte
 Classe IV - Muito forte

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec fissuração	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec fadiga	10

Calcular

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		transversal negativo	transversal positivo	longitudinal positivo	longitudinal negativo
M _{gk}	(tfm/m)	0.64	0.69	2.71	2.26
M _{qk max}	(tfm/m)	0.58	1.30	2.53	1.85
M _{qk min}	(tfm/m)				

Propriedades dos materiais

f _{ck}	(MPa)	30	30	30	30
f _{yk}	(MPa)	500	500	500	500

Propriedades da seção

h	(cm)	25.0	25.0	25.0	25.0
bw	(cm)	100.0	100.0	100.0	100.0

Armadura inferior

φ (mm)	(mm)	8.0	8.0	10.0	10.0
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00	3.00	3.00

Armadura superior

As'	(cm²/m)				
d'	(cm)				

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	1.73	2.88	7.45	5.83
d	(cm)	21.60	21.60	21.50	21.50
x	(cm)	0.56	0.93	2.49	1.93
As	(cm²)	1.87	3.12	8.36	6.46
As' nec.	(cm²)				

VERIFICAÇÃO DA FADIGA

M _{Dmax} tensões	(tfm/m)	1.10	1.73	4.73	3.74
M _{Dmin} tensões	(tfm/m)	0.64	0.69	2.71	2.26
σ _{smax}	(kgf/cm²)	2820	2669	2823	2859
σ _{smin}	(kgf/cm²)	1635	1063	1616	1728
Δσ _s	(kgf/cm²)	1185	1606	1207	1131
Δσ _s Admissível	(kgf/cm²)	1900	1900	1900	1900
K		1.00	1.00	1.00	1.00
A _{s corr.}	(cm²/m)	1.87	3.12	8.36	6.46

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

σ _{smax}	(kgf/cm²)	2827	2681	2849	2881
ρ _{ri}		0.004	0.004	0.008	0.006
w ₁	(mm)	0.11	0.10	0.14	0.15
w ₂	(mm)	0.36	0.34	0.28	0.35
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30	0.30	0.30
K		1.00	1.00	1.00	1.00
A _{s corr.}	(cm²/m)	1.87	3.12	8.36	6.46

Armadura e espaçamento	(Ø8c/26.8cm)	(Ø8c/16cm)	(Ø10c/9.5cm)	(Ø10c/12.3cm)
Quantidade de barras	4	7	11	9

6 DIMENSIONAMENTO DAS BARREIRAS RÍGIDAS

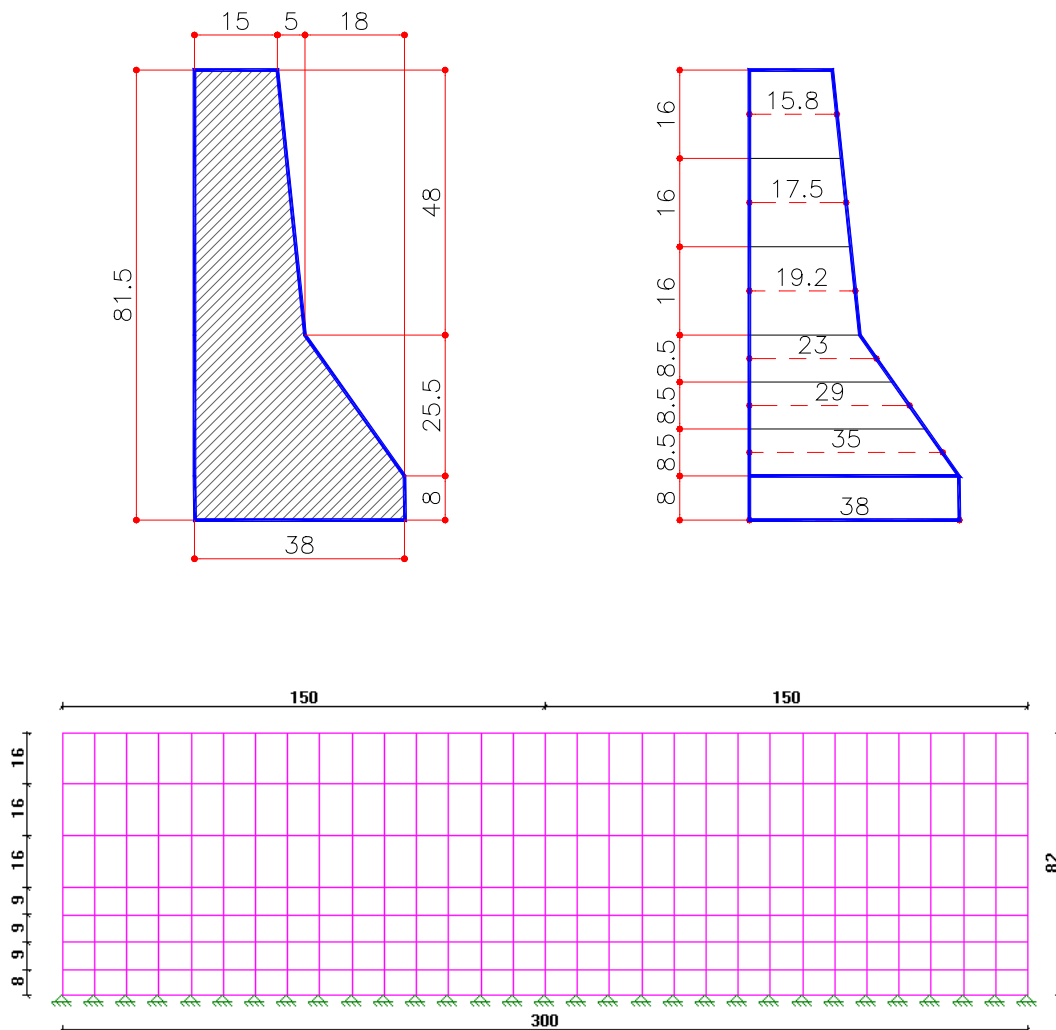
De acordo com a nbr 7188:2013 - carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas, iten 5.2.3.4, as barreiras devem ser dimensionadas para um esforço de 100 kn (10,0 tf), concentrado, na direção perpendicular ao tráfego.

MODELO

Foi executado um modelo em elementos finitos no programa STRAP (Structural Analysis Program) para análise do esforço de 10.0 tf no topo da defesa.

Concreto das defensas: $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$.

Perfil New Jersey - NBR 14885:2004 – SEGURANÇA NO TRÁFEGO-BARREIRAS DE CONCRETO

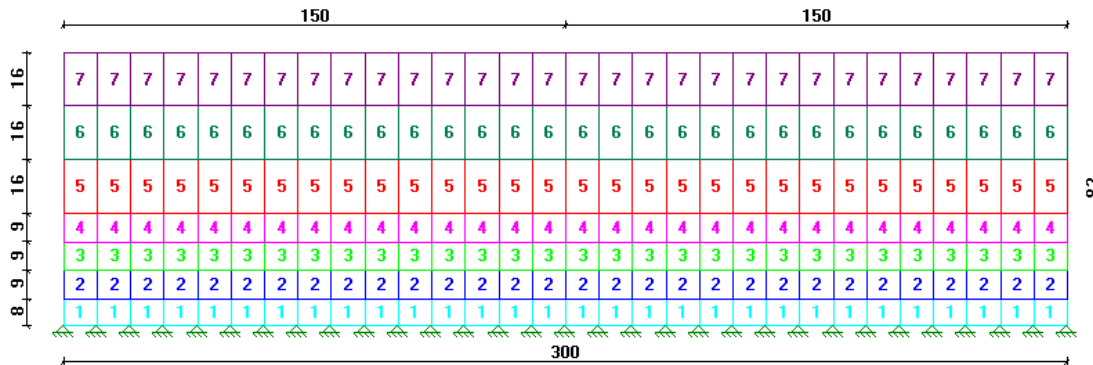




• Propriedades Geométricas

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)		PROPERTY NO. 4	
Exit Goto Print Copy		Thickness =	23.000
PROPERTY NO. 1		Material = 1 - C25	
Thickness =	38.000	PROPERTY NO. 5	
Material = 1 - C25		Thickness =	19.200
PROPERTY NO. 2		Material = 1 - C25	
Thickness =	35.000	PROPERTY NO. 6	
Material = 1 - C25		Thickness =	17.500
PROPERTY NO. 3		Material = 1 - C25	
Thickness =	29.000	PROPERTY NO. 7	
Material = 1 - C25		Thickness =	15.800
		Material = 1 - C25	

• Propriedades dos elementos



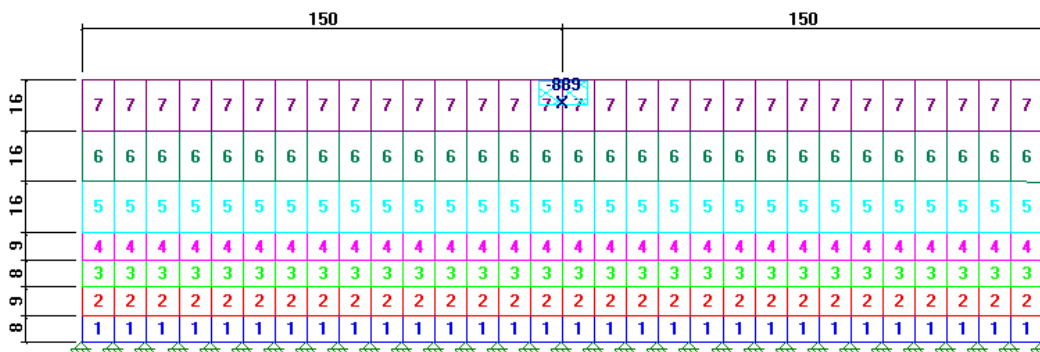
• Carregamento

Distribuindo a carga de 10 tf até a meia altura da laje, ou seja: numa área de 15 cm x 7,5 cm, na borda superior da defesa, temos:

$P = 10 \text{ tf}$

Área de distribuição da carga = 15 cm x 7,5cm

Carga distribuída = $p = \frac{10}{0,15 \times 0,075} = 888,9 \text{ tf/m}^2$



Hba Projetos e Assessoria Ltda

www.hba.eng.br - e-mail: hba@hba.eng.br

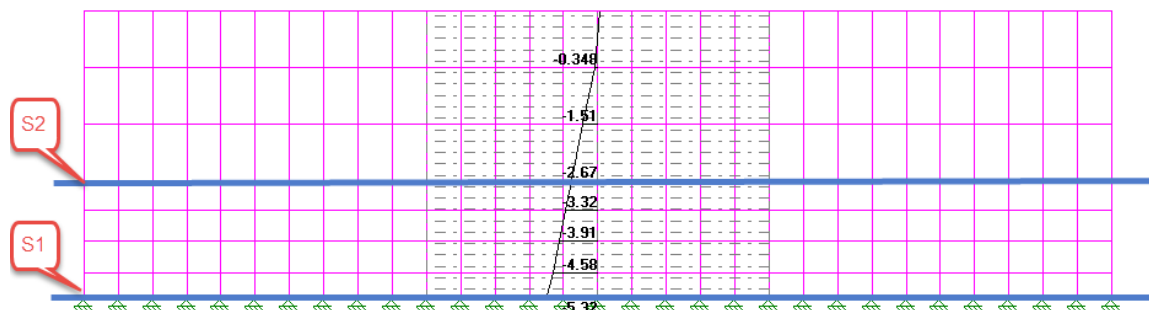
Rua Dr. Luiz de Freitas Melro, 395 sala 508, Centro - Blumenau SC CEP 89010-310

Tel. 55-47-3232-2262 / 55-47-3232-2267

- Esforços solicitantes

Verificação das seguintes seções: a seção da base da defesa (S1) e a seção a 48 cm do topo (S2).

Momentos fletores verticais ao longo de uma linha no ponto de aplicação da carga:



Dimensionamento das seções S1 e S2

$M_{s1} = 5,32 \text{ tfm/m}$

$M_{s2} = 2,67 \text{ tfm/m}$

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

$\gamma_{fg} =$	1.20	$\gamma_{fq} =$	1.00
$\gamma_{fg} =$	1.00		

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

$\gamma_{fg} =$	1.00	$\psi_1 =$	0.80
Nº de Ciclos	2.00E+06		

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/ α_s :

$\gamma_c =$	1.4	Es/Ec fissuração	15
$\gamma_s =$	1.15	Es/Ec fadiga	10

Fissuração / Condições do meio ambiente	2
<input type="radio"/> Classe I - fraca	
<input checked="" type="radio"/> Classe II e III- mod. a forte	
<input type="radio"/> Classe IV - Muito forte	

CONCRETO ARMADO / FLEXÃO SIMPLES

Esforços solicitantes		Seção 1	Seção 2
M _{gk}	(tfm/m)	0.00	0.00
M _{qk max}	(tfm/m)	5.32	2.67
M _{qk min}	(tfm/m)		

Propriedades dos materiais			
f _{ck}	(MPa)	25	25
f _{yk}	(MPa)	500	500

Propriedades da seção			
h	(cm)	38.0	20.0
b _w	(cm)	100.0	100.0

Armadura inferior			
φ (mm)	(mm)	8.0	8.0
cobrimento na armadura	(cm)	3.00	3.00

Armadura superior			
A _{s'}	(cm ² /m)		
d'	(cm)		

DIMENSIONAMENTO

M _d	(tfm/m)	5.32	2.67
d	(cm)	34.60	16.60
x	(cm)	1.29	1.37
A _s	(cm ²)	3.59	3.83
A _{s'} nec.	(cm ²)		

CONTROLE DA FISSURAÇÃO

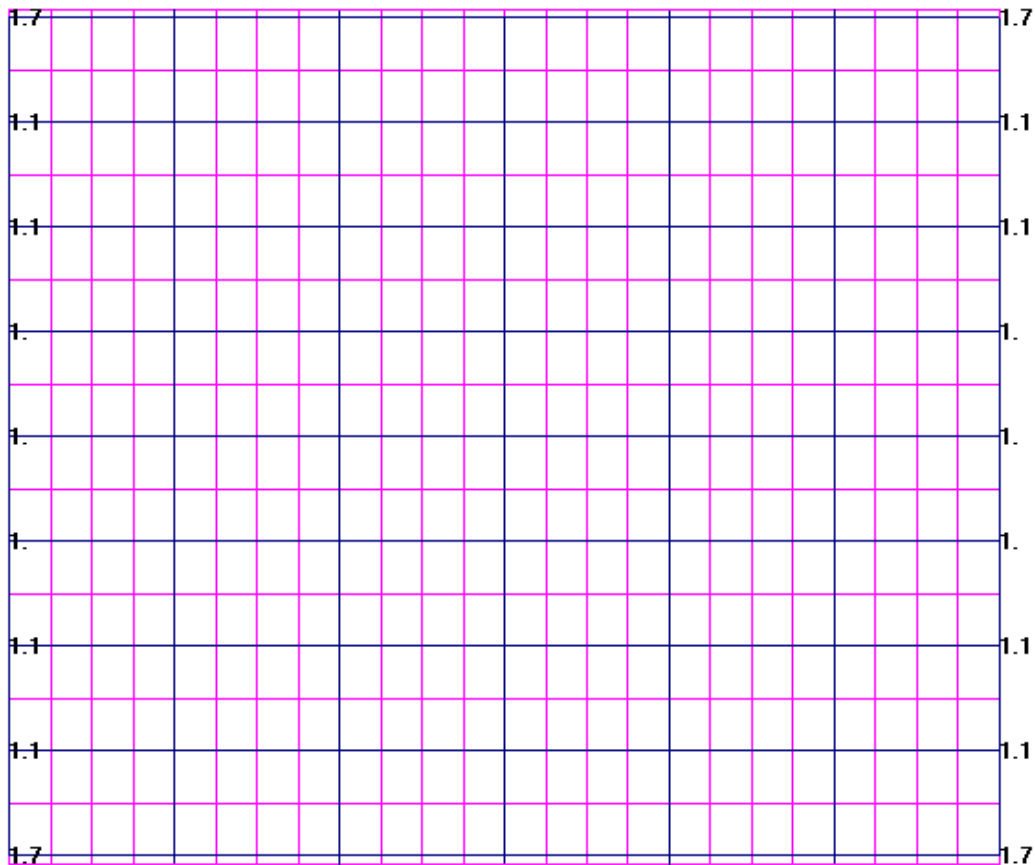
σ _{smax}	(kgf/cm ²)	3554	3564
ρ _{ri}		0.004	0.004
w ₁	(mm)	0.20	0.20
w ₂	(mm)	0.46	0.46
ELS-W w _k ≤	(mm)	0.30	0.30
K		1.00	1.00
A _{s corr.}	(cm ² /m)	3.59	3.83

Armadura de flexão adotada: φ 8 c/12,5 cm => A_s = 4,0 cm²/m.

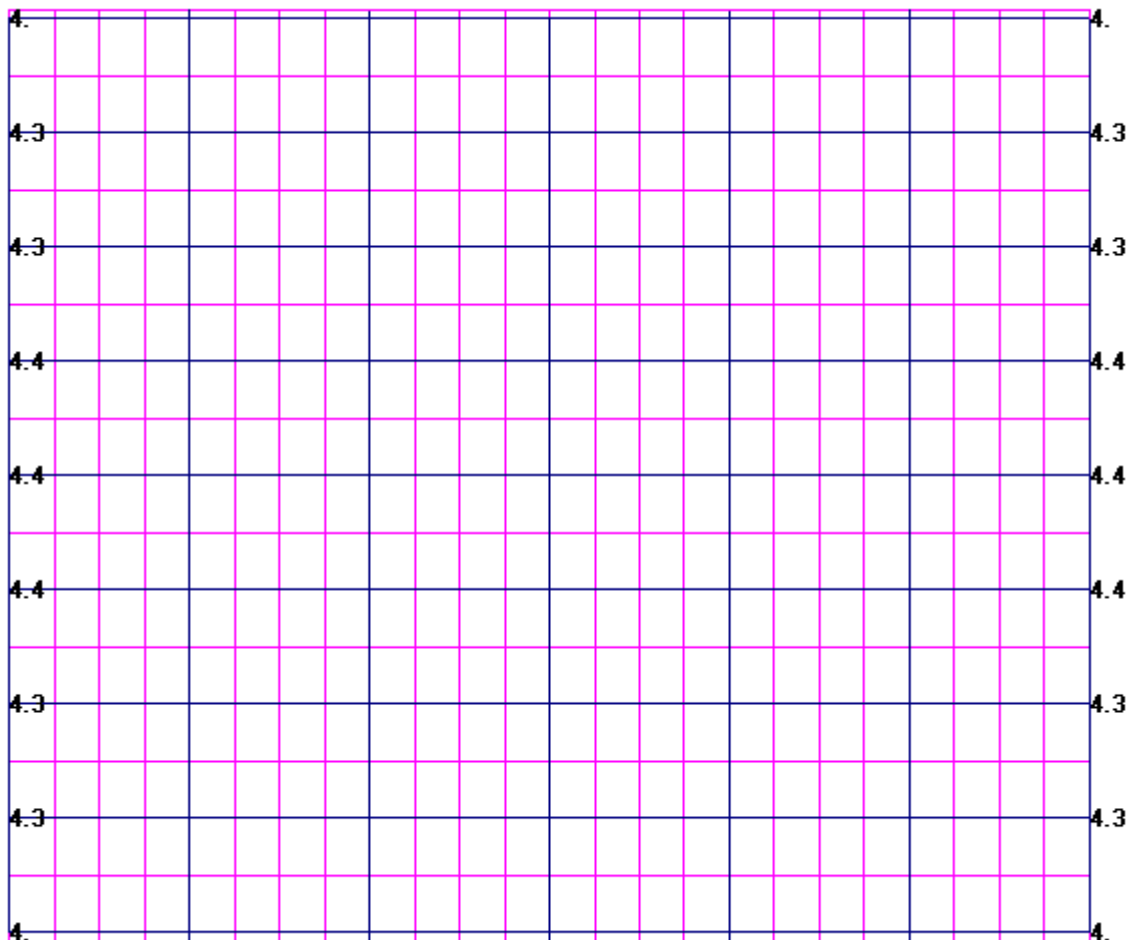


7 REAÇÕES

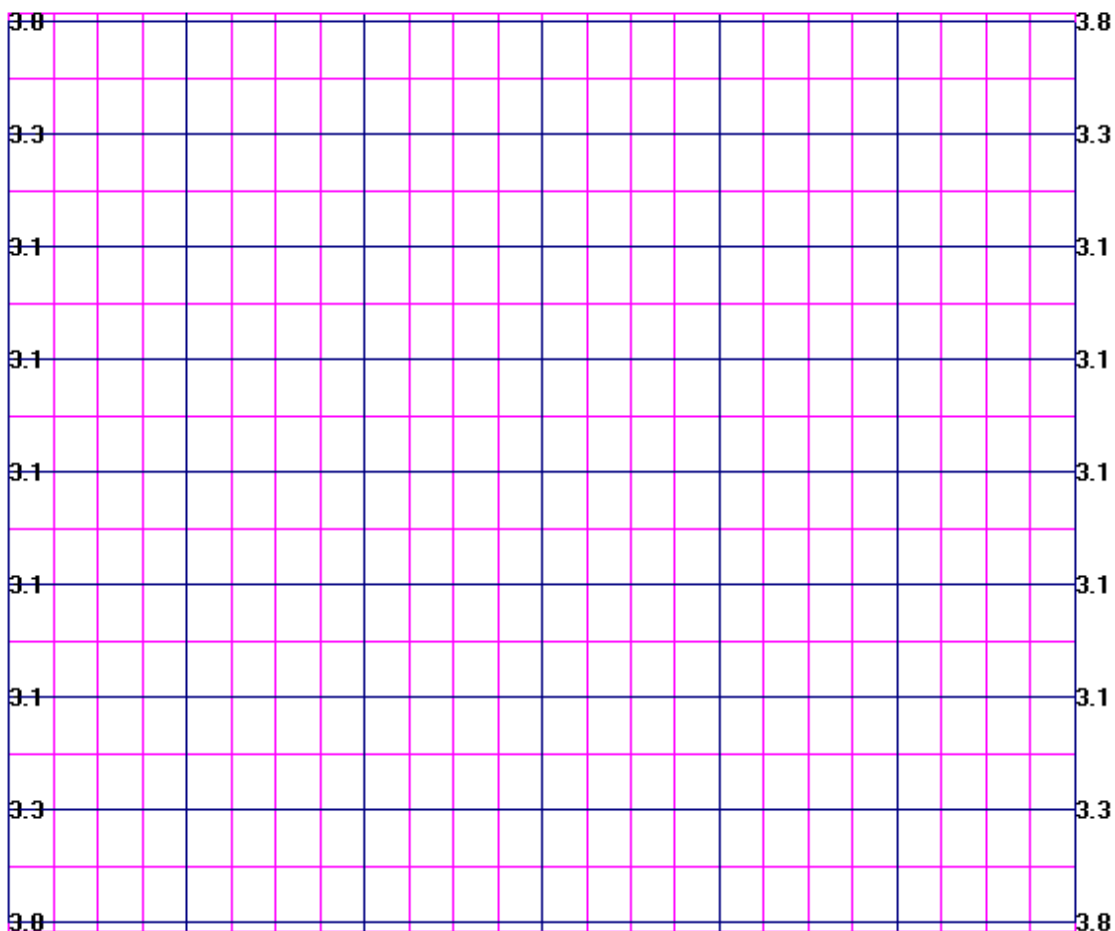
G1- PESO DA VIGA



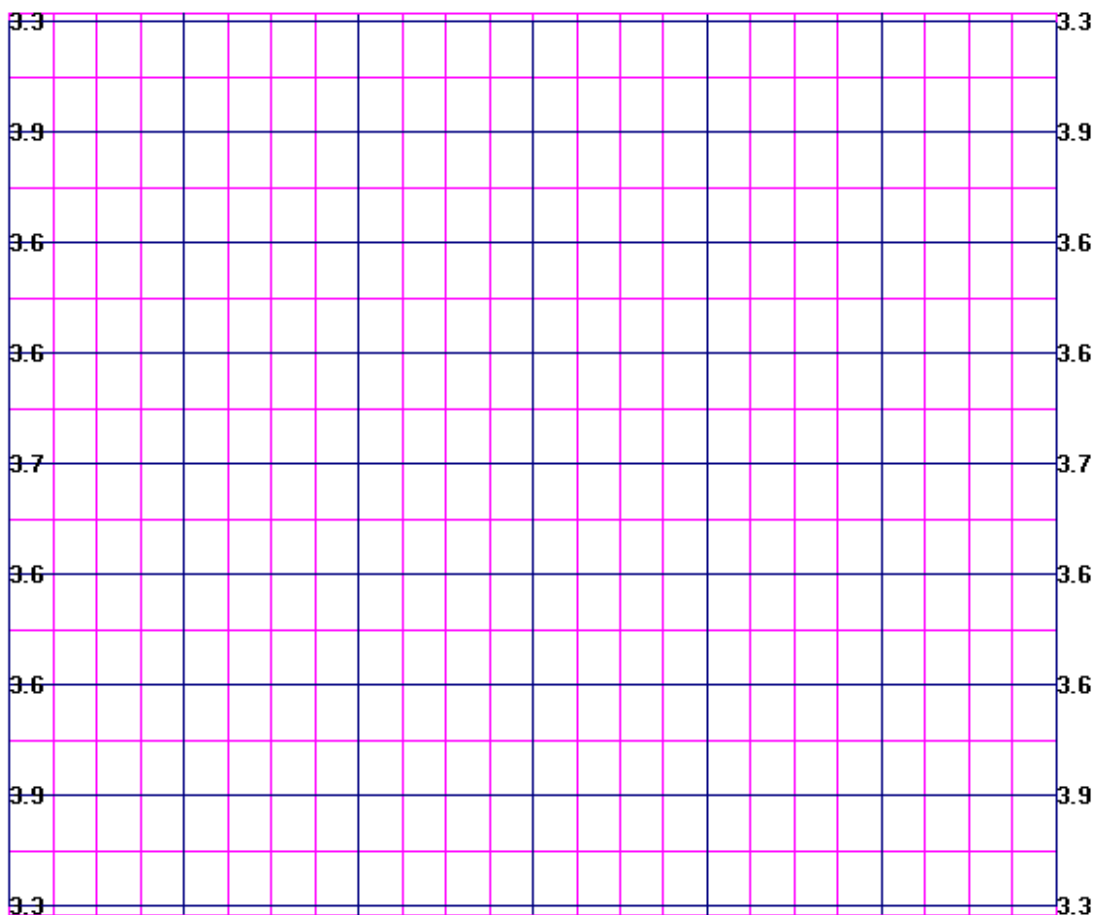
G2- LAJE



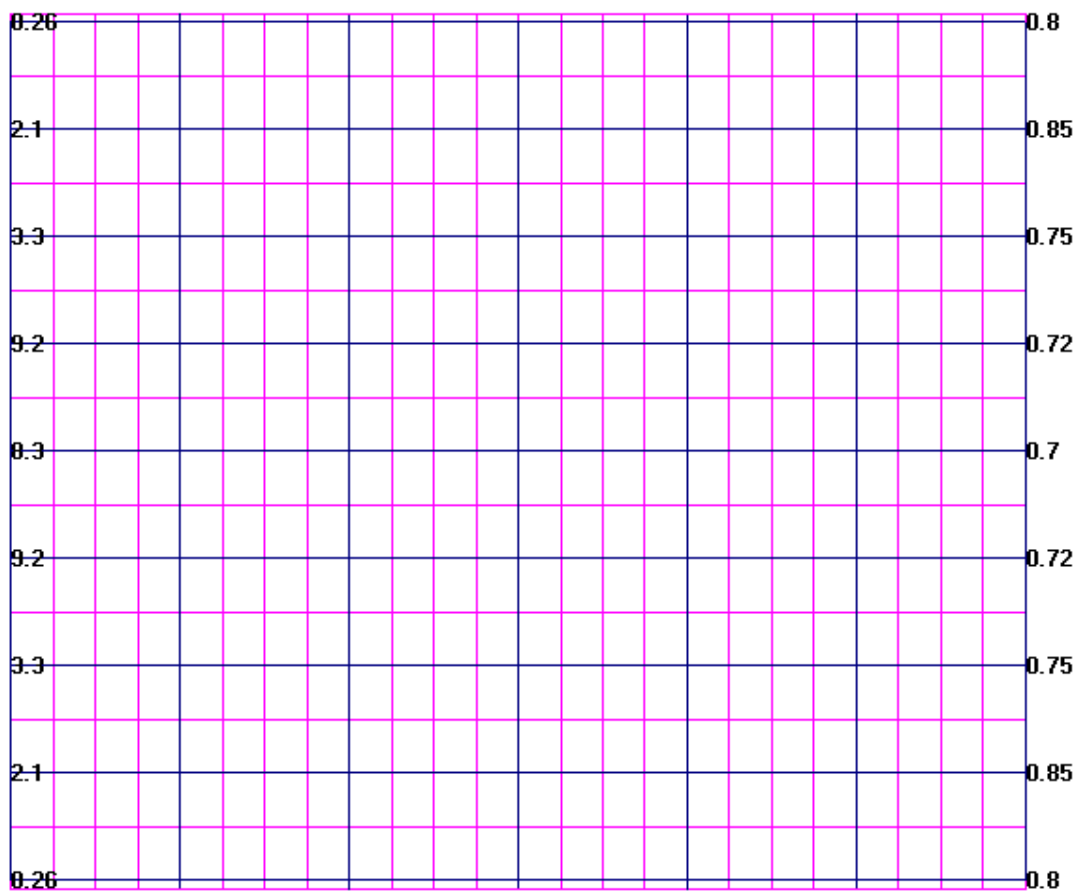
G3 PAVIMENTO, BARREIRAS, GRADIL E TRANSVERISNA



MULTIDÃO (SEM IMPACTO)



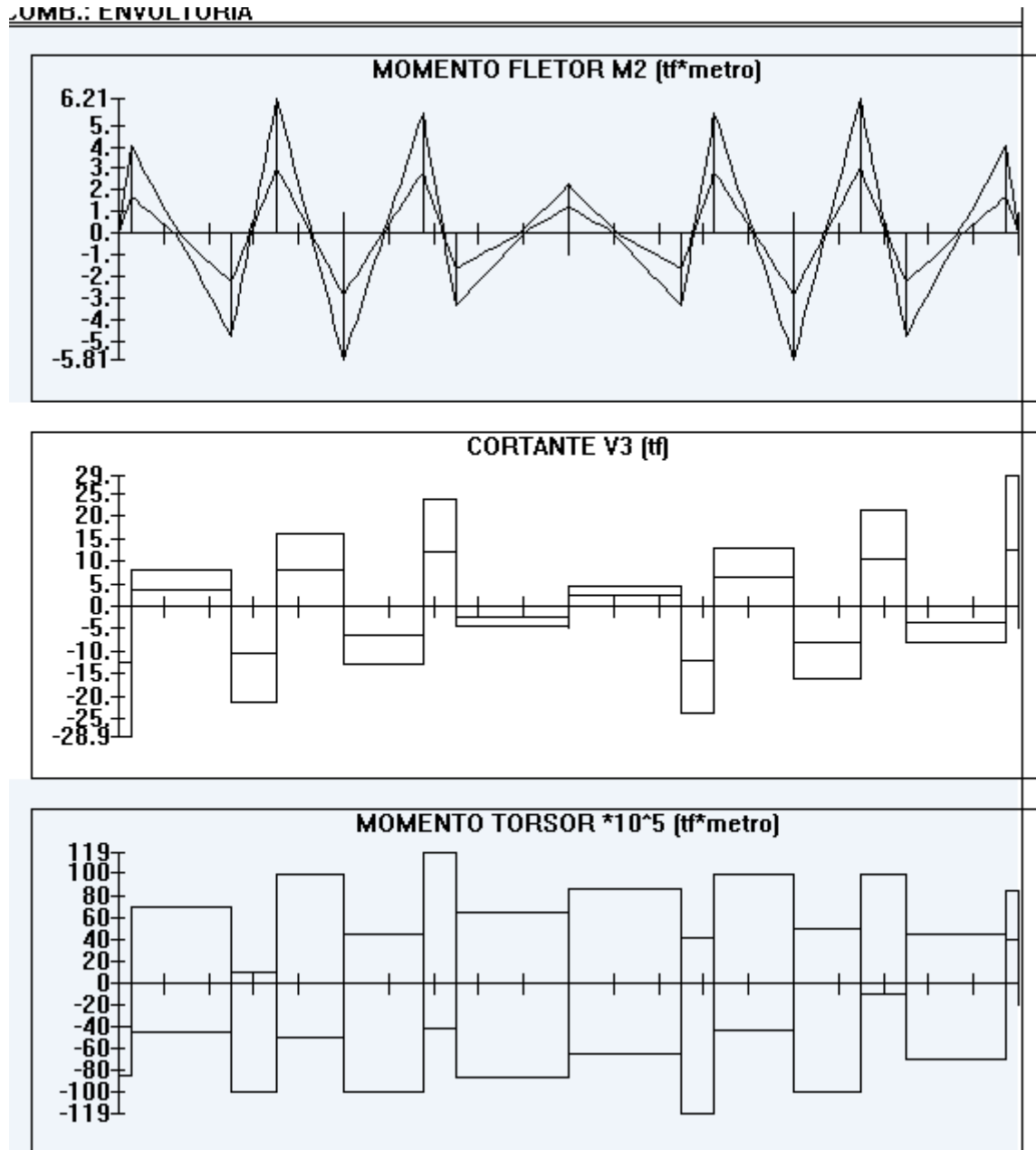
TB-45 PELA BORDA DO TABULEIRO



8 DIMENSIONAMENTO DAS TRAVESSAS

Apresentaremos agora os resultados das combinações com envoltórias das solicitações de cálculo

COMB.: ENVOLTORIA



8.1 Dimensionamento a flexão

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO

Dados para cálculo

Md	(kNm)	62.10
fck	(MPa)	25.00
h	(cm)	60.00
bw	(cm)	120.00
hfsup	(cm)	0.00
bfsup	(cm)	0.00
hfinf	(cm)	0.00
bfinf	(cm)	0.00
c	(cm)	5.00
cmin	(cm)	3.00

Barras de alta aderência

fyk	(MPa)	500.00
dm	(mm)	16.00
f		20.00
Es/Ec		10.00

Momentos: (+) arm. tracionada (-) arm. comprimida

Resultados

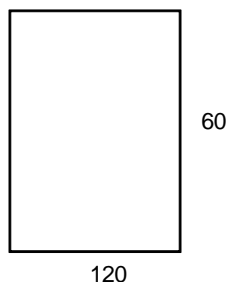
epsonsup	(‰)	0.074
epsoninf	(‰)	4.070
x	(cm)	0.982
cgc	(cm)	0.393
cgt	(cm)	54.200
Rc	(kN)	133.559
Rt	(kN)	130.253
As	(2 Ø 16) (cm²)	2.996
Mdr	(>= Md) (kNm)	70.975
Md	(kNm)	62.100
As'	(cm²)	∞
xlim	(cm)	∞
cgclim	(cm)	∞
cgtlim	(cm)	∞
Rclim	(kN)	∞
Rtlim	(kN)	∞
Mdclim	(kNm)	∞

Teremos então armaduramínima=60x120*0.15>=12cm²

8.2 Dimensionamento a cortante

Seção central (120 x 60)

A altura útil (d) será o máximo entre as condições abaixo
 $d = h - d' = 50.0 \text{ cm}$
 $d > 0.8 * h = 48 \text{ cm}$
 $d = 50$



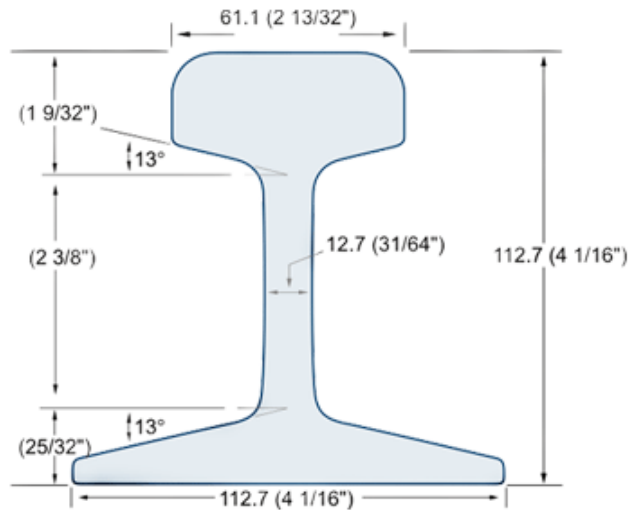
Vsd=	29.0	tf	Propriedades Geométricas dos cabos (cm)	
		d'=	10.00	Bainha na alma
				Ø=
				não
				0.0

<p>I) Verificação da compressão diagonal do concreto</p> <p>$V_{rd2} = 0.27 * \alpha_{v2} * f_{cd} * b_w * d =$</p> <p>fck= 30 MPa $\alpha_{v2} = 1 - f_{ck} / 250 = 0.88$ fcd= 214.3 kgf/cm² bw= 120 cm d= 50.0 cm</p> <p>$V_{rd2} = 305.49 \text{ tf}$ Ok ! Atende Vsd= 29.0 tf</p>	<p>II) Armaduras MODELO DE CÁLCULO I DA NBR-6118</p> <p>Estribos CONSIDERANDO A DIAGONAL DE COMPRESSÃO NUM ÂNGULO DE 45 GRAUS</p> <p style="text-align: right;">278</p> <p>$V_{rd3} = V_{sw} + V_c$ $V_{sw} = (A_{sw}/s) * 0.9 * d * f_{ywd} * (\sin \alpha + \cos \alpha)$ $V_c = 0.6 * f_{ctd} * b_w * d = 52.14 \text{ tf}$ $f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$</p> <p>$f_{ctd} = 0.21 * (f_{ck})^{2/3} / 1.4 = 1.4482 \text{ MPa}$ $A_{sw}/s = 0.0000 \text{ cm}^2/\text{m}$ $A_{sw}/s \text{ min} = 13.90 \text{ cm}^2/\text{m}$</p>
--	---

Ok! Temos estribo de 12,5 mm cada 12.5 cm = 20cm²/m

9 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS METÁLICAS

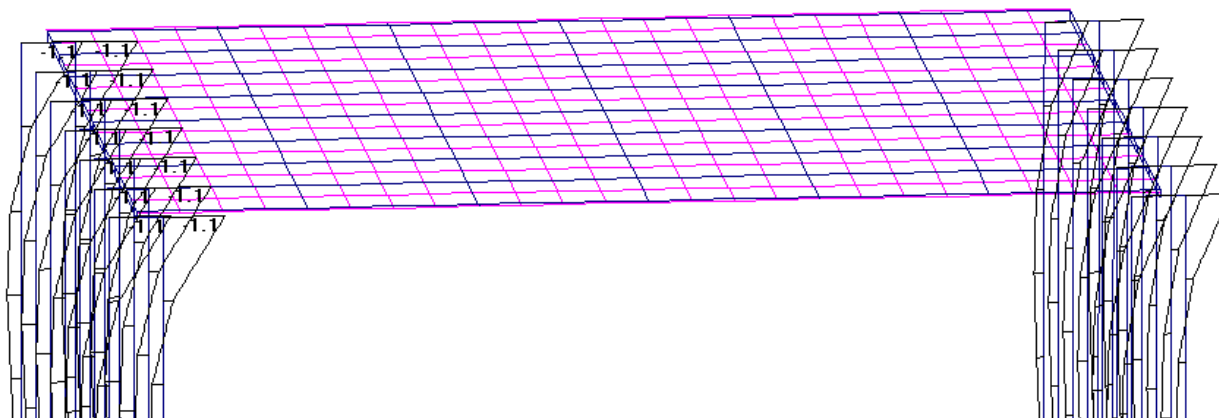
ASCE 65 (TR32)



Peso Teórico	32.0 kg/m (65.0 lb/yda)
Área (A)	41.58 cm ²
Momento de Inércia (Ix)	656.51 cm ⁴
Módulo de Resistência (W): Boleto	120.8 cm ³

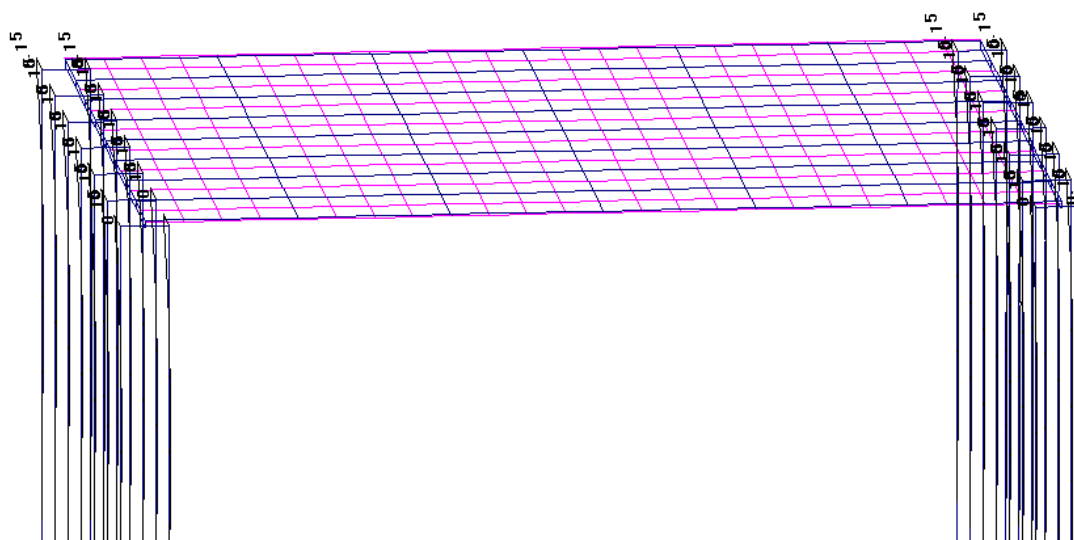
Como é tradicional nesse tipo de obra, analisaremos as máximas tensões solicitantes nas estacas impondo um limite de 1000kgf/cm² como valor máximo de referência

Maior momento longitudinal com todas ações combinadas



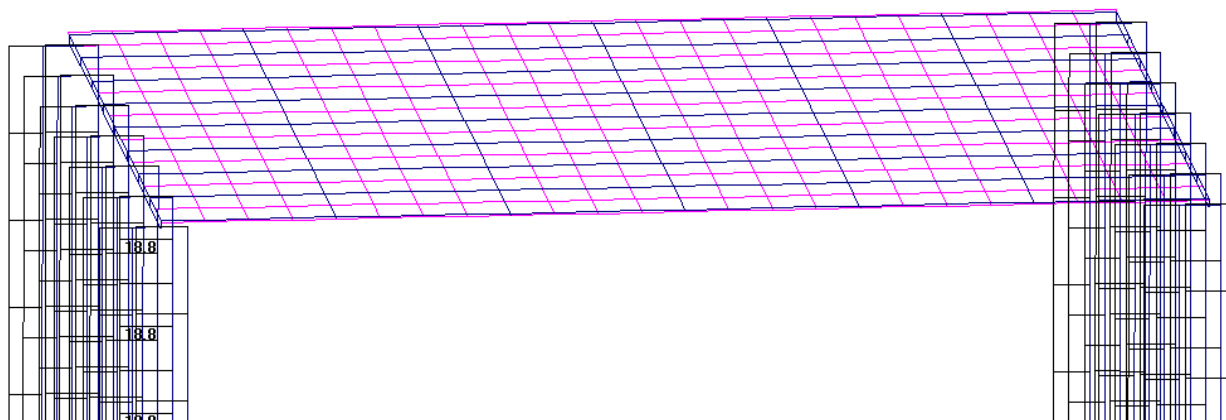
$M_{kl}=1.1t\text{fm}$

Maior momento transversal com todas ações combinadas



$M_{kt}=0.15t\text{fm}$

Maior axial devida a combinação de ações



Nk=18.8 tf

Verificando a tensão , termos :

$$\sigma = \frac{18800}{41.58} \quad +/- \quad \frac{111018}{657}$$

$$\sigma = 452.14 \quad +/- \quad 168.98$$

$$\sigma_1 = 621.1 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 283.2 \text{ kgf/cm}^2$$

Ok! Tensões abaixo do limite

10 VERIFICAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

VERIFICAÇÃO DOS NEOPRENES

Dados

A=menor dimensão do aparelho em planta

B=outra dimensão

n=número de chapas de aço

tn=espessura das camadas intermediárias de neoprene

G= Módulo de elasticidade transversal = 1.0 MPa

N=número de aparelhos por apoio

Adotadas as maiores solicitações

Nd max =	20.8	tf (Normal Máxima de projeto)
Ndmin=	9.1	tf (Normal mínima característica)
Flk=	1.00	tf (máxima força longitudinal atuante por aparelho)
n=	4	número de chapas de aço
tn=	0.95	cm (espessura das camadas de neoprene)
A=	15	cm (menor dimensão em planta)
B=	20	cm (maior dimensão em planta)
N=	1	Número de aparelhos de Apoio
N' =	1	Número de aparelhos de Apoio por viga

a) Esforços Verticais

a1) σ_{max} =	69	kgf/cm ²	$\sigma_{max. adm} : 150\text{kgf/cm}^2$	ok!
a2) σ_{min} =	30.33	kgf/cm ²	$\sigma_{min. adm} = 30\text{kgf/cm}^2$	ok!

b) Esforços Horizontais

Flim= 2.1 tf por apoio

Flim>Fl Ok!

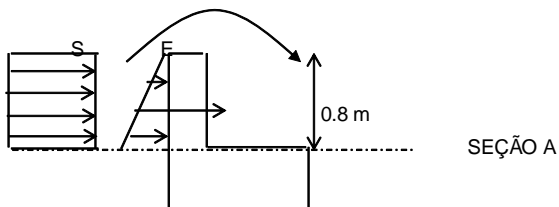
c) Condição de estabilidade

$(n-1) \times t_n < A/5$

2.85 < 3
Ok!

11 DIMENSIONAMENTO DAS CORTINAS

Seção de dimensionamento



E=	0.192	tf (Empuxo de Terra)
S=	0.267	tf (sobrecarga devida a multidão no aterro)
Ze=	0.2667	m (Braço de alavanca da Sobrecarga , considerando ponto de aplicação a 1/3 da base da travessa)
Zs=	0.4	m (Braço de alavanca do Empuxo , considerando ponto de aplicação a 1/2 da base da travessa)
Md= 1.35Me + 1.5 Ms		

PROGRAMA DIMFLEX (DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO SIMPLES)

fck=	25	MPa
fcd=	0.167	tf/cm ²
h=	25	cm
d=	19	cm
bw=	100	cm
Md=	22.91	tfc
x=	0.11	cm (posição da linha neutra)
c=	6	cm

Mrd=	24	tfc	m é o Momento resistente
As=	3.75	cm ² /m	é a armadura dimensionada
εc=	0.012		"por mil" Deformação do con Ok!

Formulário

$$Rcd=fcd*0.85*0.8*bw*x$$

$$Rsd=As*fyd$$

$$Mu=Rsd*(d-0.4x)$$

12 DIMENSIONAMENTO DAS ABAS

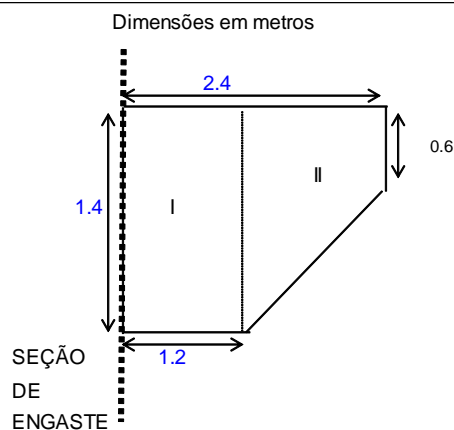
DIMENSIONAMENTO DA ABA

COMBINAÇÃO UTILIZADA:

$F_d = 1.35f_e(\text{empuxo}) + 1.50f_s(\text{sobrecarga})$

K=	0.3333	
$\gamma_{\text{solo}} =$	1.8	tf/m ³
$\rho =$	0.5	tf/m ²

$E_I =$	0.71	tf
$E_{II} =$	1.05	tf
$S_I =$	0.28	tf
$S_{II} =$	0.75	tf
$M_g =$	2.17	tfm
$M_q =$	1.41	tfm
$M_d =$	5.04	tfm



$f_{ck} =$	25	MPa
$f_{cd} =$	0.179	tf/cm ²
$h =$	25	cm
$d =$	22	cm
$b_w =$	100	cm
$M_d =$	504.22	tfc
$x =$	2.00	cm (posição da linha neutra)
$c =$	3	cm

Formulário

$$R_{cd} = f_{cd} \cdot 0.85 \cdot 0.8 \cdot b_w \cdot x$$

$$R_{sd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$M_u = R_{sd} \cdot (d - 0.4x)$$

$M_{rd} =$	515	tfc	é o Momento resistente
$A_s =$	5.59	cm ² /m	é a armadura dimensionada
$\epsilon_C =$	0.207		Deformação do concreto

Ok!