

Cliente:

CESAN
COMPANHIA ESPIRITO SANTENSE DE SANEAMENTO

CONTRATO 219/2013

Codificação SAMON:	Codificação CESAN:	Revisão: 00	Data de Emissão: MAIO/15
--------------------	--------------------	-----------------------	------------------------------------

PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO- ETE - PANCAS / E.S.

VOLUME 2 - PROJETO ESTRUTURAL

TOMO - A

MEMORIAL DESCRITIVO, DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.

Emitido por:

SAMON SANEAMENTO E MONTAGENS EIRELI

Local:

Serra - ES

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	OBJETIVO	3
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	3
3.0	INTRODUÇÃO	4
3.1	APRESENTAÇÃO	4
3.2	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO	4
4.0	MODELO DE CÁLCULO	5
4.1	CARGAS E COMBINAÇÕES	5
4.2	DIMENSIONAMENTO DAS SECÇÕES	9
4.3	SEÇÕES DE CONCRETO UTILIZADAS.....	10
4.4	FUNDAÇÃO	12
4.5	TENSÕES NO SOLO:	13
4.6	CÁLCULO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM (LB).....	14
5.0	RESULTADOS	15
5.1	POÇO DE SUCÇÃO	16
5.2	CASA DE LODO.....	18
5.3	CASA DE OPERAÇÃO.....	23
5.4	CAIXA DE AREIA.	28
5.5	LEITO DE SECAGEM	30

1.0 OBJETIVO

O presente trabalho visa desenvolver o projeto estrutural da Estação de Tratamento de Esgoto de Pancas, abrangendo Poço de Sucção, Tratamento Preliminar, Casa de Operação, Casa de Lodo e Caixa de Areia.

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele. Devem ser utilizados na sua revisão mais recente.

3.0 INTRODUÇÃO

3.1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho complementa as pranchas de armação e formas relativas à:

- Elevatória de esgoto de água bruta
 - Poço de sucção
 - Caixa de Areia
 - Tratamento Preliminar
 - Casa de Operação
 - Casa de Lodo

O dimensionamento dos elementos citados fora executado tomando como base as normas que seguem:

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações
- NBR 6123 – Força devidas ao vento em edificações
- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos.

Documentos técnicos e livros como:

- Resistência do Materiais, V. Feodosiev
- Curso de Concreto Armado, José Milton de Araújo

Além dos softwares de dimensionamento e análise hiperestática:

- STRAP

3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO

- Fck: 30 MPa

- E_{sec} : 23800 MPa
- Fator água-cimento: 0.5 (máximo)
- Aço CA 50 e CA 60
 - E_s : 210 GPa
 - Deformação limite do aço para dimensionamento: 10‰
- Grau de agressividade do Meio Ambiente: IV (NBR 6118/2007)
- Limite de abertura de Fissuras: 0.2 mm
- Dimensão máxima do agregado graúdo: 25 mm
- Método para análise de 2º Ordem Global: Gama Z
- Compactação com Proctor normal à 100%

4.0 MODELO DE CÁLCULO

Laje de piso da elevatória apoiada sobre base elástica. O campo de deslocamentos e tensões foi calculada adotando-se a metodologia implementada pelo software comercial STRAP VERSÃO 2011.

4.1 CARGAS E COMBINAÇÕES

Ações Permanentes:

- g1 - Peso próprio do concreto (permanente direta)
- g2 - Empuxo de terra (permanente direta)
- g3 – Enchimentos (permanente direta)
- g4 – Retração (permanente indireta)
- g5 – Peso próprio do tanque de aço (permanente direta)

Ações Variáveis Acidentais:

- q1 - Empuxo hidrostático
- q2 - Sobrecarga
- q3 - gradiente térmico

Coeficientes de ponderação (γ_g , γ_q), fatores de combinação (ψ_q), e fatores de redução (ψ_1 , ψ_1) para:

- Combinação Normal (CN) em Estado Limite de Utilização (ELU);
- Combinação Quase Permanente (CQP) em Estado Limite de Serviço (ELS);
- Combinação Frequente (CF) em Estado Limite de Serviço (ELS).

	CN-ELU	CQP-ELS	CF-ELS
Ações Permanentes:	γ_g	γ_g	γ_g
Cargas permanentes	1,4	1	1
Retração	1,2	1	1
Ações Variáveis (qdo. princ.):	γ_q	γ_q	γ_q
Sobrecarga	1,4	1	1
Empuxo hidrostático	1,4	1	1
Gradiente térmico	1,2	1	1
Ações Variáveis (qdo. secnd.):	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga	0,8	0,7	0,6
Empuxo hidrostático	0,8	0,7	0,6
Gradiente térmico	0,6	0,5	0,3

Grandezas Físicas das Ações:

- g_1 - Peso próprio do concreto = Volume dos elementos multiplicado pelo peso específico do concreto armado. Unidades: peso em tf e o volume em m³.

- g_2 -Empuxo de terra

$N_{spt,med} = 4$ Argila com areia fina cor variegada

$\gamma_t = 18,00 \text{ kN/m}^3$ Godoy, 1972

$\phi = 0^\circ$

$K_0 = 1,00$ $K_0 = 1 - \tan \phi$

$p = K_0 \cdot \gamma_t \cdot h$

- g_1 - Enchimentos = Volume do elemento multiplicado pelo peso específico do material. Unidades: peso em tf e volume em m³.
- g_2 - Retração: Não Consideramos uma retração em toda a estrutura
- q_3 - Empuxo Hidrostático interno: Em todas as faces internas estão sendo aplicada uma pressão de base ao topo. O peso específico utilizado no cálculo destas pressões é o da água, igual a 1tf/m³ multiplicado pela altura da lamina d'água.
- q_4 - Sobrecarga: Nas lajes de tampa e escadas foram consideradas sobrecargas de utilização iguais a 0,3 tf/m².

4.1.1 Poço de Sucção:

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN (cheio):

$$C01 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q1+1,20.q2$$

$$C02 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q2+1,20.q1$$

Estado Limite Último - ELU-CN (vazio):

$$C03 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q2$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (cheio)

$$C05 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q1+0,60.q2$$

$$C06 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q2+0,60.q1$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (vazio)

$$C07 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q2$$

Especial, para verificação da flutuação

$$C08 = 1,00.(g1+g3)+1,00.q4$$

4.1.2 Caixa de Areia:

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN (cheio):

$$C01 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q1$$

Estado Limite Último - ELU-CN (vazio):

$$C03 = 1,40.(g1+g2+g3)$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (cheio)

$$C06 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q1$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (vazio)

$$C07 = 1,00.(g1+g2+g3)$$

4.1.3 Tratamento Preliminar:

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN (cheio):

$$C01 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q1+1,20.q2$$

$$C02 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q2+1,20.q1$$

Estado Limite Último - ELU-CN (vazio):

$$C03 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q2$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (cheio)

$$C05 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q1+0,60.q2$$

$$C06 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q2+0,60.q1$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (vazio)

$$C07 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q2$$

Especial, para verificação da flutuação

$$C08 = 1,00.(g1+g3)+1,00.q4$$

4.1.4 Casa de Operação:

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN :

$$C01 = 1,40.g1+1,40.q2$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF:

$$C02 = 1,00.g1+0,70.q2$$

4.1.5 Casa de Lodo:

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN :

$$C01 = 1,40.g1+1,40.q2$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF:

$$C02 = 1,00.g1+0,70.q2$$

4.2 DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES

Os cálculos de paredes e lajes de fundo e tampas foram considerados um elemento estrutural de 100 cm de largura e altura h , para o dimensionamento a flexo-tração com a força da envoltória máxima nas direções x e y e momentos da envoltória máxima e mínima nas direções x e y . A compressão aqui foi desprezada por entender que a solicitação máxima acontece quando o elemento estrutural em questão é tracionado junto com a flexão.

Após a verificação da flexo-tração o elemento foi verificado com relação à formação de fissuras.

Momento mínimo para a dispensa de análise de fissuração (ESTADIO I):

$$M_R = \alpha f_{ct} I_o / y_t [tf.m] \quad (1)$$

Calculando teremos, M_r para um $f_{ck} = 30$ MPa e h variado igual à:

- $h=15\text{cm}$; $M_r = 1,69tf.m$
- $h=20\text{cm}$; $M_r = 3,00tf.m$
- $h=25\text{cm}$; $M_r = 4,69tf.m$
- $h=30\text{cm}$; $M_r = 6,75tf.m$

Como os momentos das combinações frequente do estado limite de serviço não ultrapassaram os valores acima descritos para suas respectivas espessuras, algumas as paredes, fundos e tampas das seguintes estruturas foram armadas com a armadura mínima:

- Poço de sucção
- Tratamento Preliminar
- Caixa de Areia

Armadura mínima prevista em norma:

$$A_{s,min} = \rho_{min} 100h \left[\frac{cm^2}{m} \right] \quad (2)$$

Sendo ρ_{min} taxa de armadura mínima conforme a NBR 6118:2003

Tabela 17.3 - Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas

Forma da seção	Valores de $\rho_{\min}^{1)}$ ($A_{s,\min}/A_c$) %								
	$\omega_{\min}$	f_{ck}	20	25	30	35	40	45	50
Retangular		0,035	0,150	0,150	0,173	0,201	0,230	0,259	0,288
T (mesa comprimida)		0,024	0,150	0,150	0,150	0,150	0,158	0,177	0,197
T (mesa tracionada)		0,031	0,150	0,150	0,153	0,178	0,204	0,229	0,255
Circular		0,070	0,230	0,288	0,345	0,403	0,460	0,518	0,575

¹⁾ Os valores de $\rho_{\min}$ estabelecidos nesta tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, $\rho_{\min}$ deve ser recalculado com base no valor de $\omega_{\min}$ dado.

NOTA - Nas seções tipo T, a área da seção a ser considerada deve ser caracterizada pela alma acrescida da mesa colaborante.

Calculando teremos, $A_{s,\min}$ para um $f_{ck} = 25$ MPa, $b=100$ cm, seção retangular e h variado igual à:

- $h=15$ cm ; $A_{s,\min} = 2,25\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/15
- $h=20$ cm ; $A_{s,\min} = 3,00\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/15
- $h=25$ cm ; $A_{s,\min} = 3,75\text{cm}^2/\text{m}$ Ø10 C/20 ou Ø8 C/12
- $h=30$ cm ; $A_{s,\min} = 4,50\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/10 ou Ø10 C/15

4.3 SEÇÕES DE CONCRETO UTILIZADAS

Foram utilizadas as seguintes seções de concreto para as respectivas estruturas:

- Poço de sucção:

Tampas: 15cm

Parede Cilíndrica: 25cm

Fundo: 20cm

- Caixa de Areia:

Paredes: 20cm

Fundo: 20cm

- Tratamento preliminar:

Paredes: 15cm

Fundo: 15cm

- Casa de Operação:

Pilares:20x40cm

Vigas cobertura:40x15cm

Vigas térreo:60x15cm

Lajes térreo:15cm

Lajes cobertura:12cm

- Casa de Lodo:

Pilares:15x25cm

Vigas cobertura:40x15cm

Vigas térreo:50x15cm

Lajes térreo:8cm

Lajes cobertura:10cm

4.4 FUNDAÇÃO

Utilizamos para as estruturas a laje de fundo apoiada diretamente sobre o solo. Como modelo de cálculo adotamos um sistema de molas de resposta linear obtida através do ensaio de SPT. Para obter a tensão média admissível a partir desse ensaio, utiliza-se o número médio de golpes aplicando a seguinte fórmula:

$$s = 0,20 * \text{SPT Médio (kgf/m}^2\text{)}$$

A partir dos valores de tensão média admissível é possível obter o valor de Kv por correlação, utilizando a tabela abaixo:

Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)	Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20
1,25	2,65	3,15	6,30
1,30	2,74	3,20	6,40
1,35	2,83	3,25	6,50
1,40	2,92	3,30	6,60
1,45	3,01	3,35	6,70
1,50	3,10	3,40	6,80
1,55	3,19	3,45	6,90
1,60	3,28	3,50	7,00
1,65	3,37	3,55	7,10
1,70	3,46	3,60	7,20
1,75	3,55	3,65	7,30
1,80	3,64	3,70	7,40
1,85	3,73	3,75	7,50
1,90	3,82	3,80	7,60
1,95	3,91	3,85	7,70
2,00	4,00	3,90	7,80
2,05	4,10	3,95	7,90
2,10	4,20	4,00	8,00

Fonte: Safe, Morrison (1993)

4.5 TENSÕES NO SOLO:

4.5.1 Poço de sucção:

Tensão máxima no solo (combinação - C1)

$P = 1,40 \text{ kgf/cm}^2$ "OK"

$N_{spt} = 10$

$P_{adm} = N_{spt} \cdot 0,2$

$P_{adm} = 2,0 \text{ kgf/cm}^2$

4.5.2 Tratamento Preliminar:

Tensão máxima no solo (combinação - C1)

$P = 0,78 \text{ kgf/cm}^2$ "OK"

$N_{spt} = 10$

$P_{adm} = N_{spt} \cdot 0,2$

$P_{adm} = 2,00 \text{ kgf/cm}^2$

4.5.3 Caixa de Areia:

$P = 1,6 \text{ kgf/cm}^2$ "OK"

$N_{spt} = 10$

$P_{adm} = N_{spt} \cdot 0,2$

$P_{adm} = 2,00 \text{ kgf/cm}^2$

4.5.4 Casa de Operação:

Tensão máxima no solo (combinação - C1)

$P = 1,50 \text{ kgf/cm}^2$ "OK"

$N_{spt} = 9$

$P_{adm} = N_{spt} \cdot 0,2$

$P_{adm} = 1,80 \text{ kgf/cm}^2$

4.5.5 Casa de Lodo:

Tensão máxima no solo (combinação - C1)

$P = 1,50 \text{ kgf/cm}^2$ "OK"

$N_{spt} = 9$

$P_{adm} = N_{spt} \cdot 0,2$

$P_{adm} = 1,80 \text{ kgf/cm}^2$

4.6 CÁLCULO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM (LB)

- Assumindo tensão de escoamento do aço (Estádio 3 de deformação)
- Barras nervuradas, com bitola menor que 32 mm
- Laje menor que 30 cm, logo, região de boa aderência

$$l_b = \frac{\emptyset}{4} \frac{500/1.15}{0.42 \left(\frac{30}{1.4}\right)^{2/3}} \cong 25 \text{ cm}$$

5.0 RESULTADOS

O software usado foi o STRAP VERSÃO 2011 que considera as lajes e paredes como placas de 50 à 40 centímetros (espaçamento adotado mediante critérios definidos). Os carregamentos das lajes e paredes são lançados diretamente sobre os elementos.

As paredes e lajes das estruturas foram tratadas com lajes de comprimento unitário e altura h dimensionadas sobre flexo-compressão ou flexo-tração e foram armadas para resistir aos momentos e trações ou compressão da envoltória de combinações máximas e mínimas.

5.1 POÇO DE SUCÇÃO

5.1.1 FUNDO

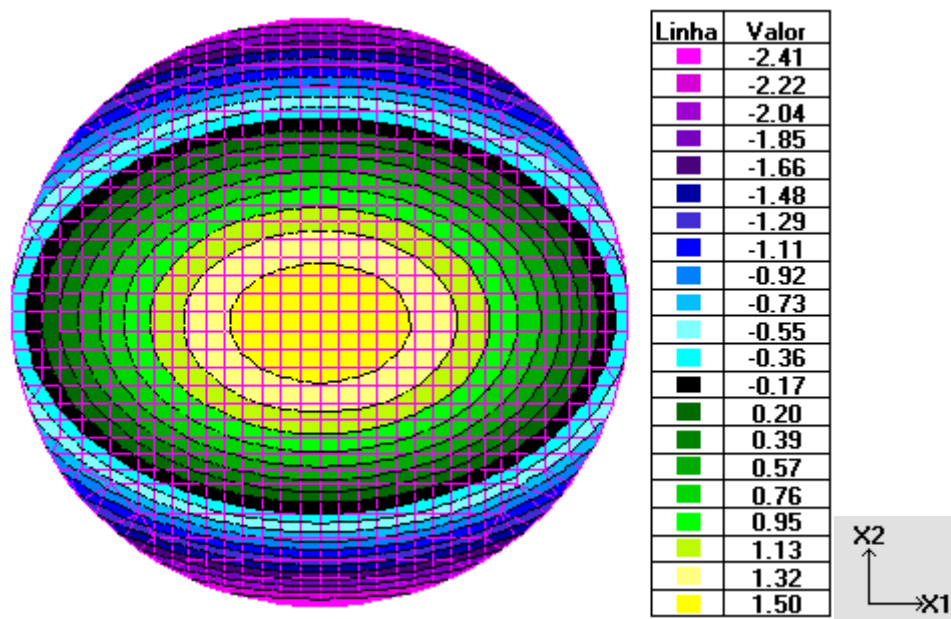


Figura 1- ENVOLTÓRIA MIN – MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

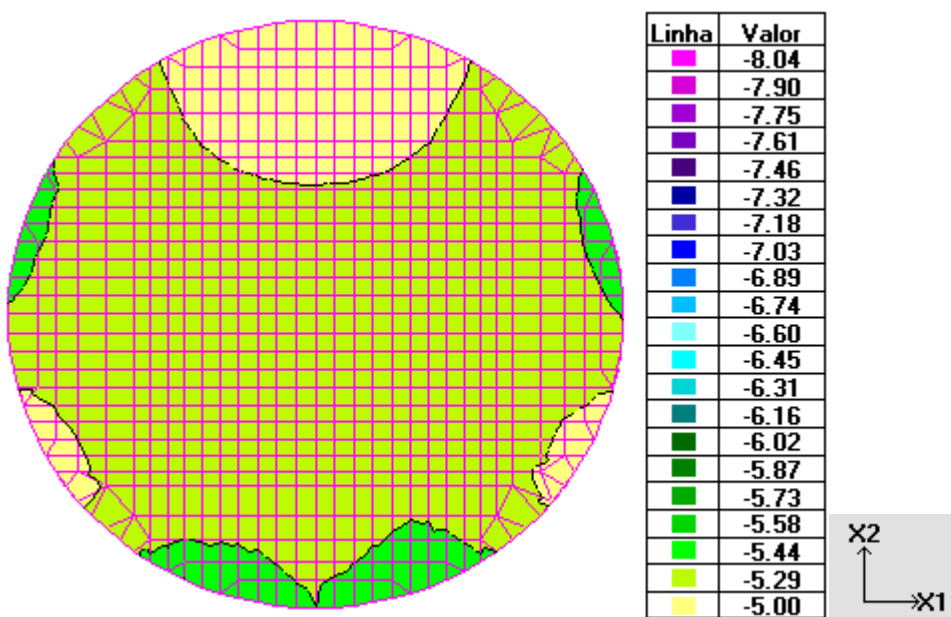


Figura 2- ENVOLTÓRIA MAX – FORÇA NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003													
Materiais			Esforços		Seção			SEGURANÇA					
Aço (f _y k)	f _{ck} (Mpa)		Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)		h (cm)	d' (cm)	ξ _{máx.}	As,min (cm²/m)	γ _c	γ _s	γ _f	Classe Agres.
500	30		1,72	3,60		20	4,9	0,5	3,00	1,40	1,15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica				
Armadura necessária		Arranjo		
		Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)
As1 (cm²/m)	-	8	15,0	3,35
As2 (cm²/m)	3,07	8	15,0	3,35

Resumo - ELU				
Zona	ξ	ω1	ω2	
Zona D	0,100	0,000	0,058	

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO									
Materiais			Esforços			Seção			
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)		h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)
500	30		1,72	3,6		20	4,9	8	15,0
Cálculo									
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)		
3,35	210.000	23.800	2,56	2,25	10,90	12,00	130,80		
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)		
8,82	0,003842927	0,206	3,11	296,49	0,00	0,13925989	0,436075077		

5.2 CASA DE LODO

5.2.1 LAJES

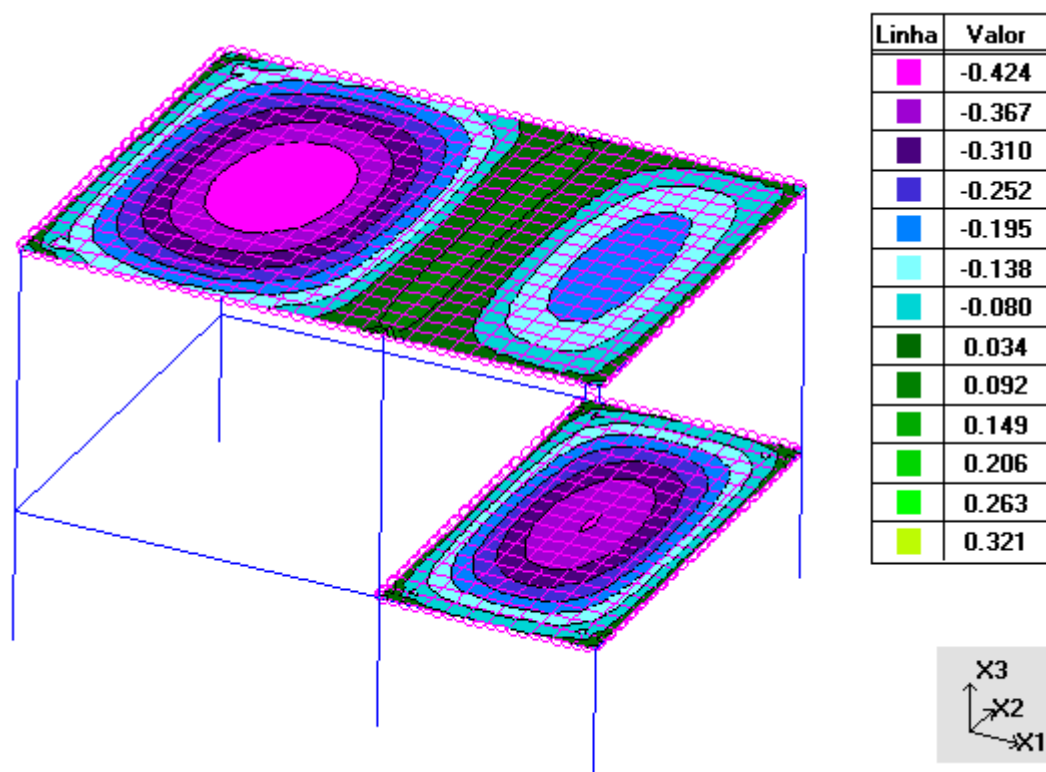


Figura 1 - ENVOLTÓRIA MIN – MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)

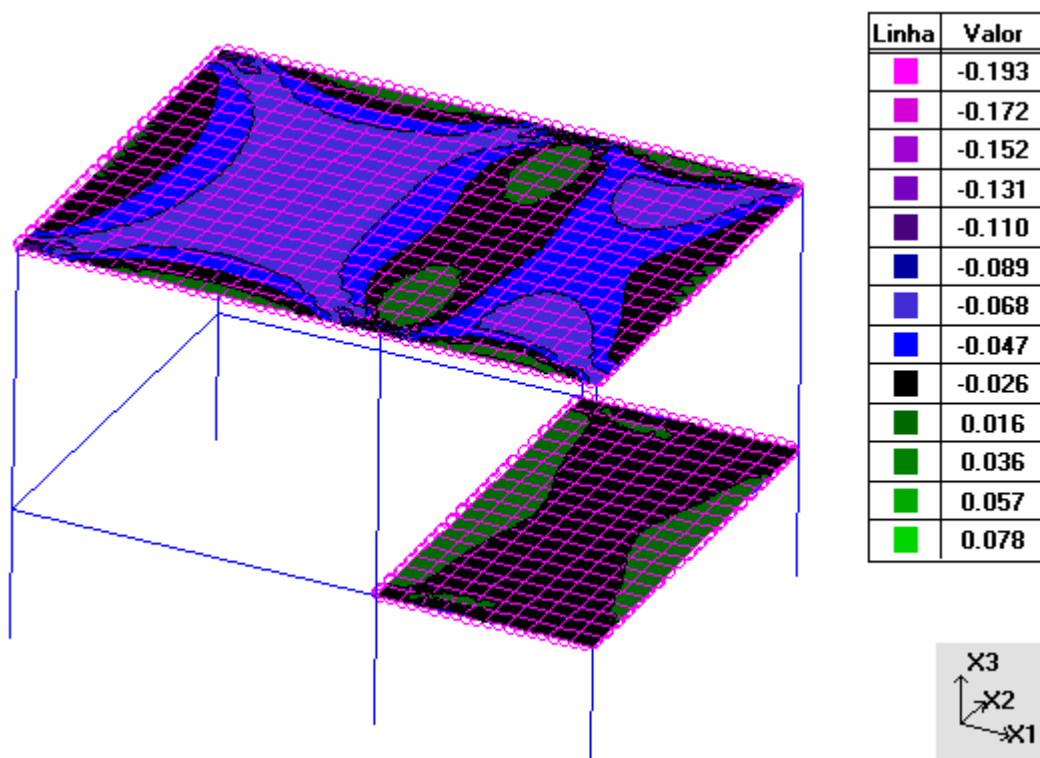


Figura 2 - ENVOLTÓRIA MAX – FORÇA NA DIREÇÃO DE X (tf/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003											
Materiais			Esforços			Seção			SEGURANÇA		
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)		h (cm)	d' (cm)	$\xi_{m\acute{a}x.}$	As,min (cm²/m)	γ_c	Classe Agres.
500	30		0,43	0,00		10	2,8	0,5	1,50	1,40	Classe II

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica											
Armadura necessária			Arranjo								
As1 (cm²/m)			Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)						
	-		6,3	15,0	2,08						
As2 (cm²/m)	2,01		6,3	12,0	2,60						

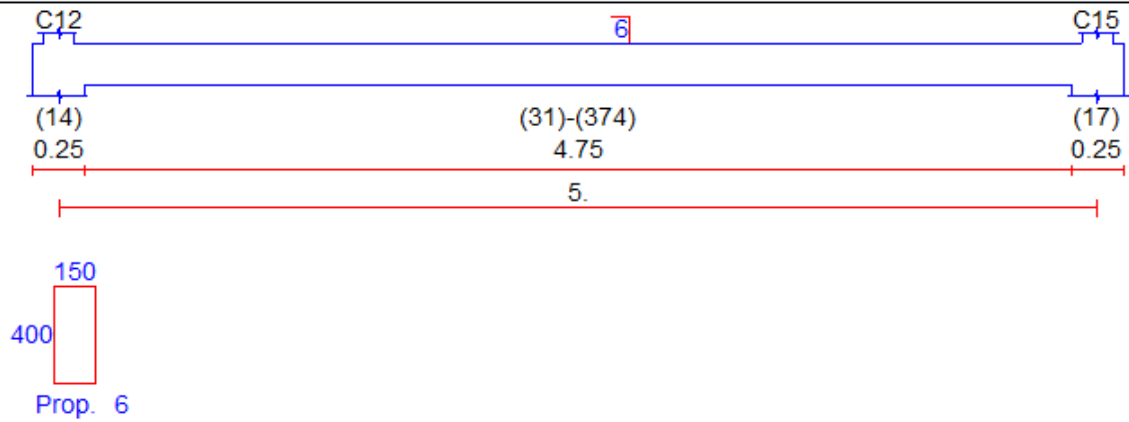
Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω_1	ω_2
Zona D	0,100	0,000	0,080

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES - CONCRETO ARMADO											
Materiais			Esforços			Seção					
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)		h (cm)	d' (cm)	Bitola ϕ	Esp. (cm)		
500	30		0,43	0		10	2,815	6,3	12,0		

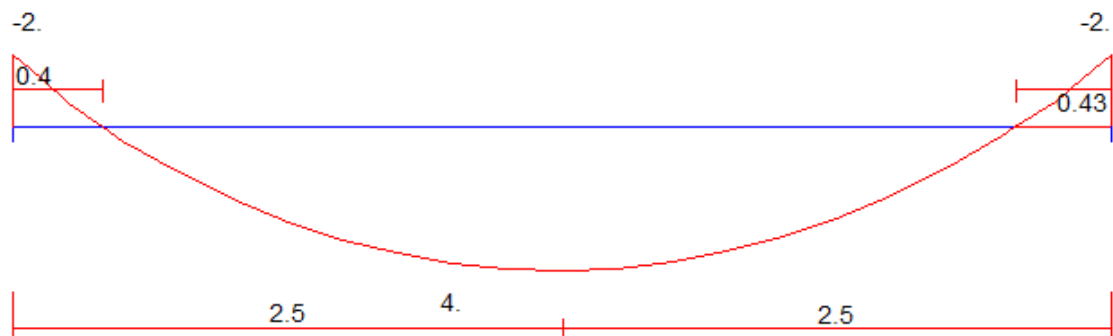
Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)	Acrl (cm²)				
2,60	210.000	23.800	2,56	2,25	7,54	9,45	71,25				
as	prl	ξ	x (cm)	σ_{si} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)				
8,82	0,004374897	0,223	1,60	248,86	0,00	0,07726243	0,254645663				

5.2.2 VIGA 4 COBERTURA

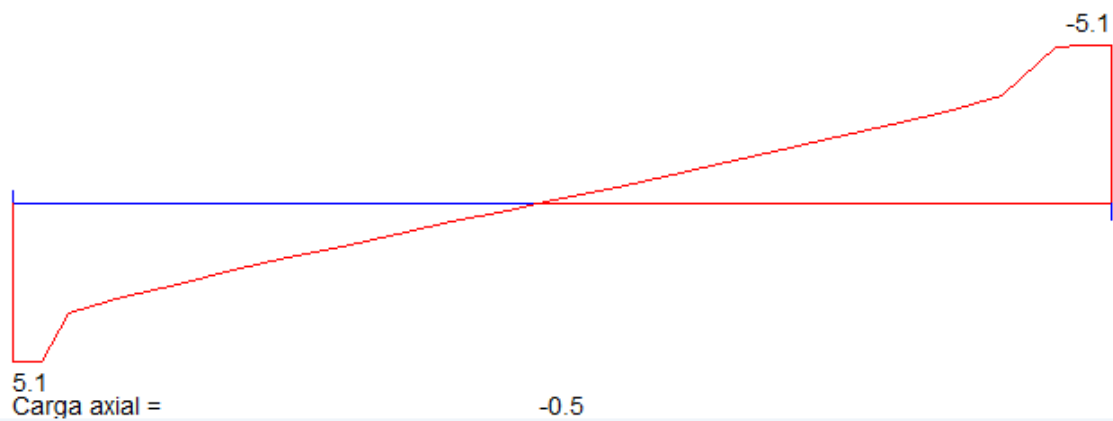
Geometria



Momentos(t · m) tramos 1 a 1



Cortante(ton)



Vigas Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003												
Materiais		Esforços		Seção			SEGURANÇA					
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mk (tf.m)	Nk (tf)	h (cm)	b (cm)	d' (cm)	ξmax.	As,min (cm²/m)	γc	γs	γf	Classe Agres.
500	30	2,90	0,00	40	15	3,6	0,5	0,90	1,40	1,15	1,40	Classe II

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Armadura necessária	Arranjo		
	Φ (mm)	N barras	As,tot (cm²)
As1 (cm²)	12,5	5,0	6,14
As2 (cm²)	12,5	3,0	3,68

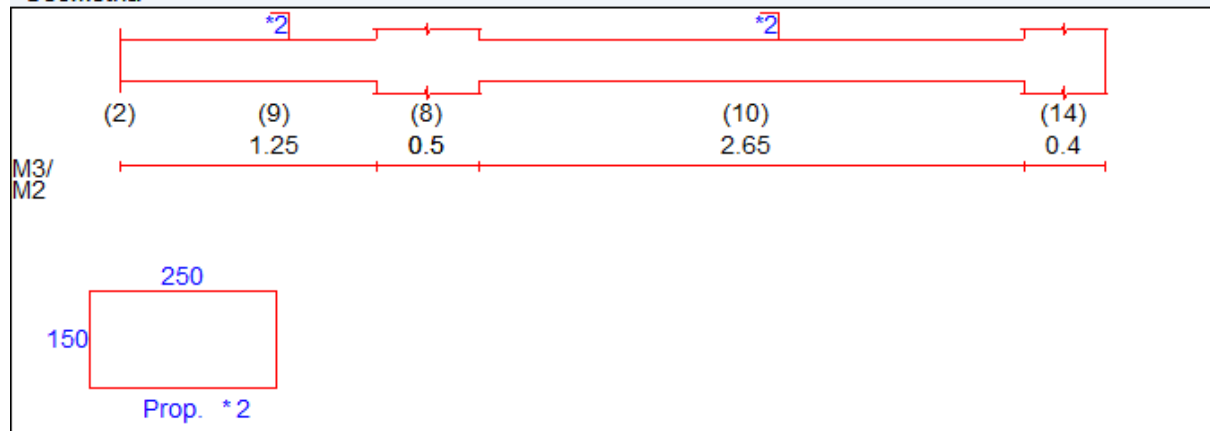
Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,182	0,000	0,145

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO									
Materiais		Esforços		Seção					
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mrr (tf.m)	Nrr (tf)	h (cm)	b (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)	N barras
500	30	2,9	0	40	15	3,625	12,5	2,6	3,0

Cálculo							
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acrt (cm²)
3,68	210.000	23.800	2,56	2,25	13,00	2,63	34,13
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)
8,82	0.0359615	0.125	4,55	225,97	0,00	0,12639685	0,074715762

5.2.3 PILAR 2

Geometria



Pilar : C12 Barra nº 10

Combinação crítica = 1

fck = C25 gc=1.4 fyk= 500 MPa d' = 30 mm

	le =	k *	lo	i	le/i	tipo
M3:	2.65 =	1.00 *	2.65	0.07	36.7	deslocáv
M2:	2.65 =	1.00 *	2.65	0.04	61.2	deslocáv

Pilar: esbelto

Armadura:

o 4d12.5

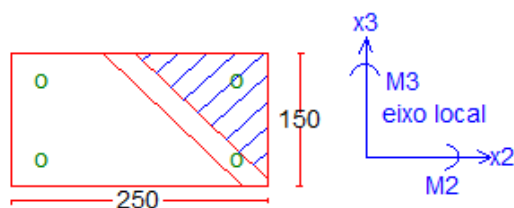
As = 4.9 cm²

% = 1.31

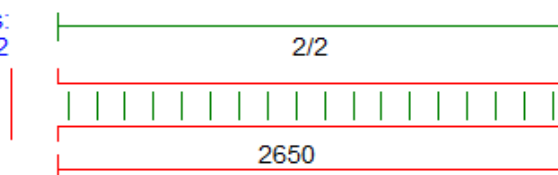
Esforços de Cálculo (t · m) :

	P	M2	M3
Atual	7.8	-0.2	1.7
Dimen.	7.8	-0.5	2.1
M ad.		0.3	0.2
M mín.		0.2	0.2

Pilar: Capacidade 1.31



18φ8@150

 ramos:
M3/M2


Estr. fy = 500 MPa

	M2	M3
Comb:	1	1
Vmax:	0.1	0.9
Vc:	2.2	2.4

5.3 CASA DE OPERAÇÃO

5.3.1 LAJES

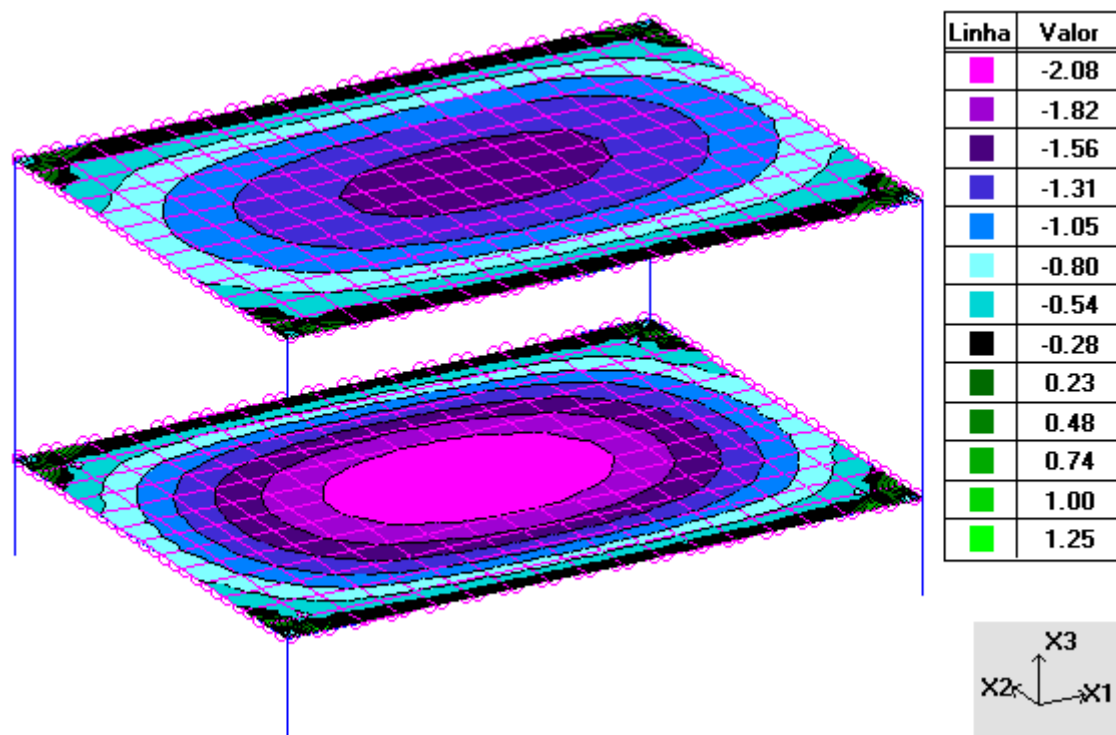


Figura 3 - ENVOLTÓRIA MIN – MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

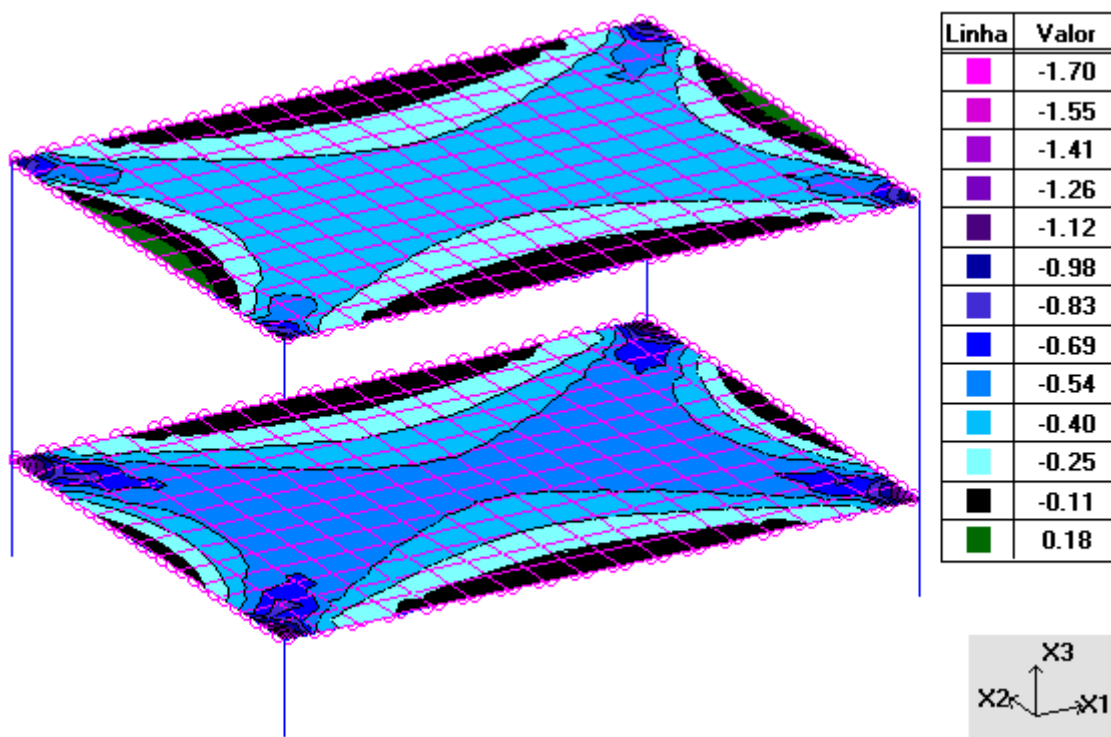


Figura 4 - ENVOLTÓRIA MAX – FORÇA NA DIREÇÃO DE X (tf/m)

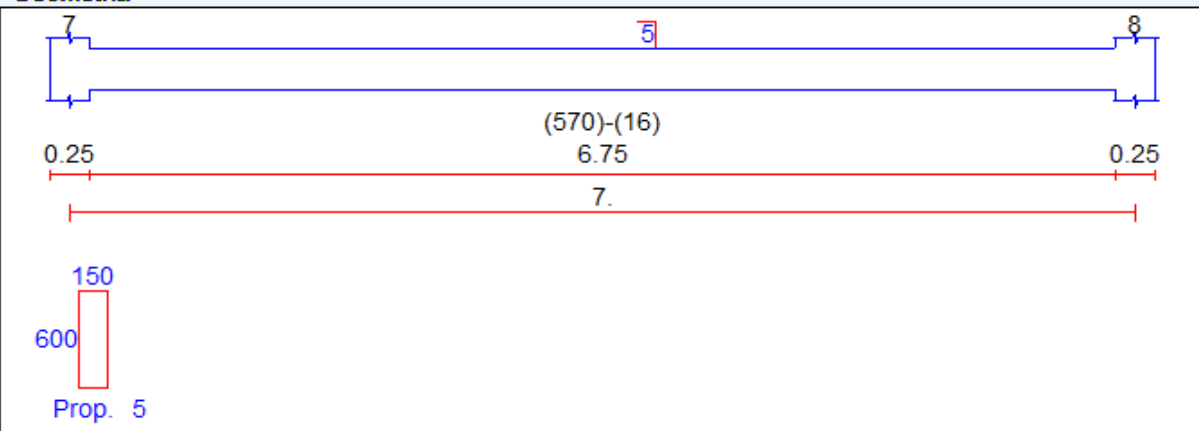
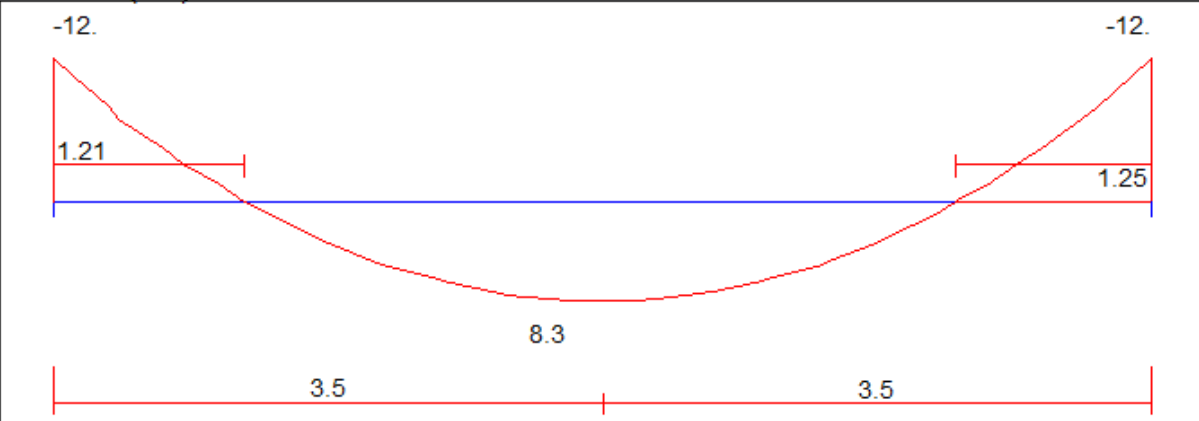
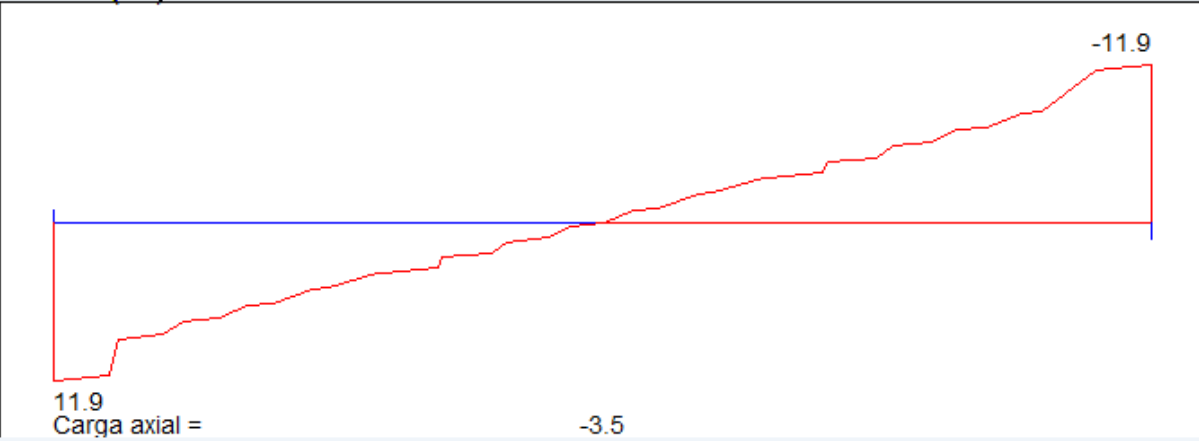
Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003											
Materiais			Esforços			Seção			SEGURANÇA		
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	$\xi_{\max.}$	As,min (cm²/m)	γ_c	γ_s	Classe Agres.
500	30		1,48	0,00	15	2,9	0,5	2,25	1,40	1,15	Classe II

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica											
Armadura necessária			Arranjo								
			Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)						
As1 (cm²/m)	-		8	10,0	5,03						
As2 (cm²/m)	4,14		8	10,0	5,03						

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω_1	ω_2
Zona D	0,123	0,000	0,098

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO											
Materiais			Esforços			Seção					
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ϕ	Esp. (cm)			
500	30		1,48	0	15	2,9	8	10,0			

Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)				
5,03	210.000	23.800	2,56	2,25	8,90	10,00	89,00				
as	prí	ξ	x (cm)	σ_{sl} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)				
8,82	0,005647807	0,237	2,86	264,17	0,00	0,1105547	0,269519859				

5.3.2 VIGA 1 TÉRREO
Geometria

Momentos(t · m) tramos 1 a 1

Cortante(ton)


Vigas Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003														
Materiais			Esforços		Seção					SEGURANÇA				
Aço	fck		Mk (tf.m)	Nk (tf)		h (cm)	b (cm)	d' (cm)	ξmáx.	As,min (cm²/m)	γc	γs	γi	Classe Agres.
500	30		8.57	0.00		60	15	4.0	0.5	1.35	1.40	1.15	1.40	Classe II

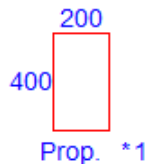
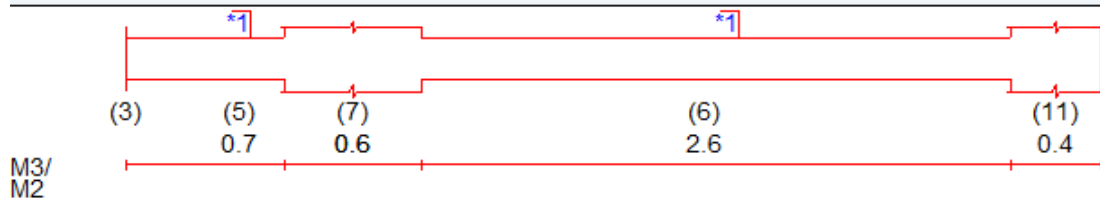
ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Armadura necessária	Arranjo		
	Φ (mm)	N barras	As,tot (cm²)
As1 (cm²)	20	2,0	6,28
As2 (cm²)	20	2,0	6,28

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω_1	ω_2
Zona D	0,231	0,000	0,185

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO													
Materiais			Esforços			Seção							
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m)	Nfr (tf)		h (cm)	b (cm)	d' (cm)	Bitola ϕ	Esp. (cm)	N barras		
500	30		8,57	0		60	15	4	20	5,0	2,0		
Cálculo													
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1		hi (cm)	bi (cm)		Acri (cm²)				
6,28	210.000	23.800	2,56	2,25		19,00	5,00		95,00				
as	pri	ξ	x (cm)	σ_{sl} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)						
8,82	0,0330694	0,131	7,34	254,70	0,00	0,25692947	0,143134262						

5.3.3 PILAR 2

Geometria



Pilar : C11 Barra nº 5

Combinação crítica = 1

fck = C30 gc=1.4

fyk= 500 MPa

d' = 30 mm

	le =	k *	lo	i	le/i	tipo
M3:	0.70 =	1.00 *	0.70	0.06	12.1	deslocáv
M2:	0.70 =	1.00 *	0.70	0.12	6.1	deslocáv

Pilar: curto

Armadura:

o 8d12.5

As = 9.8 cm²

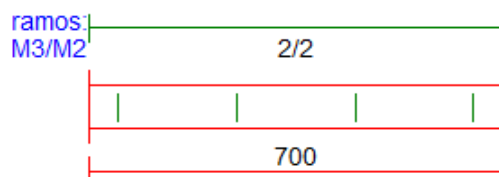
% = 1.22



Esforços de Cálculo (t · m) :

	P	M2	M3
Atual	25.3	6.8	-2.6
Dimen.	25.3	6.8	-2.7
M ad.			
M mín.		0.7	0.5

Pilar: Capacidade 1.04



Estr. fy = 500 MPa

	M2	M3
Comb:	1	1
Vmax:	8.9	3.8
Vc:	6.2	5.7

5.4 CAIXA DE AREIA

5.4.1 PAREDE 2

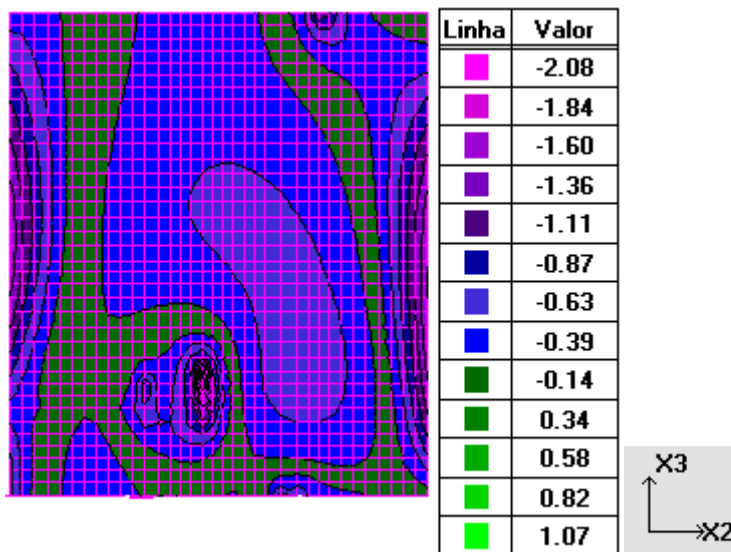


Figura 5 - ENVOLTÓRIA MIN – MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)

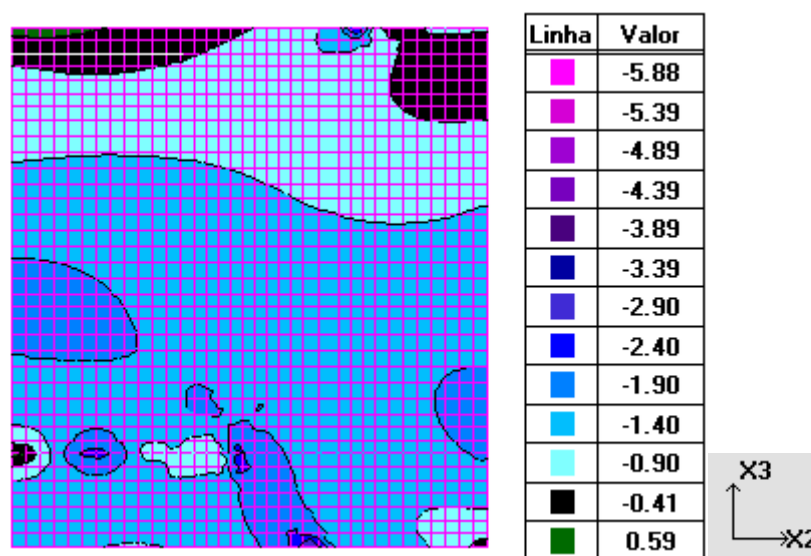


Figura 6 - ENVOLTÓRIA MAX – FORÇA NA DIREÇÃO DE X (tf/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003													
Materiais			Esforços		Seção			SEGURANÇA					
Aço (f _{yk})	f _{ck} (Mpa)		M _k (tf.m/m)	N _k (tf/m)		h (cm)	d' (cm)	ξ _{máx.}	A _{s,min} (cm ² /m)	γ _c	γ _s	γ _f	Classe Agres.
500	30		1,48	0,90		20	4,9	0,5	3,00	1,40	1 15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica				
Armadura necessária		Arranjo		
		Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)
As1 (cm²/m)	-	8	15,0	3,35
As2 (cm²/m)	3,07	8	15,0	3,35

Resumo - ELU				
Zona	ξ	ω1	ω2	
Zona D	0,080	0,000	0,058	

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO										
Materiais			Esforços			Seção				
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)		h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)	
500	30		1,48	0,9		20	4,9	8	15,0	
Cálculo										
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)			
3,35	210.000	23.800	2,56	2,25	10,90	12,00	130,80			
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)			
8,82	0,003842927	0,186	2,82	294,68	0,00	0,13757284	0,433425645			

5.5 LEITO DE SECAGEM

5.5.1 PAREDE 1=2

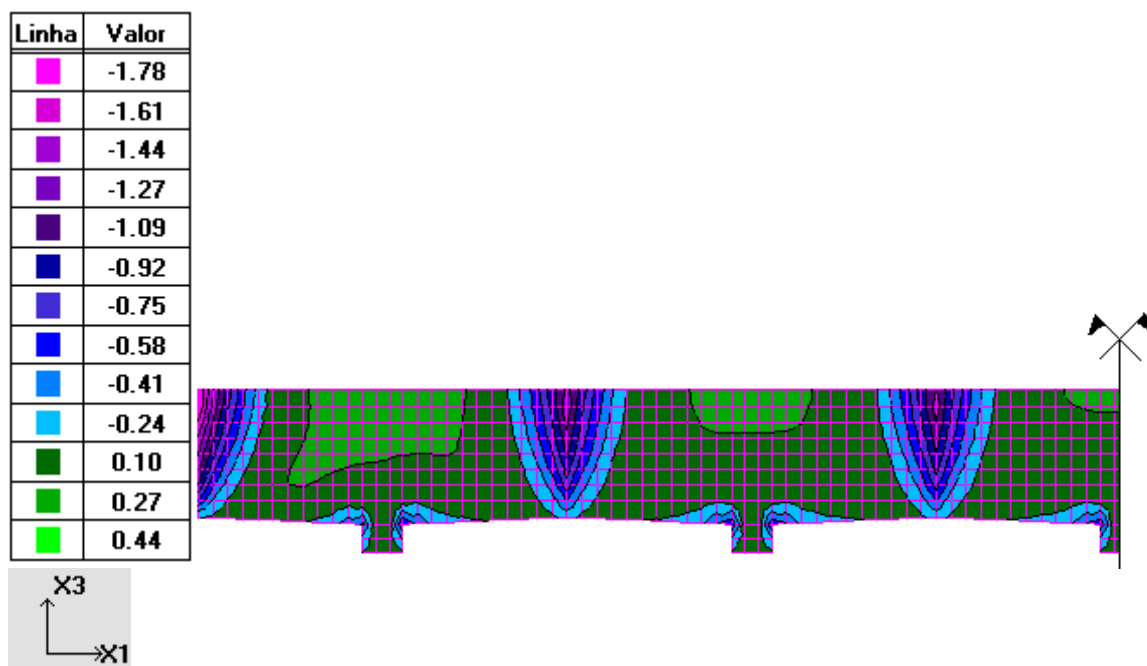


Figura 7- ENVOLTÓRIA MAX – MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

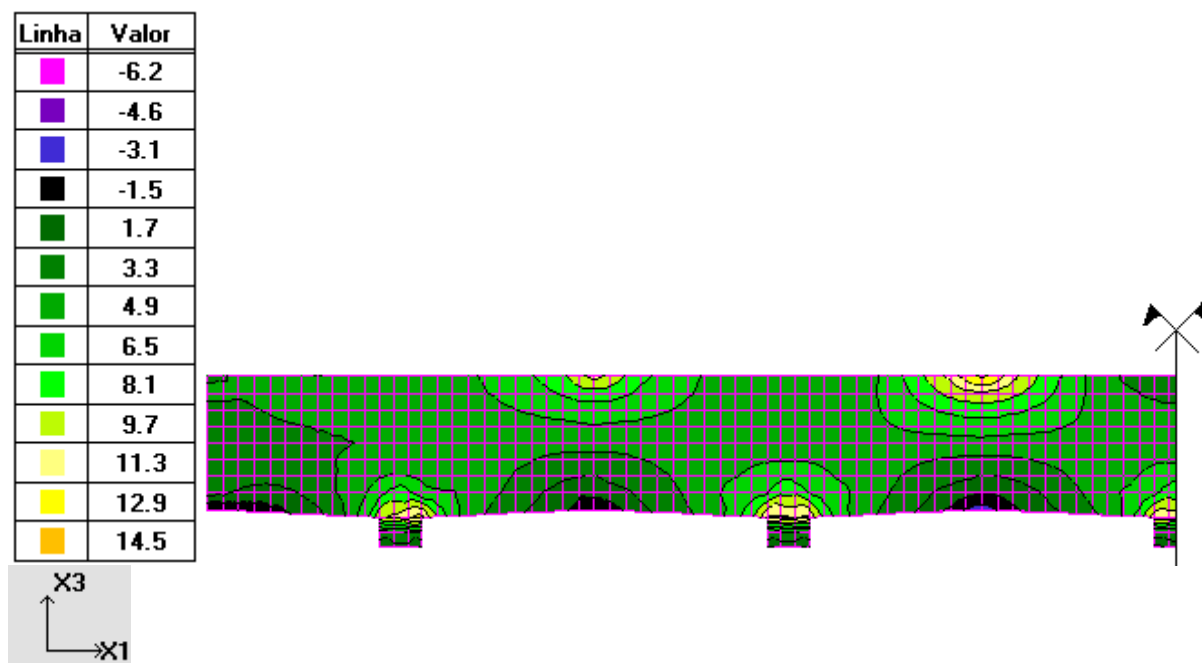


Figura 8- ENVOLTÓRIA MAX – FORÇA NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003												
Materiais			Esforços		Seção			SEGURANÇA				
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	ξmáx.	As,min (cm²/m)	γc	γs	γf	Classe Agres.
500	30		1,27	10,00	20	4,9	0,5	3,00	1,40	1,15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica												
Armadura necessária			Arranjo									
			Φ (mm)	Esp. (cm)								
As1 (cm²/m)	-		8	15,0	3,35							
As2 (cm²/m)	0,72		8	15,0	3,35							

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,094	0,000	0,014

Verificação Fissuras - Flexão Composta - Arm. Simples							
Esforços		Cálculo					
Md (tf.m/m)	Nd (tf/m)	ξ	σsi (Mpa)	Wk,lim. (mm)	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)	Erro (%)
1,3	10,0	0,33	96,6	0,2	0,015	0,142	0,00

Taxa aço/concreto			
kgf	m³	kgf/m³	
Aço	Conc	Aço/Conc	
13,40	0,2	67,02064	

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO												
Materiais			Esforços		Seção							
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)				
500	30		1,27	10	20	4,9	8	15,0				
Cálculo												
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)					
3,35	210.000	23.800	2,56	2,25	10,90	12,00	130,80					
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)					
8,82	0,003842927	0,328	4,95	96,55	0,00	0,01476924	0,142012757					