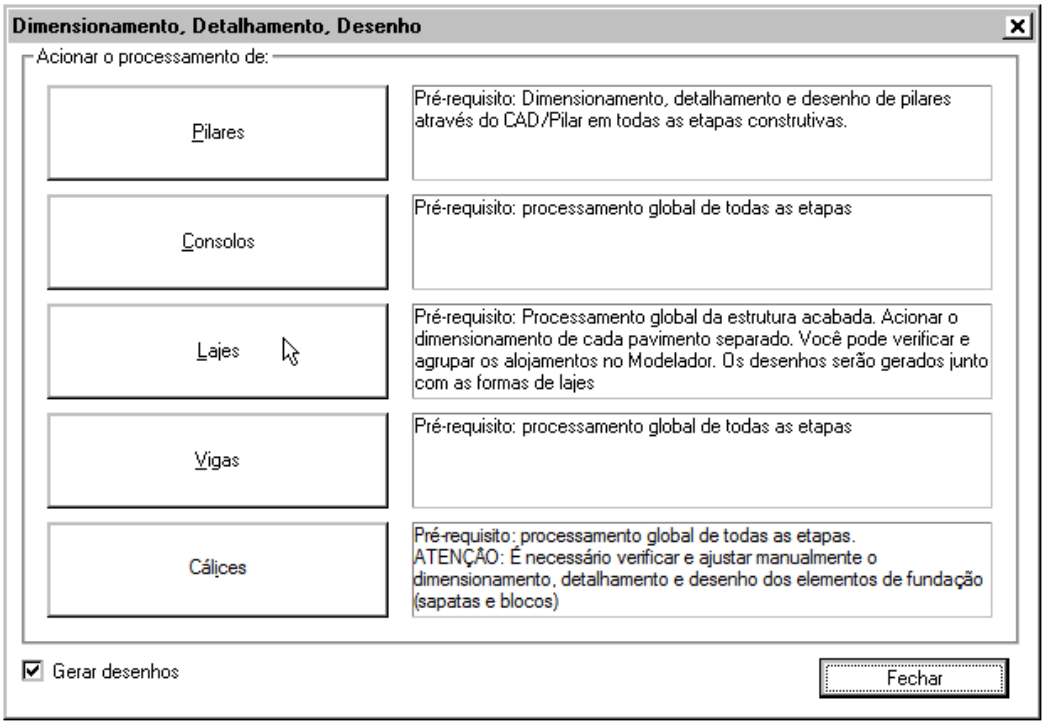
Lajes

O dimensionamento de lajes é efetuado sempre por pavimento. O dimensionamento pode ser acionado no Gerenciador, ou dentro do Modelador Estrutural.

Acionando o dimensionamento

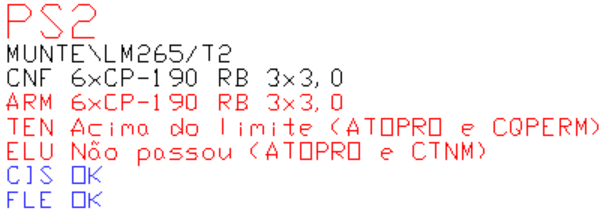
No Gerenciador, usa-se o comando "Processar" - "Dimensionamento, detalhamento e desenho" - "Lajes". Com este comando, nenhuma listagem é gerada e o resultado do dimensionamento fica disponível apenas no Modelador Estrutural.



O programa de dimensionamento classifica e numera automaticamente os alojamentos de armadura protendida ou armadura passiva em configurações. Os alojamentos escolhidos no dimensionamento são atribuídos aos elementos de laje que não estejam marcados somente para verificação (essa condição será mostrada mais adiante).
Dimensionamento do pavimento no Modelador Estrutural

O dimensionamento também pode ser acionado dentro do Modelador Estrutural através do comando "Pré-moldados" - "Elementos de lajes pré-moldadas" - "Calcular todos os elementos" e na barra de ferramentas de pré-moldados, através do botão .

O resultado será mostrado para cada elemento de laje. Os valores mostrados são equivalentes aos mostrados abaixo:



Valor	Significado

PS2	Identificação com número único por tipo de elemento. Todas as peças com mesma geometria e configuração de armaduras tem a mesma identificação.
MUNTE\LM265/T2	Nome da peça (Munte\LM265), seguido da configuração (T2). Para visualizar este texto, ligue "Lajes, Outros dados" nos critérios de visualização. As configurações são armazenadas em uma tabela global, e numeradas automaticamente pelo programa (T1, T2, ..).
CNF 6xCP-190 RB 3x3,0	Configuração atual de armadura protendida. Este texto aparece quando estão ligados "Lajes, Outros dados" e "Pré-moldados, resultados de cálculo de elementos de lajes".
ARM 6xCP-190 RB 3x3,0	Armadura escolhida pelo programa de dimensionamento, de acordo com critérios. Este texto e os seguintes são visualizados com o critério "Pré-moldados, resultados de cálculo de elementos de lajes".
TEN Acima do limite (ATOPRO e CQPERM)	Resultado da verificação de tensões limites na peça.
ELU Não passou (ATOPRO e CTNM)	Resultado da verificação quanto ao estado limite último – flexão composta normal.
CIS Ok	Resultado da verificação quanto ao cisalhamento.
FLE Ok	Resultado da verificação das flechas limites em serviço.

Dimensionamento de elementos selecionados

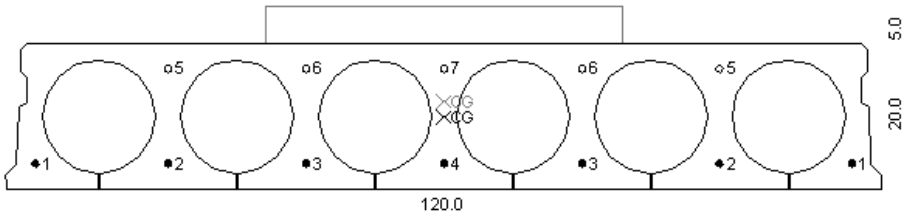
O comando "Pré-moldados" - "Calcular elementos selecionados" permite calcular ou verificar somente alguns elementos selecionados. É muito útil para verificar regiões com problemas, depois que a maioria dos elementos já foi dimensionada. Ele é completado por um relatório em HTML mostrado logo após o cálculo:

Verificações em painel de laje pré-fabricada

Edifício: Alveolar
Pavimento: Tipo

A. Geometria

Comprimento total do elemento em planta = 8.00 m



Dados da seção transversal	Seção não-solidarizada	Seção solidarizada
YCG em relação à face inferior (cm)	9.89	11.99
Área bruta (cm2)	1224.9	1469.3
Inércia (cm4)	61793.0	94711.0
Módulo de resistência superior (cm3)	6111.1	7277.8
Módulo de resistência inferior (cm3)	6249.1	7901.6

B. Armaduras

Posição	Ato da protensão			Infinito		
	Força (tf)	Exc. (cm)	P*e (tf.m)	Força (tf)	Exc. (cm)	P*e (tf.m)
1	14.35	-6.39	-.92	12.19	-8.49	-1.03
1	14.35	-6.39	-.92	12.19	-8.49	-1.03
2	14.35	-6.39	-.92	12.19	-8.49	-1.03
2	14.35	-6.39	-.92	12.19	-8.49	-1.03
3	14.35	-6.39	-.92	12.19	-8.49	-1.03
3	14.35	-6.39	-.92	12.19	-8.49	-1.03
4	14.35	-6.39	-.92	12.19	-8.49	-1.03
	100.4		**-6.4**	**85.4**		**-7.2**

P*e = Força * excentricidade

C. Esforços característicos

Combinação	Força normal (tf)		Força cortante (tf)		Momento fletor (tf.m)	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
ATOPRO	.0	.0	-1.4	1.8	.0	3.6
CQPERM	.0	.0	-4.7	6.0	-2.6	11.9
CFREQ	.0	.0	-4.8	6.1	-2.6	12.1
CTNM	.0	.0	-5.0	6.4	-2.8	12.6

Força normal (+): compressão

D. Estado Limite Último (ELU)

D.1 Flexão composta normal

Não passou (CTNM)

Ato da protensão			Infinito		
Nd (tf)	MSd (tf.m)	MRd (tf.m)	Nd (tf)	MSd (tf.m)	MRd (tf.m)
.0	.0	-1.6	.0	-3.9	-1.7
.0	3.6	15.3	.0	17.7	18.8
.0	.0	-1.6	.0	-3.9	-1.7
.0	3.6	15.3	.0	17.7	18.8

As linhas acima representam a verificação para as seguintes condições: (Nmín,Mmín) (Nmín,Mmáx) (Nmáx,Mmín) (Nmáx,Mmáx).
Força normal Nd (+): compressão.

D.2 Cisalhamento

Necessário armar (VSd > VRd1)

b = 23.6 cm
d = 21.5 cm
VSd = 8.9 tf
NSd = 119.5 tf
VRd1 = 8.4 tf
VRd2 = 25.9 tf
VRd3 = 8.9 tf
Vc = 4.4 tf
Vsw = 4.5 tf
Asw = 6.8 cm2
Asw,mín = 4.5 cm2

E. Estado Limite de serviço (ELS)

E.1 Tensões

Acima do limite (CQPERM e CFREQ)

Combinação	Face superior (MPa)		Face inferior (MPa)		Limites (MPa)	
	mín	máx	mín	máx	Tração	Compressão
ATOPRO	3.6	-2.3	12.7	18.5	-3.9	24.5
CQPERM	12.2	-7.7	-.1	18.3	-6.1	30.0
CFREQ	12.4	-7.8	-.3	18.3	-6.1	30.0

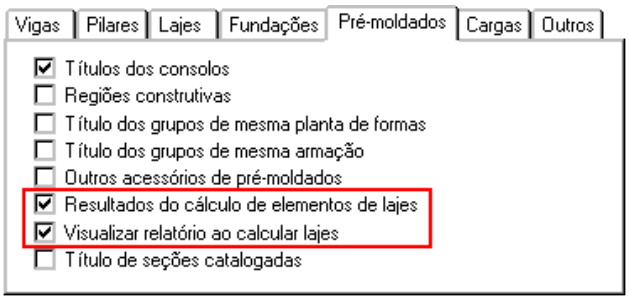
Tensão (+): compressão

E.2 Flechas

OK

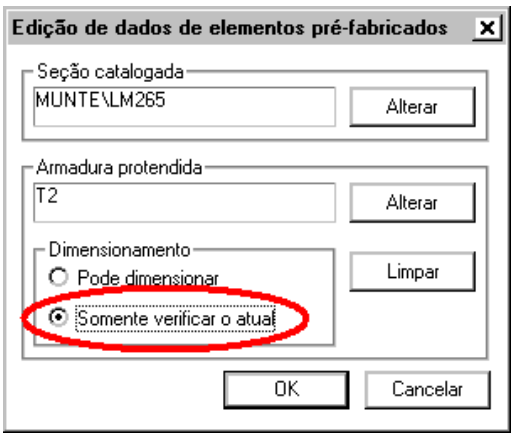
Rigidez EI = 1544.83 tf.m2
Flecha (protensão + peso-próprio) = 2.27 cm
Limite L/250 = 3.2 cm
Flecha (+): para cima

A visualização desse relatório, bem como dos resultados em cada painel no desenho em planta no modelador, pode ser ativada ou desativada através de parâmetros de visualização, aba "Pré-moldados".



Marcando elementos somente para verificação

Por padrão, o programa de dimensionamento de lajes calcula cada elemento de laje com respectivos esforços e escolhe um alojamento de protensão de acordo com critérios. Alternativamente, você pode impor um alojamento em cada peça e fazer com que o programa de dimensionamento apenas verifique se este alojamento é adequado ou não. Para isto, você deve marcar, por peça:



Nas peças marcadas para somente verificação, o Modelador acrescente um sufixo "-F" no título do alojamento.

Aspectos teóricos de dimensionamento

Itens calculados e verificados

Para cada painel de laje alveolar, são verificados e calculados:

Flexão composta normal (ELU)
Cisalhamento (ELU)
Tensões (ELS)
Flechas (ELS)
Quando algum desses itens não é plenamente atendido, o texto de resultados impresso junto a cada painel desenhado em planta no modelador fica representado na cor vermelha.

Esforços solicitantes

São considerados os esforços (N, V e M) máximos e mínimos provenientes das combinações ATOPRO (ato da protensão), CQPERM (combinação quase-permanente), CFREQ (combinação freqüente) e CTNM (combinação total não-majorada).

Essas combinações devem estar presentes no modelo da grelha de cada pavimento.

Flexão composta normal (ELU)

A flexão composta normal é verificada no ato da protensão e no infinito. Para cada uma dessas verificações são utilizados coeficientes ponderadores específicos (γ_c, γ_s, γ_p e γ_f), definidos no arquivo de critérios de projeto de pré-moldados.

Os esforços de cálculo (N_{Sd} e M_{Sd}) no ato da protensão provém da combinação ATOPRO, enquanto que na verificação no infinito provém da combinação CTNM.

Tanto no ato da protensão como no infinito, são verificadas as seguintes condições de carregamento: ($N_{Sd,mín}$ + $M_{Sd,mín}$), ($N_{Sd,mín}$ + $M_{Sd,máx}$), ($N_{Sd,máx}$ + $M_{Sd,mín}$) e ($N_{Sd,máx}$ + $M_{Sd,mín}$).

Na verificação no infinito, é utilizada uma força de protensão com a perda estimada de acordo com uma porcentagem definida nos critérios de projeto de pré-moldados.

No relatório que pode ser visualizado durante o cálculo de painéis dentro do modelador, além dos esforços solicitantes de cálculo, é impresso também o valor do momento resistente de cálculo (M_{Rd}).

Cisalhamento (ELU)

A verificação ao cisalhamento é feita de acordo com as formulações presentes na NBR 6118:2003. É adotado o modelo de cálculo I com a inclinação da biela de compressão constante.

Os esforços solicitantes de cálculo (V_{Sd}) provém da combinação CTNM.

Há um critério de projeto de pré-moldados que controla a inclusão da capa de concreto moldado no local na resistência ao cisalhamento.

A força normal de compressão gerada pela protensão no infinito (N_{Sd}), utilizada no cálculo da força resistente limite para prescindir de armadura transversal (V_{Rd1}), pode ser ponderada por meio de um multiplicador existente nos critérios de projeto de pré-moldados.

Tensões (ELU)

São calculadas as tensões no ato da protensão, na combinação quase-permanente e combinação freqüente. No ato da protensão, é considerada a seção não-solidarizada, enquanto que nas demais a seção homogeneizada com a capa.

Os limites máximos de compressão e tração para cada combinação são definidos por meio de multiplicadores de f_{ck} e f_{ctk} no arquivo de critérios de projeto de pré-moldados.

Flechas (ELU)

É calculada a flecha máxima referente à atuação do peso-próprio do elemento pré-moldado acrescido do efeito da protensão. A rigidez à flexão EI utilizada nesse cálculo pode ser ponderada através de um multiplicador definido no arquivo de critérios de pré-moldados.

O limite máximo da flecha é calculado por meio a relação L/DIV, onde L é o vão da peça pré-moldada e DIV o divisor definido nos critérios de pré-moldados.