

## Edifício Pré-moldado

Antes de iniciarmos a definição do edifício, é necessário planejarmos como será feita a montagem da estrutura pré-moldada, para que possamos fornecer estas informações na edição de dados do edifício.

## Etapas e Regiões Construtivas

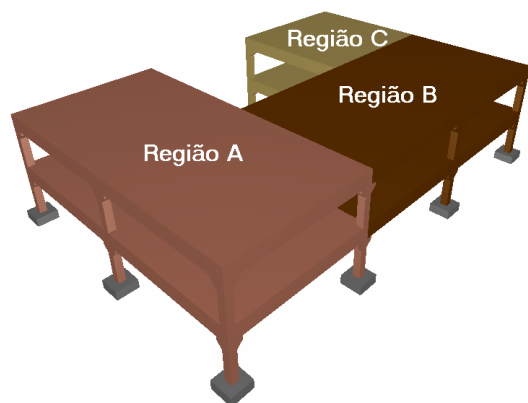
A análise estrutural do edifício é feita considerando as diversas etapas construtivas pelas quais o edifício possa passar. Assim, a idéia utilizada no TQS PREO<sup>®</sup> é de gerar tantos modelos de análise quantos forem necessários, a partir de um único modelo estrutural definido pelo engenheiro.

Antes de mais nada, devemos introduzir estes conceitos de **etapas construtivas** e **regiões construtivas**, que são utilizadas para indicar quais elementos estruturais serão construídos em cada etapa construtiva.

### Regiões construtivas

Uma etapa construtiva corresponde a uma situação intermediária da montagem e solidarização **dos elementos estruturais de um piso**. Teoricamente poderíamos definir um número ilimitado de regiões construtivas em qualquer estrutura.

Supondo que cada um dos pisos de um edifício possua três regiões de construção, teríamos o seguinte:

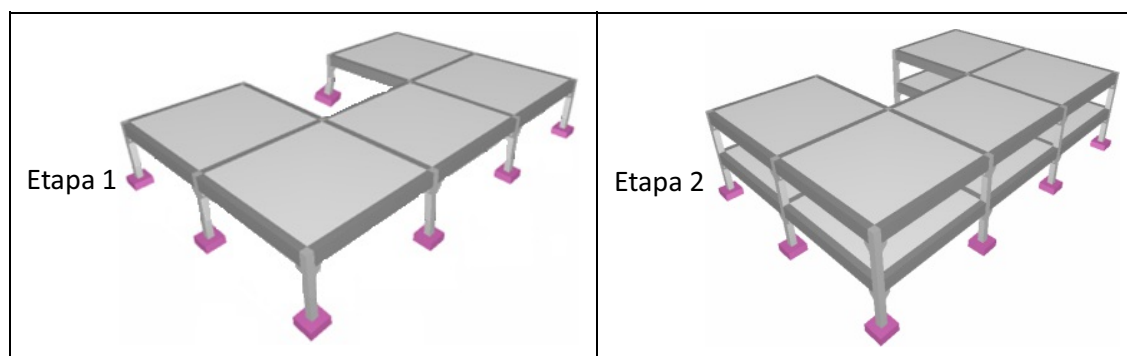


No exemplo acima poderíamos definir que primeiramente os elementos da Região A seriam montados e solidarizados, depois os elementos da Região B e por fim, os elementos da Região C.

### Etapa construtiva

Uma etapa construtiva corresponde a uma situação intermediária de montagem e solidarização **dos pisos da estrutura**. Teoricamente poderíamos definir um número ilimitado de etapas construtivas em qualquer estrutura.

Supondo que esta estrutura seja montada primeiramente o primeiro piso e por fim o segundo piso:



## Utilizando regiões e etapas em um mesmo edifício

O primeiro trabalho do engenheiro estrutural, no momento da definição dos dados do edifício, será definir a seqüência construtiva e as etapas intermediárias significativas do ponto de vista da verificação estrutural.

A utilização dos conceitos de etapas e regiões construtivas possibilita ao engenheiro a definição de qualquer processo de montagem e solidarização, para qualquer tipo de estrutura pré-moldada.

Por exemplo, para o edifício mostrado como exemplo acima, se unirmos os dois conceitos, podemos definir a seguinte seqüência construtiva:

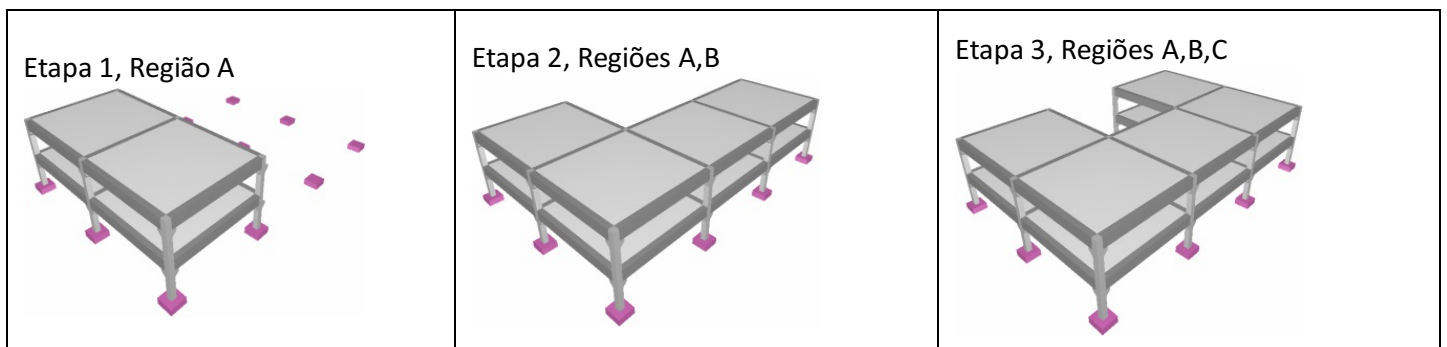
A região A será construída primeiro, sem solidarização;

Em seguida, a região B será construída e a A solidarizada;

Depois, a região C será construída e a B solidarizada;

A estrutura acabada terá todas as regiões construídas e solidarizadas.

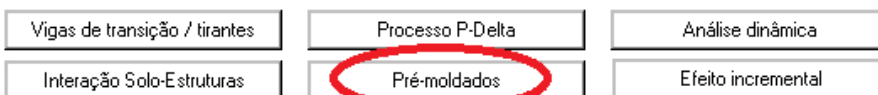
Estamos definindo com isto quatro modelos: três de etapas construtivas, e um da estrutura acabada. Com isto, teríamos as seguintes etapas intermediárias na construção do edifício:



O sistema permite a definição do número de etapas construtivas analisadas, as regiões em cada etapa e até que piso cada etapa foi construída e solidarizada.

As regiões construtivas são identificadas nas plantas através do Modelador Estrutural.

A definição das etapas, regiões, pisos e solidarização é feita junto com os dados do edifício, na janela "Modelo":



No nosso exemplo, teríamos uma tabela que seria preenchida da seguinte maneira:

Definição de etapas construtivas para estruturas pré-moldadas

Analisar a estrutura considerando etapas construtivas. Número de etapas: 3. Número de regiões: 3

Região	A		B		C	
Etapas	Piso	Solidarizar	Piso	Solidarizar	Piso	Solidarizar
1	2	-1	-1	-1	-1	-1
2	2	2	2	-1	-1	-1
3	2	2	2	2	2	-1

Primeiramente, deve-se ativar o item "Analisar a estrutura considerando etapas construtivas". Isto indica que o edifício será analisado como uma estrutura pré-moldada.

O número total de etapas e regiões construtivas é definido nos itens marcados acima. A tabela então é preenchida, definindo-se para cada região, em uma determinada etapa, **até que piso** deve ser construído e **até que piso** deve ser solidarizado. Os pisos definidos como **(-1)** nesta tabela indicam que a região não deve ser construída nesta etapa ou que não deve ser solidarizada, dependendo da coluna em que for utilizada.

No exemplo que apresentamos anteriormente, na etapa 2, teremos:

Região A: construída e solidarizada até o piso 2;

Região B: construída até o piso 2, mas não solidarizada;

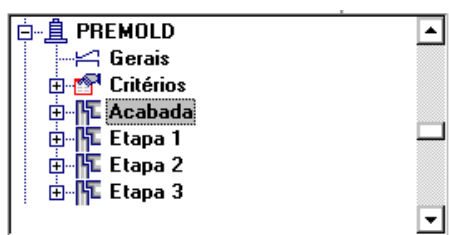
Região C: nem construída, nem solidarizada.

O TQS PREO irá gerar modelos de análise para cada etapa construtiva considerando a tabela acima, e as regiões construtivas definidas elemento a elemento nas plantas através do Modelador Estrutural.

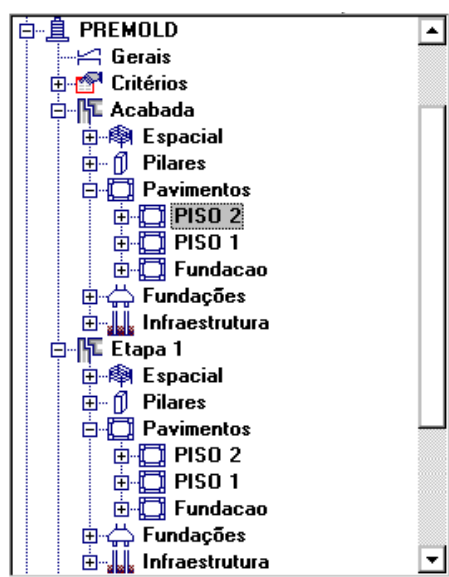
A definição de etapas e regiões é obrigatória para que os outros menus relativos a pré-moldados no sistema sejam habilitados.

## Etapas construtivas e a árvore do edifício

O TQS, quando trabalhamos com edifícios pré-moldados, cria um modelo estrutural completamente novo para cada uma das etapas construtivas, considerando os carregamentos, elementos e condições de contorno correspondentes à etapa. A separação destes modelos é feita na árvore do edifício através da criação de novos ramos para cada etapa:

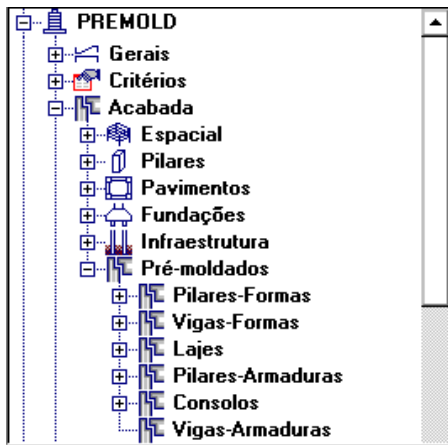


Em um edifício pré-moldado, teremos um ramo para cada etapa construtiva denominado "Etapa n", onde "n" é o número da etapa. A estrutura acabada ficará sob o ramo "Acabada".



Ao abrir os ramos do edifício, vemos que sob cada etapa construtiva e sob a estrutura ACABADA estão todos os outros ramos correspondentes aos pavimentos, vigas, pilares, fundações e infra-estrutura. Cada "Etapa" se comporta como um edifício completamente independente, com seus pórticos e grelhas, podendo ser feito o processamento do dimensionamento, detalhamento e desenho de uma etapa completa.

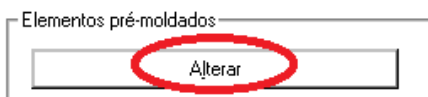
Os critérios de projeto também são copiados para cada ramo, comportando-se de maneira independente.



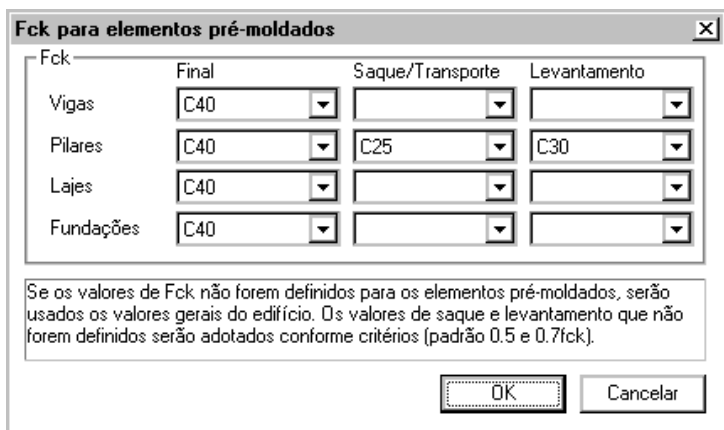
Sob o ramo da estrutura acabada, temos ainda uma pasta "Pré-moldados", com as sub-pastas para desenho de formas e armação de vigas, pilares, lajes e consolos. Os programas de dimensionamento, detalhamento e desenho do TQS PREO® geram desenhos e listagens nestas pastas.

## Concreto dos Elementos Pré-Moldados

No Modelador Estrutural, são elementos pré-moldados os que forem identificados como tal, os demais serão analisados como moldados in-loco. Os elementos pré-moldados têm  $f_{ck}$  diferente dos moldados in-loco, com valor definido na janela "Materiais" dos dados do edifício:



O  $f_{ck}$  pode ser definido diferentemente para vigas, pilares e lajes:



O valor do  $f_{ck}$  é usado para calcular o módulo de elasticidade dos elementos, e portanto afeta sua rigidez nos modelos de pórtico e grelha.

Os valores de Saque/Transporte e de Levantamento têm por objetivo o de realizar verificações no dimensionamento das peças. Caso estes valores não sejam definidos, para o dimensionamento das peças será utilizada uma fração do  $f_{ck}$  final, definida no arquivo de critérios.

Os elementos pré-moldados são sempre analisados com o módulo de elasticidade calculado a partir do  $f_{ck}$  definido acima. Nas seções mistas com concreto moldado in-loco onde existe solidarização, é feita uma correção na inércia das peças através de homogeneização da seção, de modo que a inércia final da seção com apenas um material corresponda aproximadamente à da seção mista.

## Concreto da solidarização

Para o concreto utilizado na solidarização de lajes e vigas, o valor de  $f_{ck}$  utilizado é o de moldado in-loco e não de concreto pré-moldado.

# Cobrimento dos Elementos Pré-Moldados

Elementos pré-moldados tem cobrimento definido na aba "Cobrimentos", que pode ser diferente dos elementos moldados in-loco:



A escolha dos cobrimentos de elementos pré-moldados acionada pelo botão "Valores da norma" é feita sempre com a consideração da hipótese "Rígido controle de qualidade e tolerância de medidas na obra".

Pré-moldados		
Cobrimento de elementos pré-moldados		
Elemento	Valor	Pré-fabricado
Vigas	2.5 cm	<input type="checkbox"/>
Pilares	2.5 cm	<input type="checkbox"/>

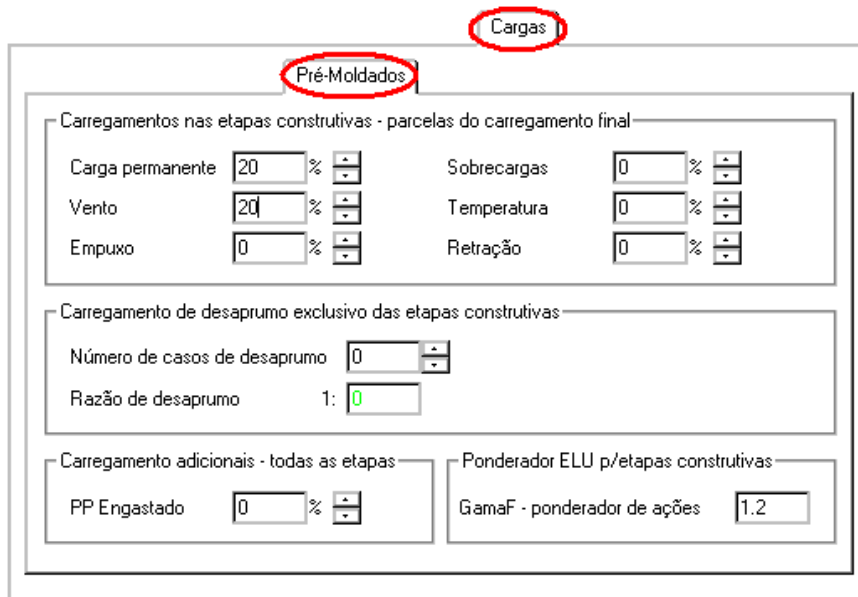
Vigas e pilares podem ser marcados como "Pré-fabricados". Neste caso, o cobrimento sugerido pelo botão "Valores de norma" poderá ter um desconto de 0.5cm, caso outros limites sejam respeitados.

# Carregamentos nas Etapas Construtivas

Com exceção das cargas definidas na janela de "Pré-Moldados" dos dados do edifício mostradas a seguir, todas as cargas são aplicadas exclusivamente no modelo de estrutura acabada, e não nas etapas construtivas.

A princípio, somente as ações de peso próprio são lançadas nas etapas construtivas.

Outros carregamentos podem ser lançados, através da janela "Pré-moldados", que fica disponível sob a janela "Cargas" em edifícios pré-moldados:



Cargas	
Pré-Moldados	
Carregamentos nas etapas construtivas - parcelas do carregamento final	
Carga permanente	20 %
Sobrecargas	0 %
Vento	20 %
Temperatura	0 %
Empuxo	0 %
Retração	0 %
Carregamento de desaprumo exclusivo das etapas construtivas	
Número de casos de desaprumo	0
Razão de desaprumo	1: 0
Carregamento adicionais - todas as etapas	
PP Engastado	0 %
Ponderador ELU p/etapas construtivas	
GamaF - ponderador de ações	1.2

Podem ser lançados **nas etapas construtivas** uma parcela dos seguintes carregamentos:

Carga permanente;

Sobrecargas;

Vento;

Temperatura;

Retração;

Desaprumo.

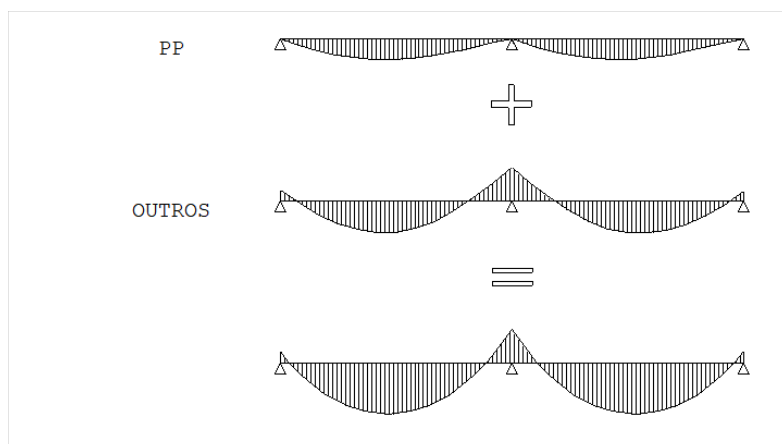
Carregamentos como temperatura e retração só serão lançados se também estiverem definidos na estrutura acabada. Por outro lado, um carregamento de desaprumo pode ser lançado sem existir necessariamente no final.

Para que a verificação de estabilidade global possa ser feita nas etapas construtivas, seja por GamaZ ou por P-Δ, é

necessário lançar casos de vento, mesmo que o valor do carregamento seja baixo.

## Carregamento de Peso-Próprio

Mesmo que seja solidarizada, uma viga pré-moldada é isostática na montagem. Se for solidarizada, no momento da solidarização já estará deformada pelo seu peso próprio, das lajes que apóiam nela e da capa de concreto. Os esforços finais nesta viga serão uma combinação de peso próprio em uma estrutura articulada com outros esforços em uma estrutura engastada:



Isto é levado em consideração no modelo de análise do TQS PREO<sup>®</sup>. O modelo com o carregamento de peso próprio tem articulações nos apoios das vigas pré-moldadas sobre os pilares. O resultado final será combinado linearmente, e também será considerado no processo  $P\Delta$  de dois passos (explicado adiante).

## Peso-próprio engastado

O TQS PREO<sup>®</sup> permite também que você considere um carregamento extra onde certa porcentagem do peso próprio seja considerado com o modelo totalmente engastado. Para gerar este carregamento, na mesma tela de cargas de "Pré-moldados", entre com o valor a ser considerado nesta hipótese.

## GamaF nas etapas construtivas

O coeficiente GamaF padrão usado nas etapas construtivas é de 1,20. Este coeficiente pode ser alterado através do arquivo de critérios do TQS PREO<sup>®</sup>.

Por convenção dos sistemas TQS<sup>®</sup>, o modelo de análise de esforços é gerado com todas as combinações divididas pelo GamaF de referência, que vale 1,40. Posteriormente os esforços são multiplicados pelo mesmo GamaF no dimensionamento e detalhamento. Com isto, os casos das etapas construtivas multiplicados por GamaF = 1,20 aparecerão com multiplicador menor que 1,00 na lista de combinações.