

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

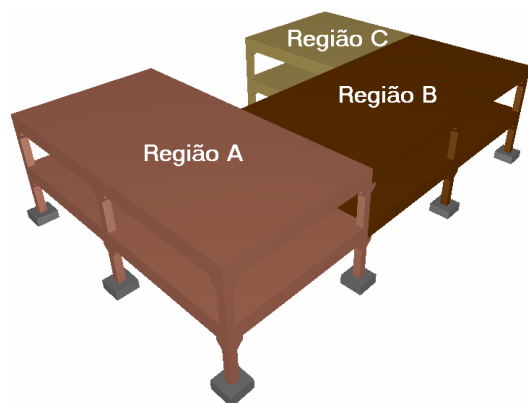
A análise estrutural do edifício é feita considerando as diversas etapas construtivas pelas quais o edifício possa passar. Assim, a idéia utilizada no TQS PREO[®] é de gerar tantos modelos de análise quantos forem necessários, a partir de um único modelo estrutural definido pelo engenheiro.

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:

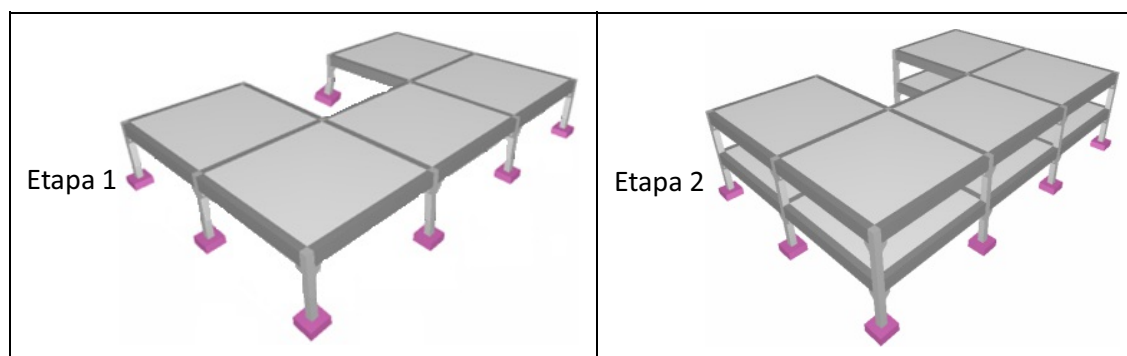


No exemplo acima poderíamos definir que primeiramente os elementos da Região A seriam montados e solidarizados, depois os elementos da Região B e por fim, os elementos da Região C.

Etapas construtivas

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:

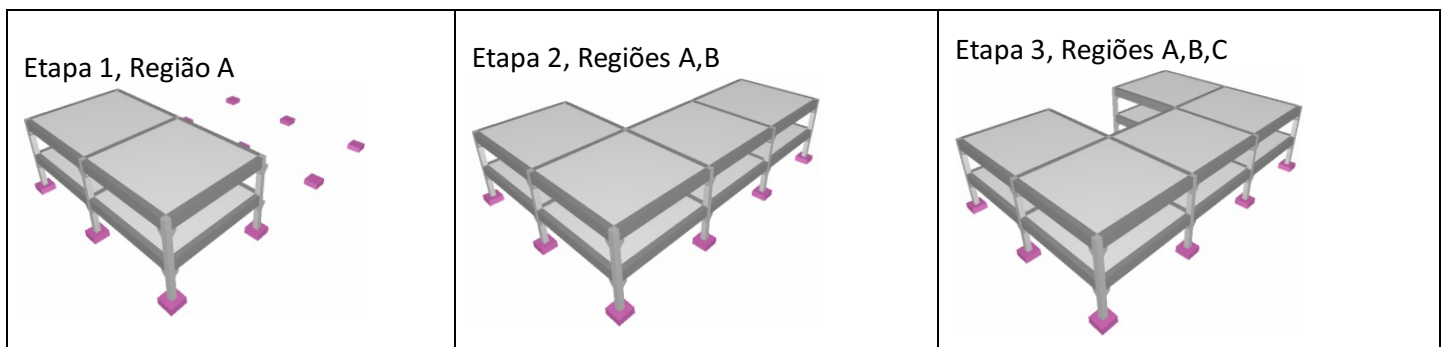
A região A será construída primeiro, sem solidarização;

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.

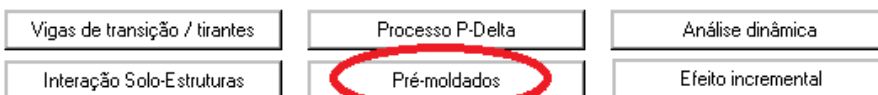
Estamos definindo com isto quatro modelos: três de etapas construtivas, e um da estrutura acabada. Com isto, teríamos as seguintes etapas intermediárias na construção do edifício:



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 Número de regiões

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;

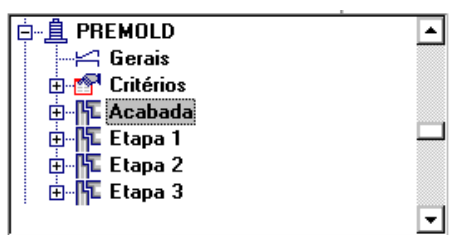
Região C: nem construída, nem solidarizada.

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.

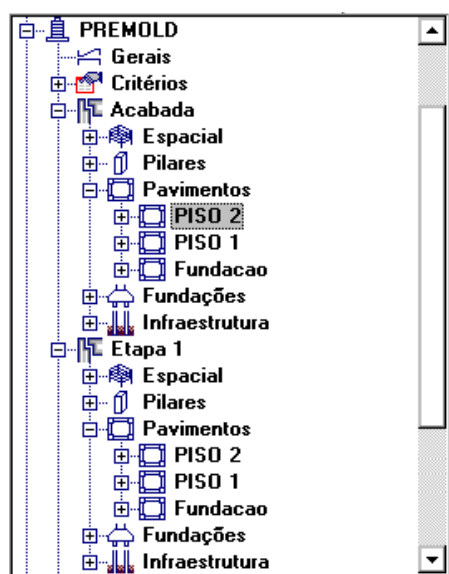
A definição de etapas e regiões é obrigatória para que os outros menus relativos a pré-moldados no sistema sejam habilitados.

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:

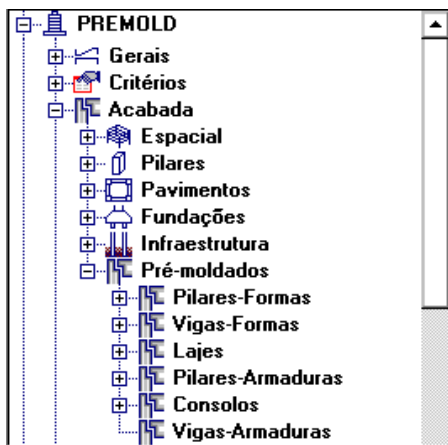


Em um edifício pré-moldado, teremos um ramo para cada etapa construtiva denominado "Etapa n", onde "n" é o número da etapa. A estrutura acabada ficará sob o ramo "Acabada".



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.

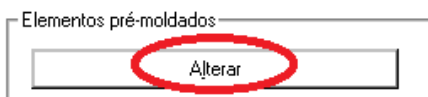
Os critérios de projeto também são copiados para cada ramo, comportando-se de maneira independente.



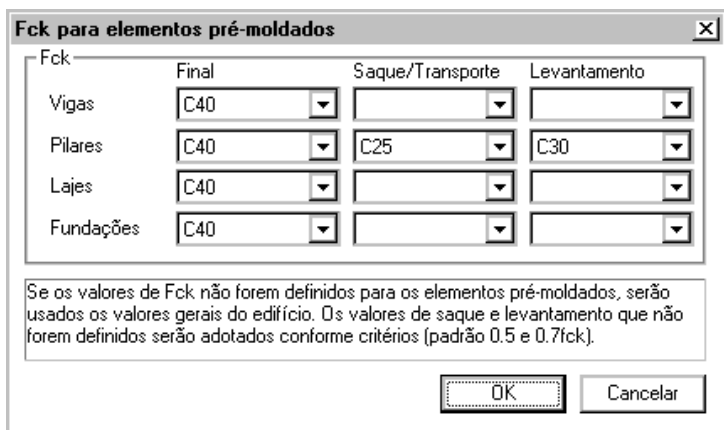
Sob o ramo da estrutura acabada, temos ainda uma pasta "Pré-moldados", com as sub-pastas para desenho de formas e armação de vigas, pilares, lajes e consolos. Os programas de dimensionamento, detalhamento e desenho do TQS PREO[®] geram desenhos e listagens nestas pastas.

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 cobertura 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"/>

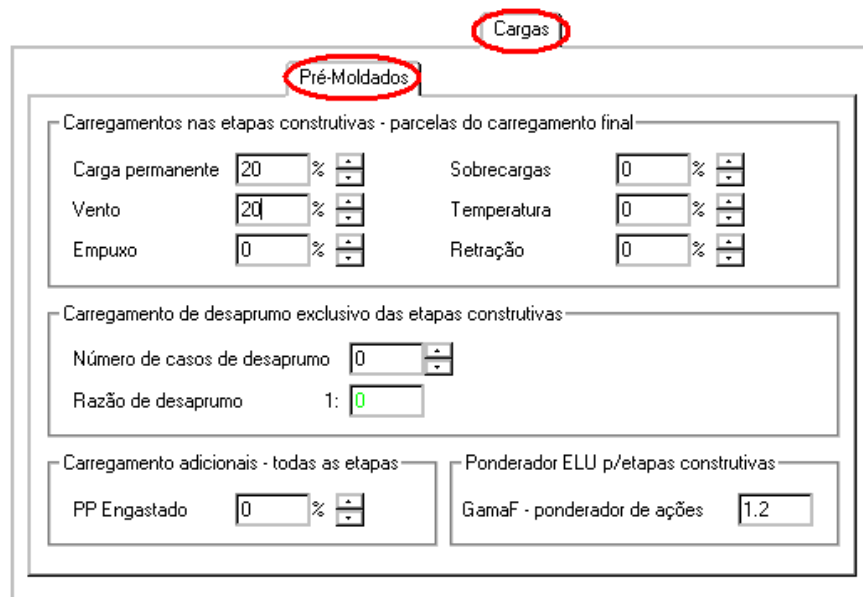
Vigas e pilares podem ser marcados como "Pré-fabricados". Neste caso, o cobrimento sugerido pelo botão "Valores de norma" poderá ter um desconto de 0.5cm, caso outros limites sejam respeitados.

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:



Carregamentos nas etapas construtivas - parcelas do carregamento final	
Carga permanente	20 %
Vento	20 %
Empuxo	0 %
Sobrecargas	0 %
Temperatura	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.

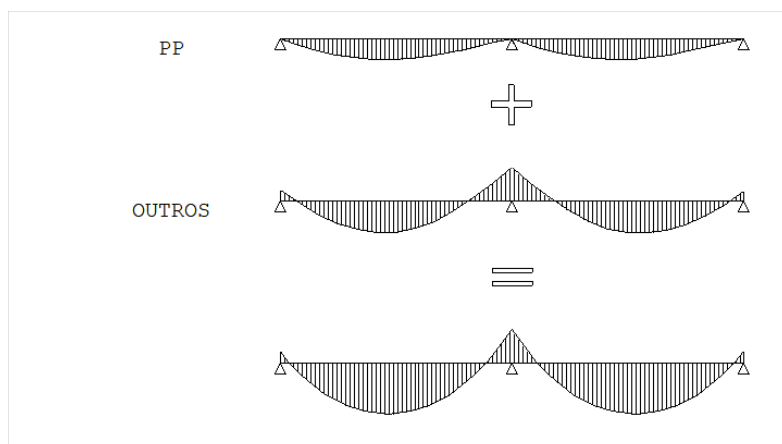
Carregamentos como temperatura e retração só serão lançados se também estiverem definidos na estrutura acabada. Por outro lado, um carregamento de desaprumo pode ser lançado sem existir necessariamente no final.

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[®]. 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[®] 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[®].

Por convenção dos sistemas TQS[®], 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.