Pilar-Parede Discretizado

A discretização de pilares-parede, através de uma malha de elementos barras, tem o objetivo de melhorar o tratamento dado a este tipo de pilar. Sem este recurso, cada lance dos pilares-parede será representado por uma única barra no CG do pilar. Para edifícios com geometria e planta “comportadas”, este tratamento é muito adequado e representativo da realidade. Já para edifícios com muitas assimetrias, onde os carregamentos horizontais geram torção dos edifícios, a discretização do pilar, através de uma malha de elementos barras, pode trazer para o modelo de cálculo um comportamento mais parecido com a estrutura real.

Base teórica

Em artigo publicado no TQS-News 39, o eng. Sérgio Pinheiro verificou que, com os devidos cuidados, modelos de edifícios com núcleos discretizados, através de malhas de elementos de barra, são capazes de gerar resultados próximos aos obtidos com modelos nos quais os núcleos são discretizados via malha de elementos de casca. É com base neste artigo que passamos a fazer a discretização dos pilares parede.

Limitações da discretização

De modo geral, qualquer pilar poderia ser discretizado em barras. Obviamente, quanto maior o número de pilares discretizados, maior será a quantidade de nós e barras do modelo e, consequentemente, maior o tempo de processamento.

Modelo VI

A utilização de pilares parede discretizados só é possível em projetos que sejam calculados com Modelo VI.

No caso de projetos calculados através do Modelo IV, este recurso não está disponível.

Tempo de Processamento

O tempo de processamento necessário para edifício com pilares discretizados é maior do que para pilares sem discretização.

Espaço em Disco

O espaço ocupado em disco por modelo onde existe pilares discretizados é maior do que em edifício sem a discretização. Deste modo, é importante que a máquina tenha espaço em disco para que o processamento possa ser concretizado com sucesso.

Arquivos de Reanálise

No caso de grandes edifícios, manter os arquivos de reanálise pode fazer com que o espaço em disco seja consumido rapidamente. Por este motivo, em edifícios com pilares parede discretizados, é interessante que o critério que mantem os arquivos da reanálise seja desligado.

Para desligar os critérios de reanálise é necessário editar os critérios gerais de pórtico;

1. No Gerenciador TQS, selecione a aba "Sistemas" e clique no botão "Pórtico-TQS"
2. Na aba "Pórtico-TQS", clique no botão "Critérios" e escolha a opção "Critérios Gerais"
3. Escolha a opção “Modelo VI”

Efeitos Captados

A discretização de pilares parede nos traz uma melhora no modelo de análise estrutural, pois capta com maior

coerência alguns efeitos que não podiam ser captados pela utilização com apenas uma barra no CG do pilar.

Dois dos efeitos agora captados são:

Apoio localizado de vigas;
Torção do edifício.

Apoio Localizado de Vigas

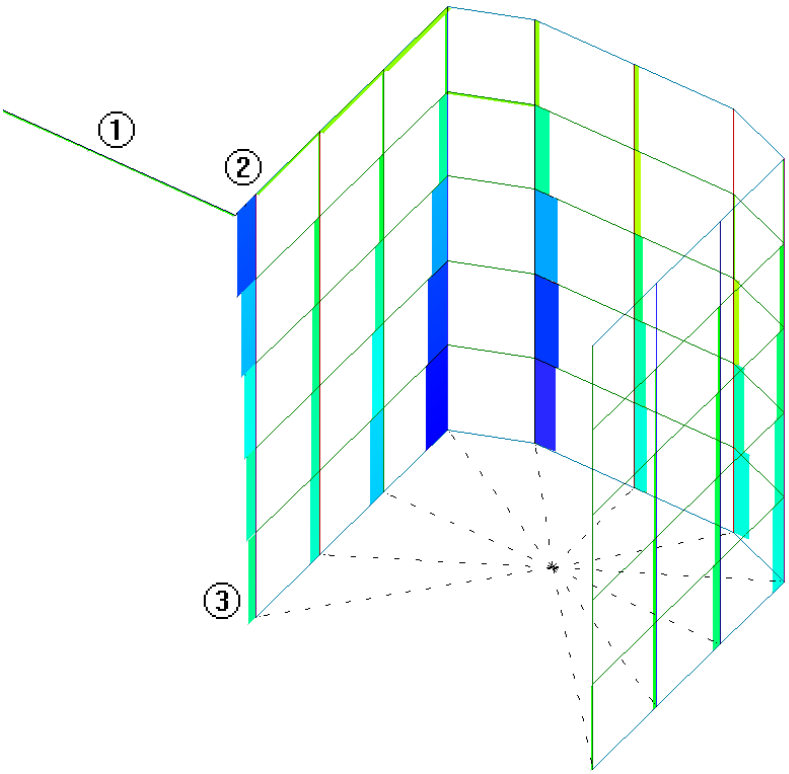
O apoio de vigas em pilares parede é bem comum e não se trata de um caso especial para o detalhamento da viga. Já para o detalhamento do pilar, este tipo de situação pode ser considerado como especial.

A "entrada" de carga em um ponto extremamente curto (largura da viga) pode gerar tensões difíceis de serem estimadas, principalmente se levarmos em conta a grande quantidade de combinações existente em um edifício.

Este tipo de efeito é captado quando fazemos a discretização dos pilares.

Uma viga que chega em um pilar discretizado será conectada a faixa de pilar mais próxima. Assim, caso a viga seja solicitada, ela irá solicitar diretamente a região de pilar que representa a faixa onde está ligada. Na região desta faixa é que ocorrerá as maiores concentrações de tensão e, provavelmente, a maior presença de armaduras.

Na figura a seguir podemos observar um exemplo deste efeito:



(1) Viga;
(2) Ponto de contato viga X faixa do pilar;
(3) Base da faixa.
Na figura anterior podemos perceber que o esforço normal na faixa próxima ao “Ponto de contato viga X faixa do pilar “ é maior que nas demais faixas. Isto se deve ao fato de toda a carga da viga ser transmitida diretamente à esta faixa.

Também podemos observar pela figura que o esforço normal desta faixa, próximo a “Base da faixa”, é menor que no topo. Este efeito é devido à transferência de carga entre as faixas, através das barras horizontais (via esforço cortante).

Esta transferência pode ser encarada como o efeito de “Saint-Venant”: aplica-se uma carga em uma pequena região do pilar e tende a se dissipar por toda a seção.

Torção do Edifício

Em edifícios cuja geometria seja muito complexa e não simétricos, os efeitos devido à torção são extremamente desfavoráveis e de grande importância. Nesta tipologia de edifícios, o vento ou qualquer outra carga horizontal pode gerar efeitos torsores no edifício como um todo.

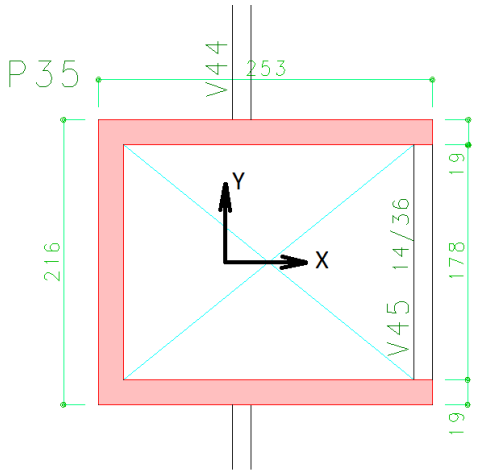
A torção do edifício é combatida por binários formados pelos pilares em posições oposta, em relação ao centro de torção, ou ainda pelo binário formado pelas diversas lâminas de pilares parede. Os pilares parede são os principais elementos estruturais resistentes ao efeito de torção do edifício e por este motivo devem ser analisados com grande rigor.

Quando temos um pilar parede discretizado, os esforços atuantes devido a torção são muito mais visíveis e de melhor entendimento, quando comparamos com apenas uma barra. Além disso, é importante lembrar que o centro de torção de uma seção delgada aberta não coincide com o seu CG; fato não possível de ser incorporado à análise com apenas uma barra no CG do pilar.

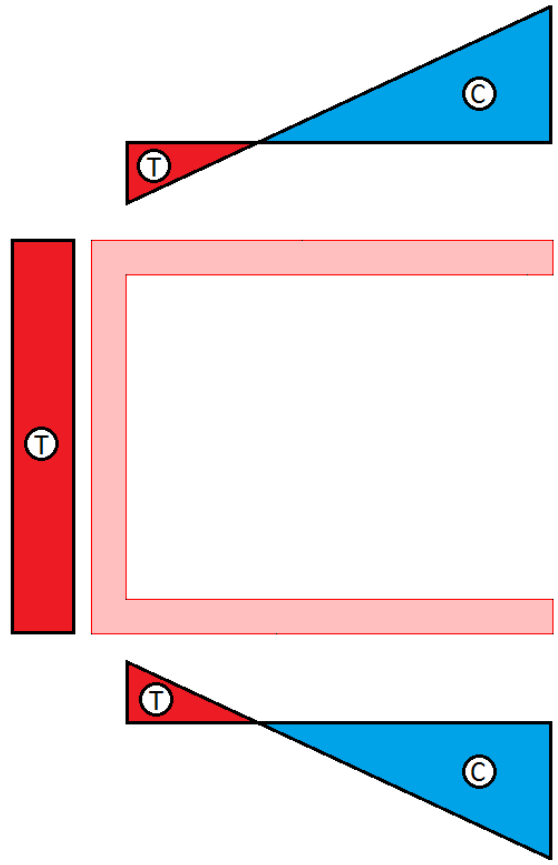
Distribuição de Esforços no Pilar

A distribuição de esforços em um pilar de geometria qualquer também é melhor captada pelo modelo quando o pilar está discretizado.

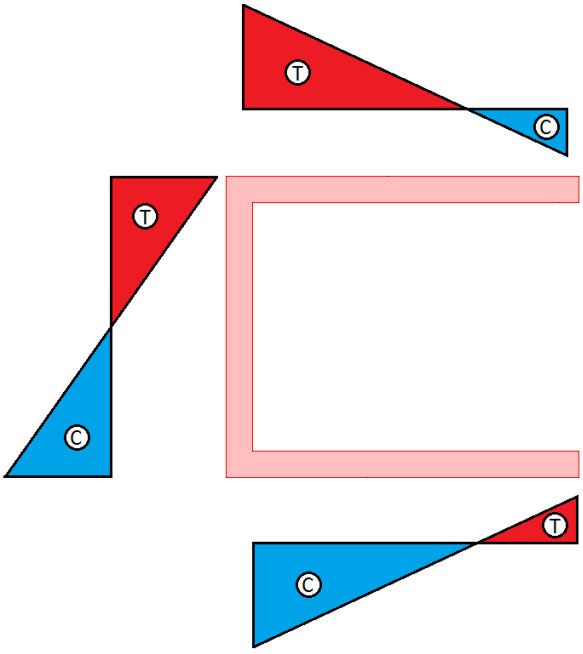
Como exemplo, podemos considerar uma seção em U, tipicamente utilizada em caixas de escadas ou elevadores:



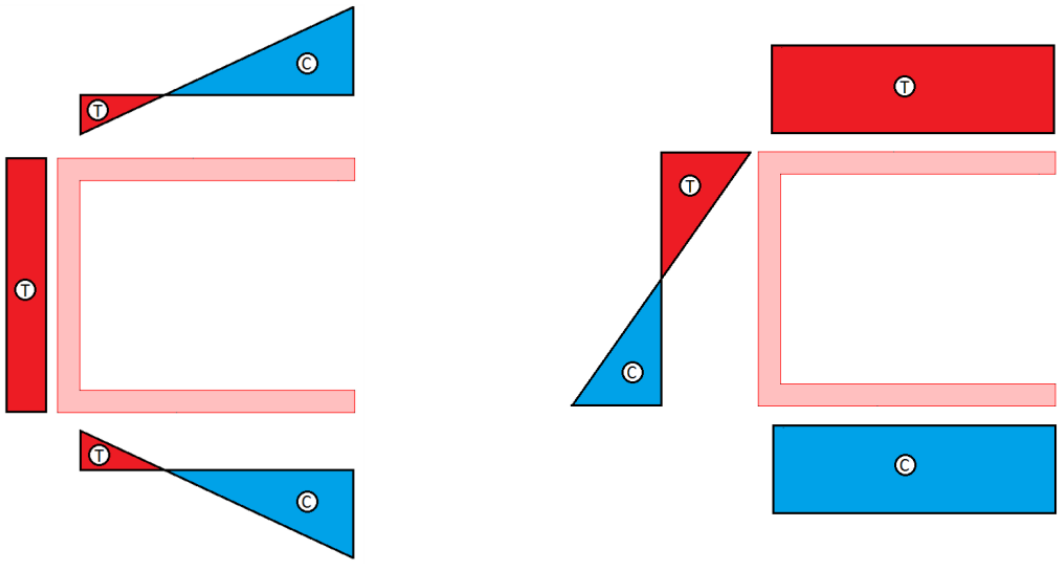
Ao termos esta seção submetida ao momento fletor em torno do eixo Y, a distribuição de tensões tende a ser a seguinte:



Já quando temos a seção submetida ao momento fletor em torno do eixo X, a distribuição não é trivial. O binário resistente da seção tende a ocorrer nos cantos da seção, que passam a ter tensões extremamente altas. Para que ocorra o equilíbrio, então é necessário que a ponta da seção tenha esforço invertido:



O comportamento apresentado demonstra como a distribuição de cargas na seção será alterada, quando comparada com a discretização do pilar em apenas uma barra:



Cantos dos pilares

A distribuição de tensões apresentada anteriormente pode fazer com que os cantos dos pilares, que possuem maior rigidez, absorvam maiores esforços normais.

Este efeito não podia ser representado quando o pilar parede era simulado por apenas uma barra.

Molas de fundação

A consideração de molas na fundação é uma ferramenta que permite que o efeito de aumento de esforços normais na fundação seja minimizado, permitindo com que os esforços sejam mais equilibrados.

Esta redistribuição de esforços ocorre não apenas no pilar discretizado, mas faz com que todos os esforços sejam redistribuídos por todos os elementos estruturais.

Definição do Pilar Parede

Definição no Modelador Estrutural

Para maiores detalhes da definição de um pilar parede dentro do Modelador Estrutural, acesse o item abaixo:

Pilar-Parede Discretizado

Critérios de Projeto

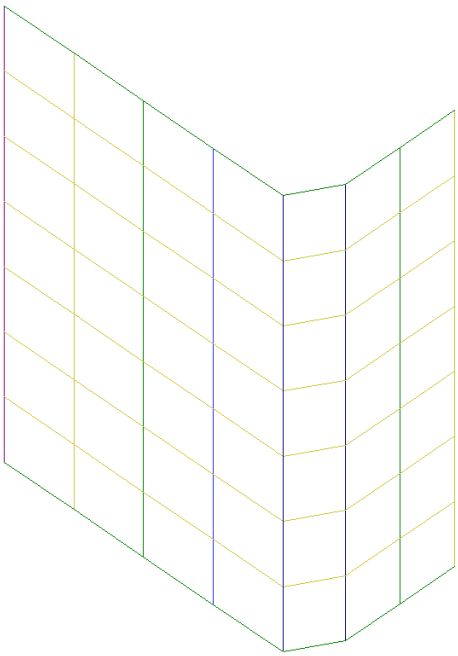
Os critérios que controlam a geração da discretização dos pilares parede são encontrados dentro do arquivo de critérios do Pórtico-TQS.

Com a aba “Pórtico-TQS” selecionada
Clique no botão “Critérios" escolha a opção - "Critérios Gerais"
Selecione "Pilares" - "Núcleos Rígidos"

Modelo de Cálculo

Modelo por Lance

Todos os lances dos pilares parede discretizados serão criados com a utilização de nós e barras.



As barras verticais, que representam as faixas, estão localizadas no CG de cada uma das faixas desenhados no Modelador Estrutural.

Estes modelos isolados serão utilizados posteriormente para o dimensionamento dos pilares. Uma vez que cada um destes modelos possui os esforços/deslocamentos completos do lance, o TQS Pilar pode utilizar tais esforços para o dimensionamento.

Inércia axial

A inércia axial das barras horizontais e verticais é equivalente à dos demais pilares, ou seja, existe a majoração da área para os casos de carregamento onde existam cargas verticais.

Inércia a flexão

Para as barras verticais, a inércia das barras é a inercia bruta multiplicada pelo coeficiente de não linearidade física dos pilares.

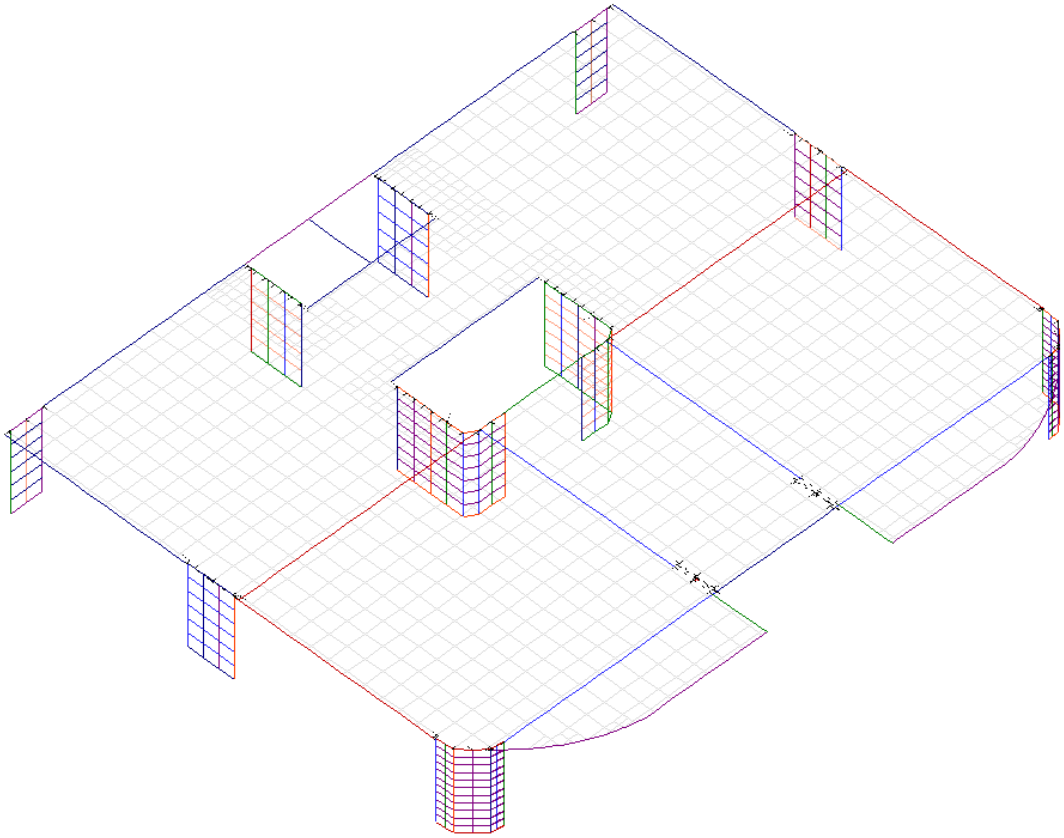
Para as barras horizontais, a inércia das barras é a inercia bruta multiplicada pelo coeficiente de não linearidade física dos pilares e por um fator corretor. Este fator corretor tem o objetivo de corrigir a inércia total da parede, que foi discretizada, uma vez que a soma das inércias das barras horizontais é muito inferior a da seção da parede como um todo.

Inércia a torção

A inércia a torção de todas as barras da discretização é considerada bruta. Esta característica é necessária para que o comportamento do modelo seja semelhando ao de casca.

Modelo do Pavimento

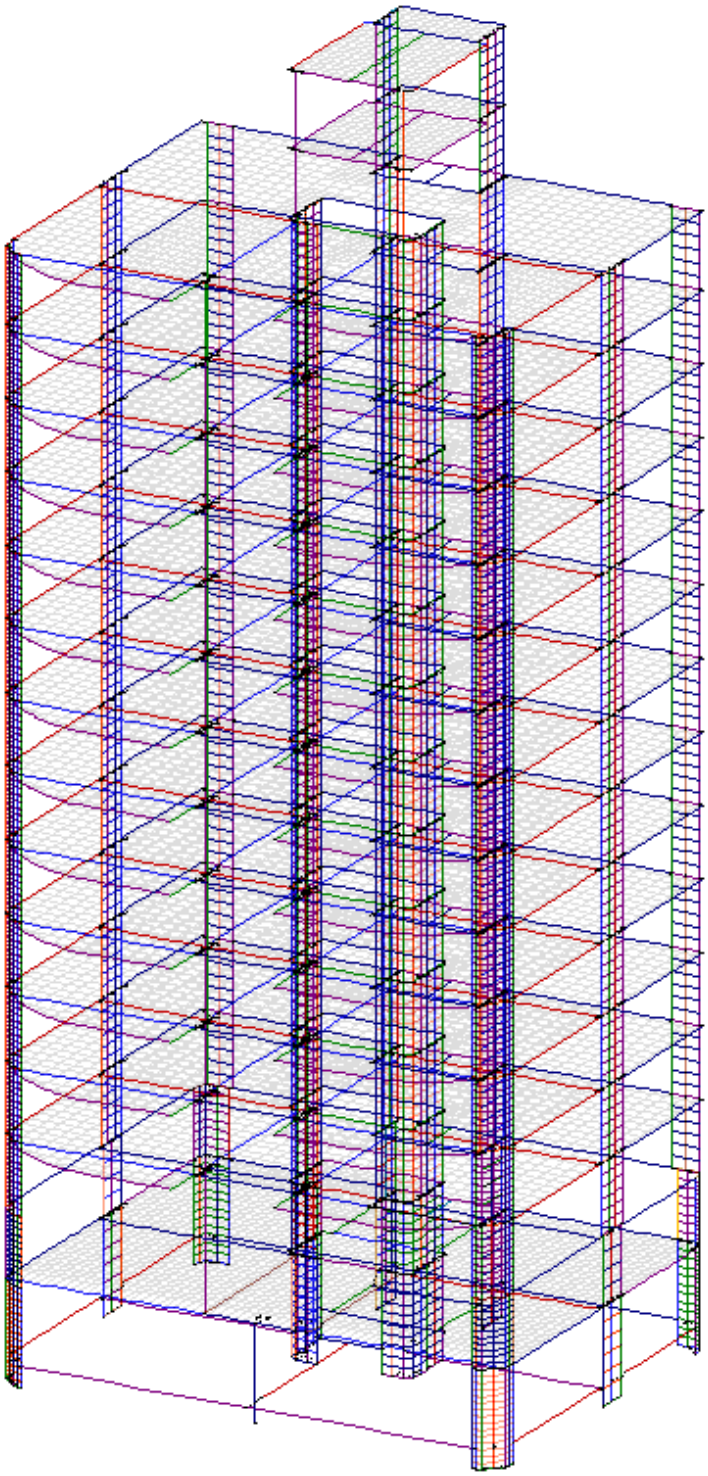
Cada um dos modelos dos lances dos pilares discretizados é incorporado ao modelo do pavimento a que este pertence.



O conjunto lajes, vigas e lances de pilares discretizados forma cada uma das subestruturas utilizadas no processamento de esforços do Modelo VI.

Modelo Global

O modelo global é formado pela união de todas as subestruturais. Como os pilares discretizados já estão contidos nas subestruturas, eles passam a fazer parte do Modelo Global.



Ligação Pilar x Viga

Ligação Flexibilizada

Em todas ligações viga-pilar presentes no TQS, além da geração automática de offsets-rígidos para simular os trechos de grande rigidez, são consideradas ligações semi-rígidas cujas "molas" são calibradas automaticamente de acordo com cada ligação viga-pilar. Estas ligações semi-rígidas recebem o nome de "ligações flexibilizadas".

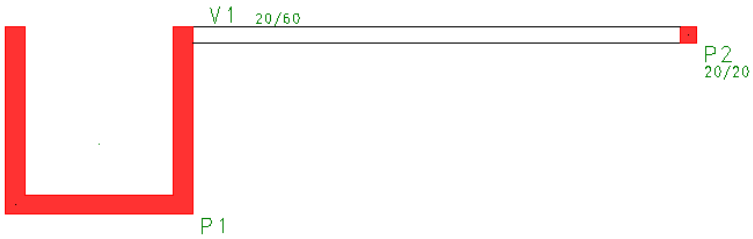
Este artifício faz com que os esforços resultantes na ligação de uma viga chegando na extremidade de um pilar-parede, por exemplo, sejam corretamente calculados, não sendo necessário arbitrar articulações no modelo.

Ligação Pilar Discretizado X Viga

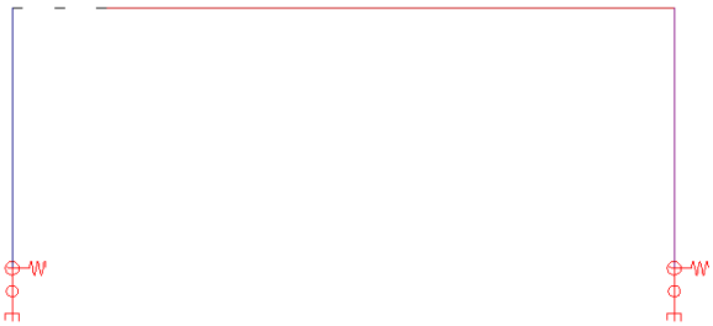
No caso de pilares parede discretizados, a ligação flexibilizada não é mais necessária, uma vez que a barra que representa a viga é ligada apenas as barras de uma região da discretização. Desta forma, quando a barra da viga for solicitada, apenas as barras próximas a ligação é que também serão solicitadas.

Exemplos

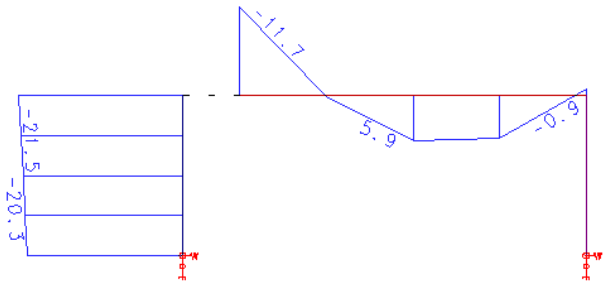
Na figura abaixo, podemos observar o exemplo do qual iremos analisar os resultados:



O modelo de nós e barras que representa o exemplo acima é o seguinte:

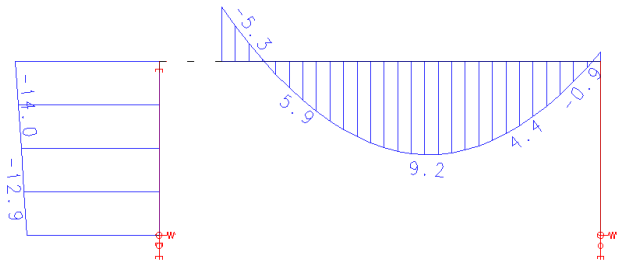


O processamento do modelo acima, SEM a ligação flexibilizada entre o pilar parede e a viga, resulta nos seguintes esforços:



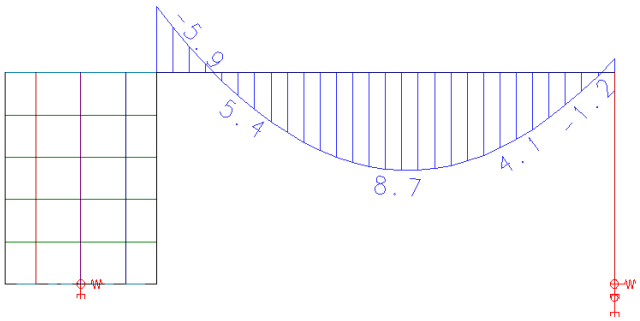
Observe que, como a viga está ligada diretamente a barra do pilar parede, cuja inércia é extremamente alta, o esforço negativo na ligação não foi alto.

O processamento do modelo COM a ligação flexibilizada entre o pilar parede e a viga, resulta nos seguintes esforços:



Observe que, devido a presença da ligação flexibilizada, o esforço negativo diminui.

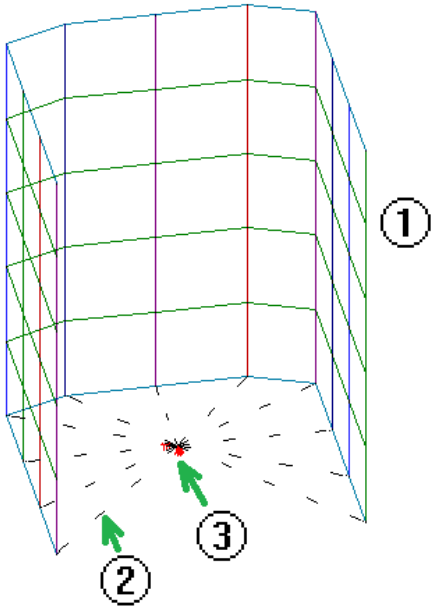
O processamento do modelo considerando o pilar discretizado resulta nos seguintes esforços:



Observe que o momento negativo apresentado é muito próximo ao do modelo com ligação flexibilizada.

Ligação com a Fundação

A ligação do pilar discretizado com a fundaçõe é feito através de offsets rígidos, ligando todos os nós mais inferiores do pilar à restrição de apoio que representa a fundação. A seguir é apresentado um esquema gráfico desta ligação:

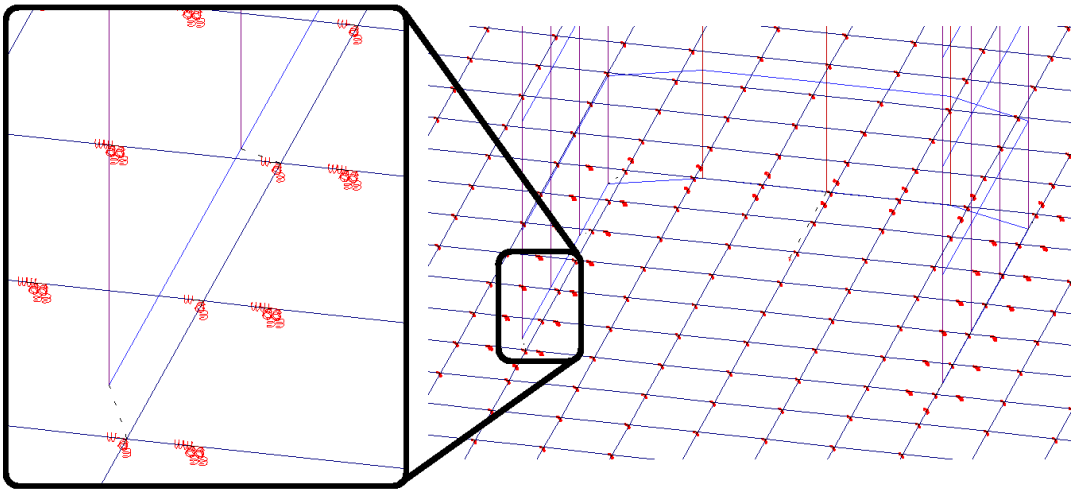


(1) Discretização do pilar;
(2) Offset rígido
(3) Restrição de apoio

A utilização de offsets rígidos permite que todos os nós ligados representem uma seção plana, independente dos esforços que estejam atuando sobre o pilar. Este comportamento é muito adequado para sapatas e blocos considerados rígidos.

Ligação com Radier

Caso o pilar parede nasça sobre uma laje (situação onde o usuário queira simular um radier ou ainda uma fundação flexível), a ligação entre pilar e laje também é feita através de diversos nós. Cada um dos nós mais inferiores do pilar (que representam as faixas) é ligado ao nó de laje mais próximo. A seguir é apresentado um esquema gráfico desta ligação:



Resultados da Análise Estrutural

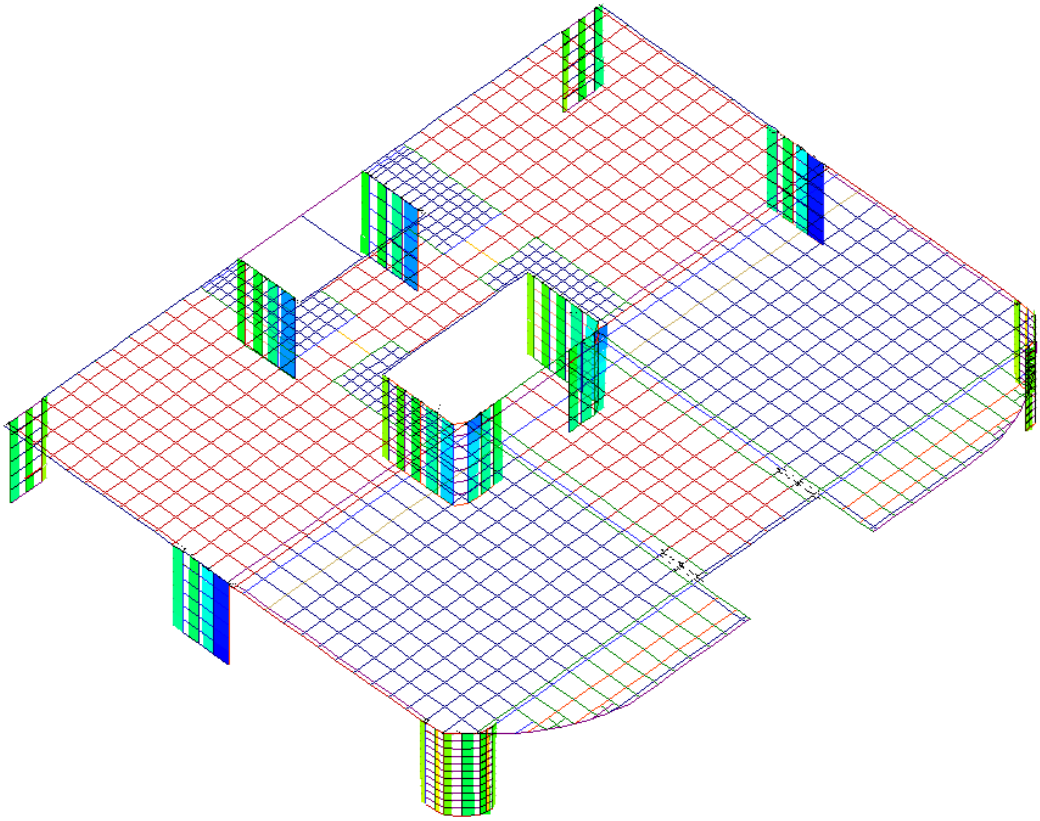
Após o processamento de esforços, o usuário pode ter acesso a visualização de resultados.

Os resultados podem ser acessados através dos dois modelos:

Modelo do Pavimento;
Modelo Global.

Modelo do Pavimento

Após o processamento de esforços, ao visualizar o modelo do pavimento dentro do Grelha-TQS, os resultados dos pilares discretizados também serão apresentados:



Desligando a visualização de resultados em barras

Para evitar que a visualização de resultados fique extremamente "carregada" e com valores não essenciais para o usuário, é possível controlar as barras que apresentaram resultados.

Caso o usuário queira desligar a visualização de resultados dos pilares:

1. Coma a aba “Grelha-TQS” selecionada escolha o pavimento

2. Clique no botão “Visualizador de Grelhas”, escolha a opção “Estado Limite Último ELU”
3. No “Visualizador de Grelhas “ Selecione a aba “Visualizar"
4. Clique no botão "Parâmetros” e na janela “Parâmetros de visualização";
5. Selecione a aba "Elementos" desative a opção "Barras de pilares".

Modelo Global

Devido a grande quantidade de barras e resultados presentes no modelo global, pode ser necessário que o usuário altere os parâmetros de visualização, de modo a desligar o resultado de elementos não importantes.

Desligando a visualização de resultados em barras

Para evitar que a visualização de resultados fique muito "carrega" e com valores não essenciais para o usuário, é possível controlar as barras que apresentaram resultados.

Caso o usuário queira desligar a visualização de resultados de algum elemento estrutural, execute:

1. Coma a aba “Pórtico-TQS” selecionada
2. Clique no botão “Visualizador de Pórticos”, escolha a opção “Estado Limite Último ELU”
3. No “Visualizador de Pórticos “ Selecione a aba “Visualizar"
4. Clique no botão "Parâmetros” e na janela “Parâmetros de visualização"
5. Selecione a aba "Elementos" ative ou desative as opções:
"Barras de vigas"
"Barras de lajes"
"Barras de pilares"

Dimensionamento dos Pilares

O dimensionamento dos pilares parede discretizados é feito com base no modelo de cada um dos lances do pilar discretizado. Desta forma, o dimensionamento de cada uma das faixas do pilar irá ser feita com os esforços provenientes das barras verticais que representam tal faixa no modelo.

Armadura Longitudinal

O detalhamento das armaduras longitudinais dos pilares é feito com base no modelo de cada um dos lances do pilar discretizado. Após o processamento do modelo, cada um destes lances discretizados passam a ter também seus esforços associados, para todas as combinações.

Assim, o dimensionamento da armadura longitudinal de cada uma das faixas do pilar irá ser feita com os esforços provenientes das barras verticais que representam tal faixa no modelo.

Para o dimensionamento da armadura longitudinal serão levados em conta o esforço axial e os momentos fletores atuantes nas barras.

Estribos

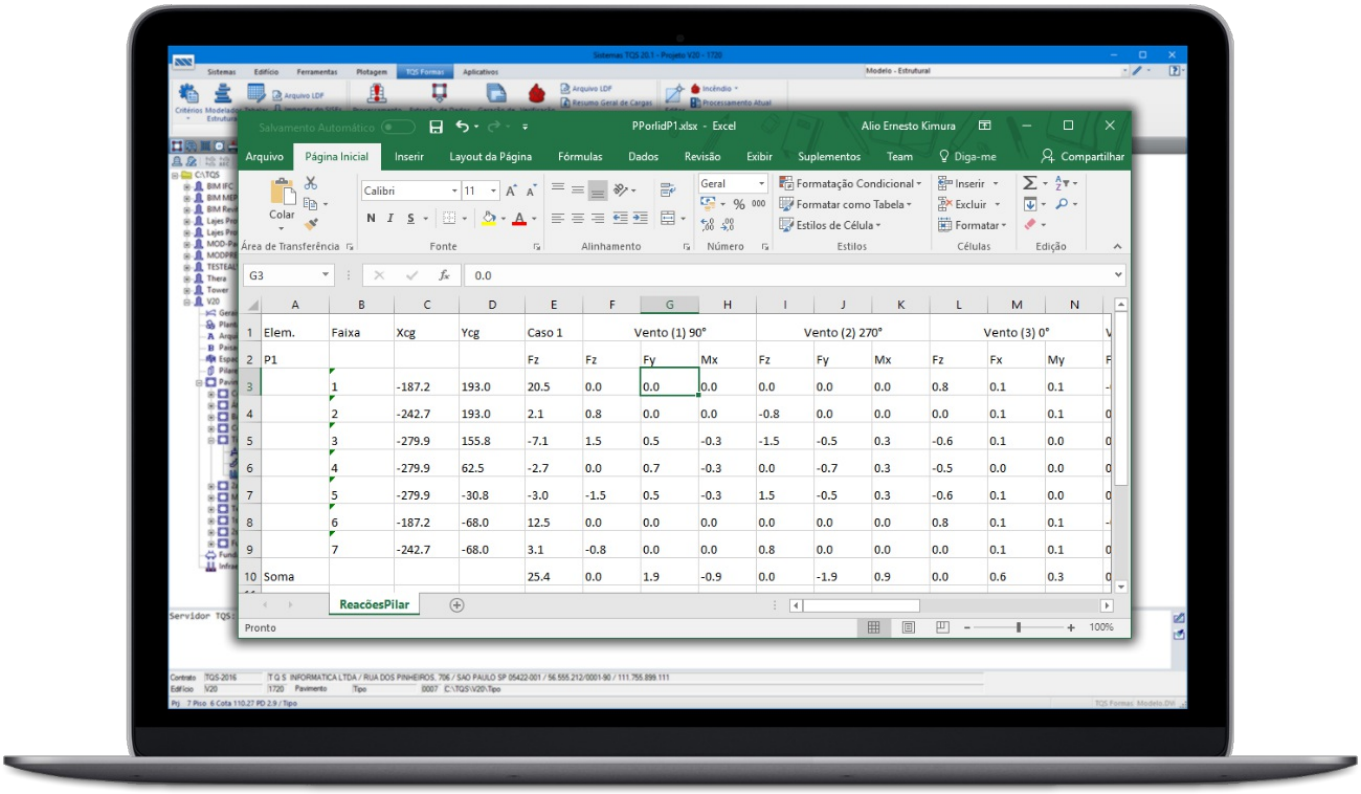
Os estribos, não serão dimensionados com os esforços existentes no modelo do lance. Este tipo de tratamento será feito no futuro.

Detalhes sobre o Detalhamento

O detalhamento dos pilares parede é feito normalmente e de forma análoga ao que vinha sendo feito até hoje.

Devido a uma particularidade dos pilares-parede, apresentada no item 2.3.1, pode ocorrer de o pilar parede ser detalhado com uma armadura superior ao que ocorreria se ele não estive discretizado. Isto se deve ao fato do

detalhamento final do pilar ser feito com base no dimensionamento da faixa mais crítica.

Planta de Cargas

A partir da V20, tornou-se possível a impressão da tabela da planta de cargas de pilares-parede em formato XLSX (Excel®).