

## Modelo Estrutural IV

O assunto sobre modelos estruturais para edifícios em concreto armado é sempre um assunto importante, atual e que deve ser tratado com muita atenção pois é a partir dos resultados do modelo adotado que toda a estrutura será dimensionada e detalhada.

Durante décadas o nosso brilhante colega eng. Luiz Aurélio sempre proferiu uma frase simples, mas emblemática, para os participantes dos cursos TQS: afinal de contas, quais são os esforços solicitantes numa estrutura?

Esta frase foi um desafio para nós também durante décadas, e acho que este desafio ainda continuará por muito mais tempo.

De antemão, posso afirmar com certa segurança que esta frase já nos trouxe muita intranquilidade, mas depois do cálculo das solicitações realizado pelo modelo IV, ficamos confortáveis com os resultados produzidos pelos sistemas TQS.

Não quero ficar recorrendo ao saudosismo, mas na década de 70 era muito comum o cálculo das solicitações em edificações de algum porte ser realizado da seguinte forma:

- Cargas verticais: modelo de viga contínua simplesmente apoiada (sem participação dos pilares).
- Cargas horizontais: modelo de pórtico plano ou pórtico espacial.

Combinando os efeitos acima chegávamos aos resultados dos esforços finais da estrutura. Uma dúvida sempre ficou presente neste método de cálculo. As cargas horizontais provocavam momentos fletores nas extremidades das vigas, pois o cálculo era feito por pórtico e a ligação entre a viga e o pilar era monolítica. Os momentos fletores que surgiam nas vigas devido às cargas verticais não levavam em consideração os pilares. Portanto, a armadura final a flexão no extremo de uma viga era proveniente apenas de momento fletor devido às cargas horizontais. Quem iria dizer isto para estas armaduras, isto é, elas não deveriam trabalhar para os momentos devido às cargas verticais e sim para os momentos devido às cargas horizontais?

Este era, sem dúvida, um modelo simplificado e, como muitos dizem, funcionou muito bem. Importante lembrar que naquela época tínhamos edificações mais simples, muitas vigas, muitas lajes de pequenos vãos, muitos pilares, estruturas mais rígidas, balanços reduzidos, etc. Hoje em dia o panorama mudou radicalmente.

O sistema TQS teve seu início desta forma, com o modelo simplificado de vigas contínuas. Depois fomos evoluindo conforme a seqüência resumida abaixo (CV: cargas verticais; CH: cargas horizontais):

- Quinhão de carga para CV em lajes; vigas contínuas para CV e pórtico plano para CH;
- Grelha ou quinhão de cargas para CV no pavimento, pórtico plano para CH;
- Grelha ou quinhão de cargas para CV no pavimento, pórtico espacial para CH;
- Grelha para CV no pavimento e pórtico espacial para CV e CH (Este é o Modelo IV).

Eu sempre acreditei no modelo de vigas contínuas, quinhão de cargas para CV, afinal de contas já projetei alguns edifícios assim, mas com a evolução das estruturas alguns pontos me intrigavam:

- Como considerar os esforços solicitantes na estrutura devido à assimetria das cargas verticais e geometria, com a carga vertical provocando deslocamentos horizontais significativos na estrutura e, conseqüentemente, solicitações adicionais?
- Como considerar os esforços introduzidos numa variação da seção do pilar onde os baricentros não estão alinhados?

Os esforços provenientes dos efeitos acima existem, são reais e não podem ser desprezados e/ou ignorados. Principalmente em edifícios inclinados, ou a beira-mar, com balanços enormes em apenas um dos lados, estes esforços atuam com intensidade. A única alternativa para resolver os pontos acima era a resolução de um pórtico espacial para cargas verticais. Entretanto, o pórtico espacial para cargas verticais não contemplava alguns pontos fundamentais e inquestionáveis na determinação dos esforços solicitantes:

- Deslocamento vertical dos pilares devido a sua deformação por compressão (deve ser minorado devido ao processo construtivo).
- Vigas de transição trabalhando elasticamente no pórtico espacial. O projetista sempre deseja que a carga do pilar numa viga de transição, mesmo no pórtico espacial, seja da ordem da carga que ele obtinha no pavimento x número de pavimentos.
- O mesmo da questão acima para pilares que funcionam como tirantes.

Por volta do ano 2000, finalmente equacionamos estas questões acima na resolução de um pórtico espacial sob a ação de cargas verticais. Isto foi um feito notável, pois, naquela época, já podíamos resolver um pórtico espacial único tanto para cargas verticais como para cargas horizontais. Daí que surgiram os famosos coeficientes multiplicadores da área da seção transversal dos pilares (MULAXI) e da inércia das vigas de transição.

Paralelamente a estas questões de vigas de transição e deformação axial dos pilares introduzimos nesta mesma época, na resolução do modelo do pórtico espacial, o conceito de nós semi-rígidos ou nós flexibilizados. Este quesito foi de fundamental importância, pois equacionamos também com certa aproximação o problema da ligação de uma viga que chega num extremo de um pilar longo, por exemplo, pilares parede ou pilares lâmina. O engastamento das vigas nestes pilares não é feito para toda a rigidez do pilar, mas, sim, para apenas uma faixa do pilar que o próprio usuário define. Assim, as ligações extremas das vigas em pilares no pórtico espacial devido a CV passaram a dar resultados parecidos com o cálculo de vigas no modelo de grelha e vigas contínuas.

O modelo resultante de todas estas inovações é o que chamamos de Modelo IV, modelo mais coerente, mais completo e mais adequado para ser utilizado nos dias de hoje para estruturas de concreto armado. É um modelo que, atualmente, mais se aproxima da realidade e que é recomendado fortemente pela TQS. Continuamos trabalhando na evolução destes modelos de cálculo de solicitações, já temos programado neste quesito:

- Na versão 16 que será liberada ainda neste ano: as lajes poderão participar integralmente do pórtico espacial. Assim o modelo do pórtico espacial contemplará as vigas, lajes e pilares.
- Na versão 17, estimativa de liberação no próximo ano, teremos o cálculo incremental de solicitações levando em conta as etapas construtivas e o efeito do tempo nas propriedades dos materiais.

Conforme comentei, este modelo IV trouxe muita segurança para nós da TQS na obtenção dos esforços solicitantes nas estruturas. Alguns pontos que analisamos detalhadamente antes de disponibilizá-lo:

- Processando edifícios simétricos, com cargas simétricas, portanto sem efeito do deslocamento horizontal devido à CV, sem vigas de transição e com tensões de compressão similares nos diversos pilares, chegamos a resultados quase idênticos no pórtico espacial e modelos simplificados como viga contínua e/ou grelha.
- Processando edifícios elevados, com tensões de compressão nos pilares bem diferentes, chegamos a resultados dos esforços nas vigas e pilares quase idênticos do que o processamento de modelos simplificados como viga contínua e/ou grelha.
- Processando edifícios com pilares que nascem em vigas de transição, chegamos a resultados das cargas nestes pilares próximas aos dos modelos simplificados.

Portanto, para modelos simples e muito bem comportados, o modelo IV se aproxima dos resultados que já vínhamos obtendo de longa data e, o que é extremamente importante, ele também equaciona corretamente os problemas fundamentais dos edifícios sem simetria de geometria e cargas, pilares que se apoiam em vigas de

transição, tirantes, pilares com tensões de compressão distintas, etc.

Quando adotamos outros modelos para obtenção das solicitações, ocorre uma combinação de modelos, ora vigas contínuas para CV, ora pórtico espacial para CH, etc. Isto, esta incoerência de modelos para CV e CH, é que nos preocupava e que ainda nos preocupa. É preciso coerência entre os diversos modelos, pois repetindo o que comentei no início da mensagem, as armaduras sabem para quais solicitações elas foram dimensionadas e detalhadas? Se a estrutura for muito bem comportada, simétrica, sem singularidades, qualquer modelo vai dar bons resultados, entretanto, estas estruturas não são aquelas que encontramos hoje na prática.

Felizmente, desde o ano de 2000 disponibilizamos o modelo IV para nossos usuários. Isto nos trouxe uma grande tranquilidade para responder à famosa questão do eng. Luiz Aurélio: afinal, quais são os esforços solicitantes? O modelo IV é a solução definitiva? Lógico que não! Ainda temos muito que evoluir, o material concreto armado é heterogêneo, não elástico, não linear e a execução da estrutura não é executada instantaneamente. Continuamos a evoluir permanentemente, é o progresso natural da técnica que ocorre em todos os segmentos da nossa engenharia. O importante é que os nossos usuários também evoluam conosco, cada vez mais projetando estruturas mais “seguras”, econômicas e competitivas.

Eng. Nelson Covas

TQS Informática Ltda.