

## Não-linearidade física na análise global de edifícios

O texto a seguir está subdividido em duas partes, uma que aborda o assunto perante a NBR 6118:2003 e outra que apresenta um novo tipo de modelagem, o Método Geral Global ou Pórtico Não-Linear Físico e Geométrico, recurso esse disponibilizado na versão 14 dos sistemas TQS.

### NBR 6118:2003

A NBR 6118:2003, seção 15 “Instabilidade e efeitos de 2ª ordem”, item 15.7.3, permite definir uma rigidez aproximada em vigas, pilares e lajes na análise dos esforços globais de 2ª ordem em estruturas reticuladas com no **mínimo quatro andares**. Exemplo: em edifícios modelados por pórtico espacial que atendam essa última condição, pode-se adotar, de forma **APROXIMADA**,  $(EI)_{sec} = 0,4 \cdot E_{ci} \cdot I_c$  nas vigas e  $(EI)_{sec} = 0,8 \cdot E_{ci} \cdot I_c$  nos pilares.

E, para estruturas com menos de quatro andares (como é o seu caso)? O que fazer? Posso adotar os mesmos valores? Por que essas reduções são recomendadas somente para estruturas com no mínimo quatro andares?

Essa restrição foi definida na norma devido à falta de estudos específicos para este tipo de estrutura, onde, dependendo do nível de solicitação, no Estado Limite Último (ELU), as rigidezes nas vigas, e principalmente nos pilares, podem atingir valores bem inferiores aos especificados. Nesse caso, com a adoção das reduções de rigidez definidas anteriormente, os efeitos de 2ª seriam subestimados. E, portanto, a análise estaria contra a segurança.

Atualmente, existem pesquisas direcionadas para análise deste assunto. Acredito que, em breve, teremos uma possível resposta para esta questão. Vamos aguardar.

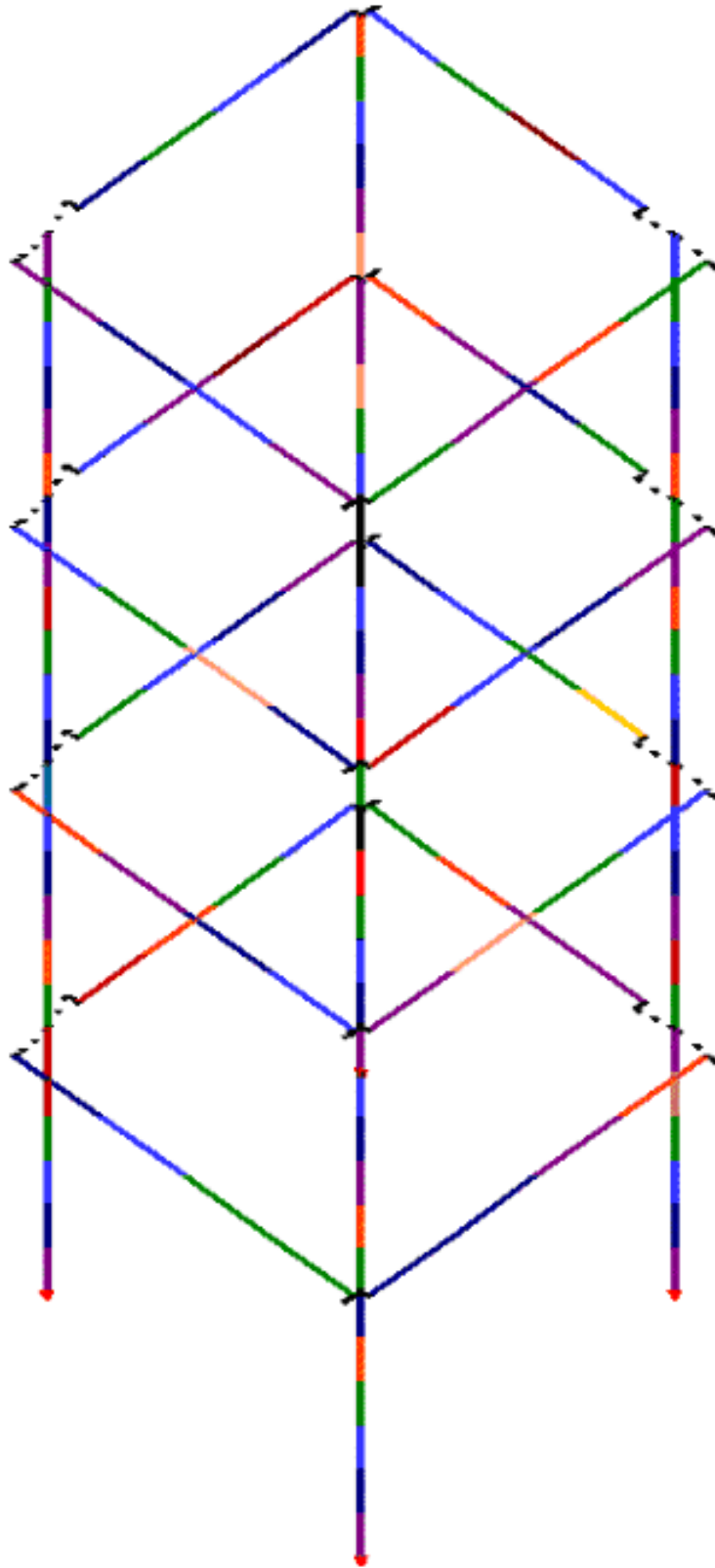
Neste momento, a única afirmação que se pode fazer é que a não-linearidade física em estruturas com menos de quatro andares **DEVE** ser sempre considerada numa análise P-Δ. E que, na impossibilidade de definição de valores de redução de rigidez mais precisos (obtidos por meio de diagramas momento-curvatura), os mesmos devem ser estimados com precaução, **priorizando sempre um cálculo a favor da segurança**.

### Método Geral Global

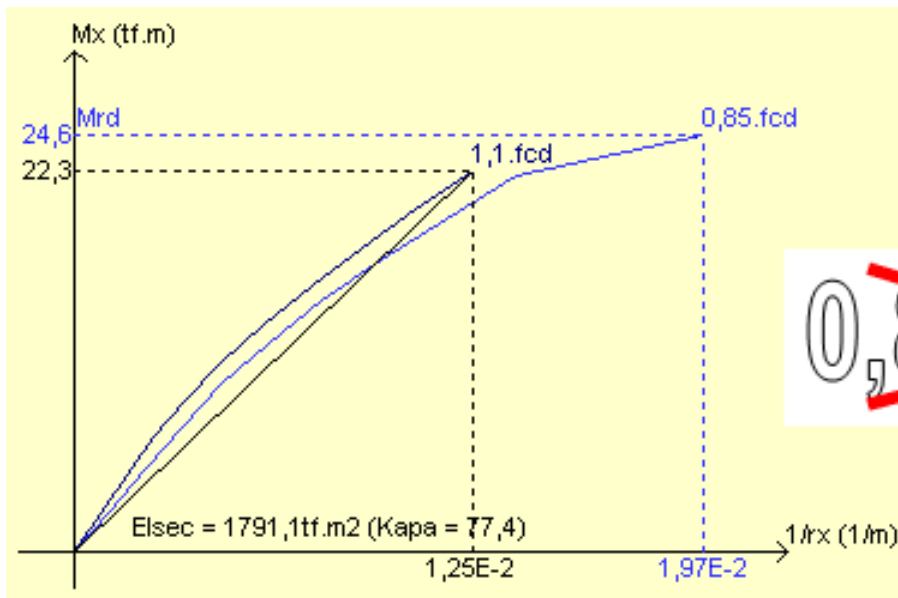
Nesta segunda parte do texto, conforme já foi dito, vou apresentar um novo tipo de modelagem viável na avaliação dos efeitos de 2ª ordem em uma estrutura de concreto armado, **inclusive naquelas que possuem menos de quatro andares**. Nessa análise, denominada aqui de Método Geral Global, tanto a não-linearidade física (NLF) como a não-linearidade geométrica (NLG), são tratadas de forma refinada.

Eis algumas características do Método Geral Global:

- a. O edifício é modelado globalmente por meio de um **único pórtico espacial**.
- b. A NLG é considerada por **processo P-Δ**, no qual se busca iterativamente a posição de equilíbrio da estrutura.
- c. Cada vão de viga e lance de pilar presente no modelo é **discretizado em inúmeras barras**, conforme mostra a figura a seguir (cada barra está representada em cor diferente).



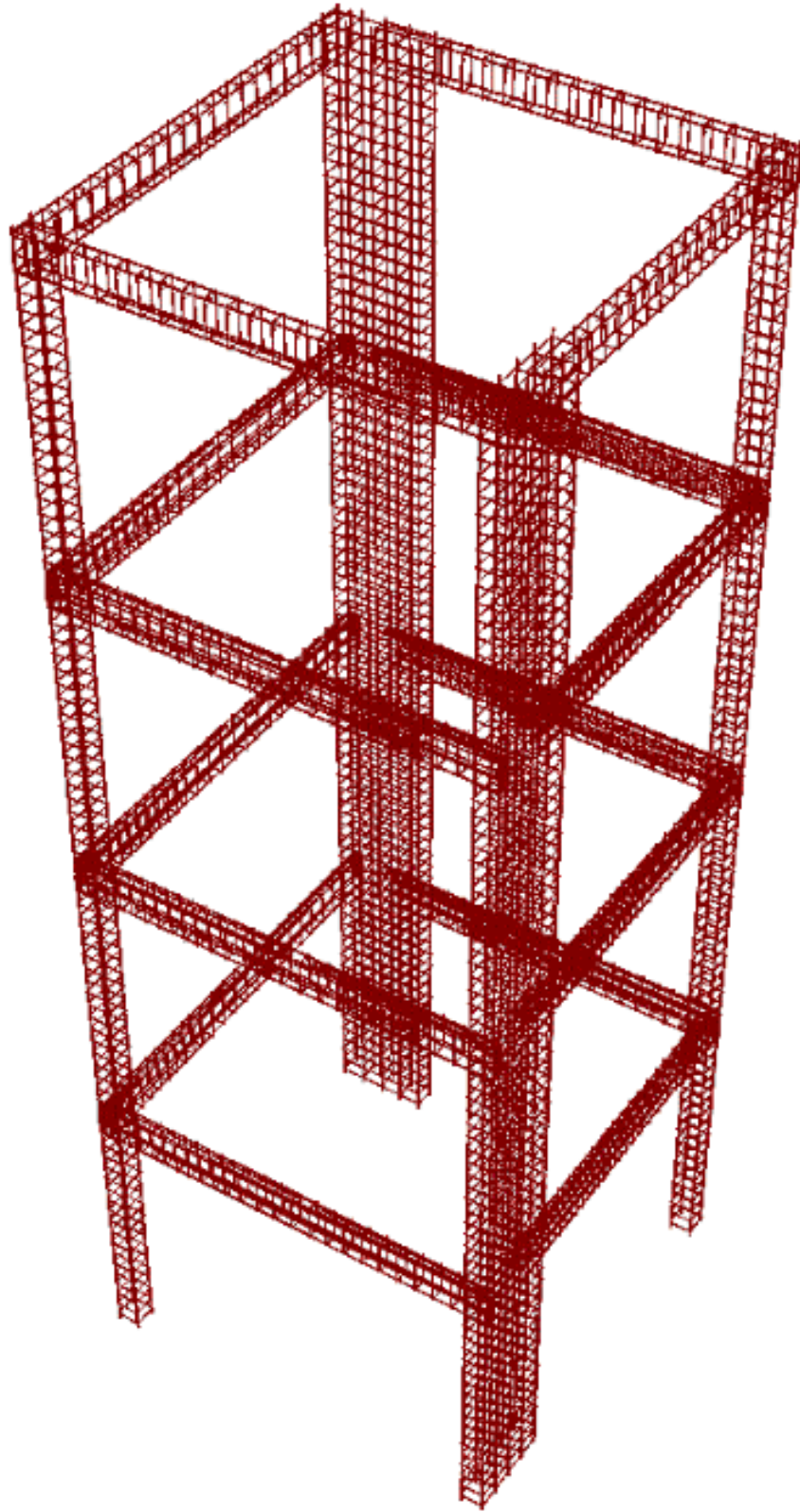
d. A NLF é considerada por meio da definição de rigidezes  $EI$  extraídas a partir de **diagramas  $Mx1/r$  e  $N,M,1/r$** , para todas as vigas e pilares. Ou seja, não existe mais a aproximação com 0,4 e 0,8!



~~$0,8 \cdot EI / 0,4 EI$~~

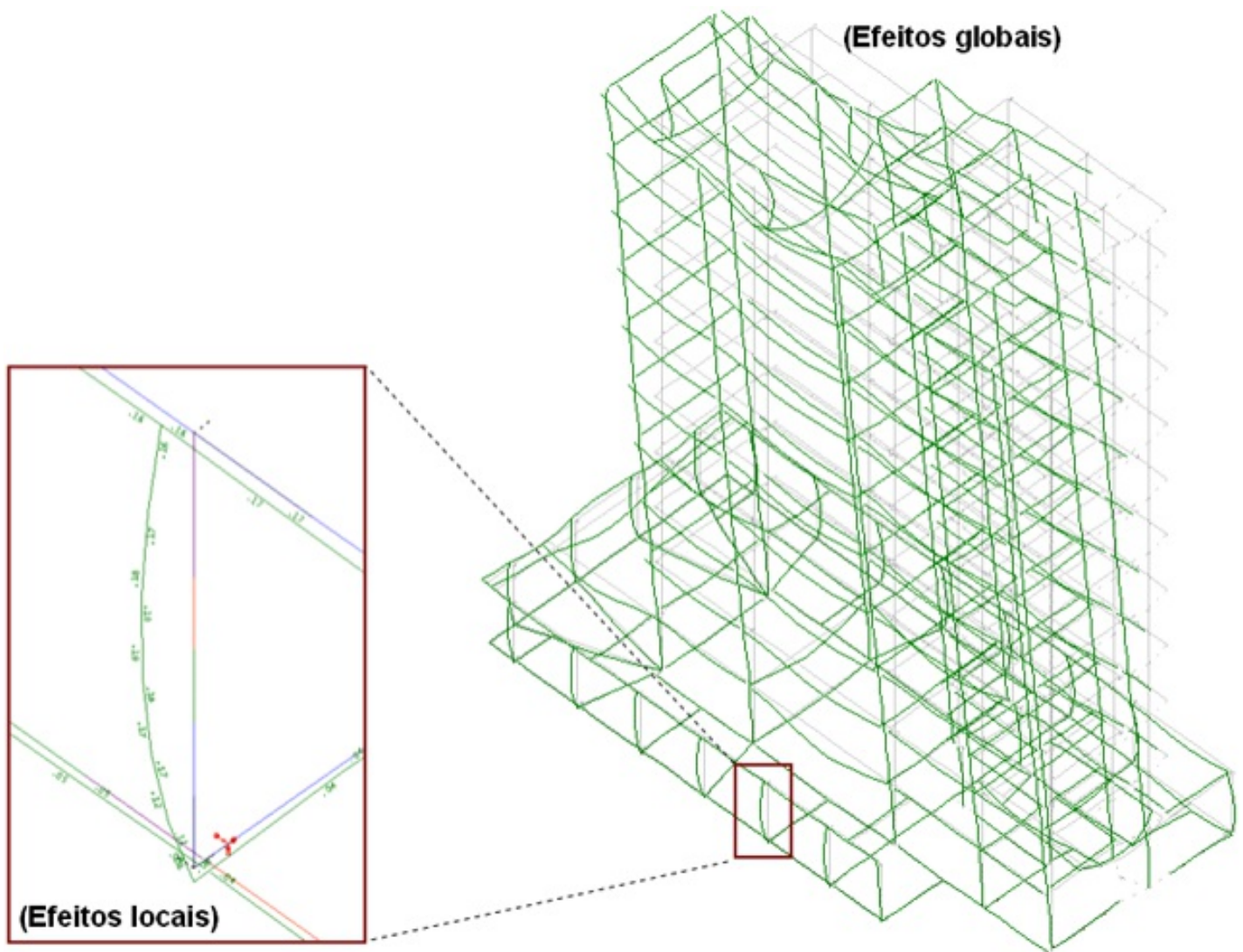
O cálculo da rigidez  $EI$  para cada barra do modelo é viável devido ao avanço do poder de processamento dos computadores, e também da evolução dos processos numéricos, que tornaram a montagem de diagramas  $Mx1/r$  ou  $N,M,1/r$  bastante eficiente. É possível, inclusive, calcular a rigidez real oblíqua a partir da trinca de esforços atuantes ( $N,M_x,M_y$ ), ao invés desacoplar a análise através das linearizações.

Vale lembrar que, estas rigidezes são extraídas de acordo com as armaduras detalhadas em cada elemento (viga e pilar).



Perceba também que, com a discretização adotada, é definido uma rigidez para cada trecho de pilar e viga. Cada barra tem um  $EI$  diferente!

e. Devido a discretização adotada, através da análise não-linear geométrica, é possível avaliar tanto os efeitos globais como os efeitos locais de 2ª ordem, sendo, portanto, uma excelente alternativa tanto para avaliação da estabilidade global como para o cálculo de pilares.



Este novo tipo de modelagem já foi desenvolvido no sistema TQS (versão 14, denominado Pórtico NLFG). Os processamentos até então realizados mostram que a redução através dos coeficientes 0,4 e 0,8 para edifícios de maior porte é bastante coerente. E que, para estruturas de menor porte, em certos casos, as rigidezes aproximadas são superestimadas, justificando uma redução nos coeficientes redutores. Mas, ainda é cedo para fazer qualquer conclusão!

Convém lembrar também que, por necessitar das armaduras pré-definidas, o Método Geral Global se trata essencialmente de um processo de verificação final da estrutura.

Alio Kimura (TQS Informática)