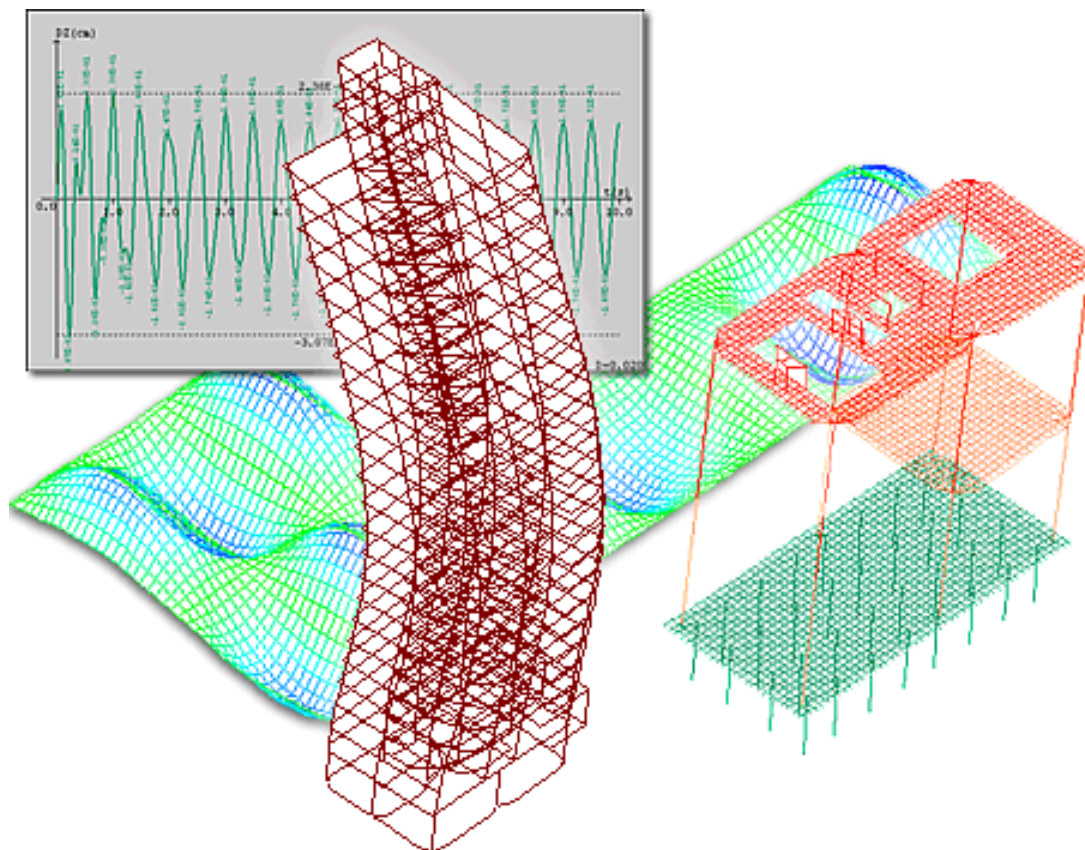


Análise Dinâmica

O principal objetivo da análise dinâmica presente nos Sistemas TQS é permitir que o Engenheiro possa avaliar numericamente o comportamento em serviço de uma estrutura de concreto armado perante a atuação de ações dinâmicas, a fim de verificar o Estado Limite de Vibrações Excessivas (ELS-VE) definido no item 3.2.8 da NBR 6118.

Essa análise dinâmica pode ser realizada de duas maneiras: simplificada ou refinada (*Time-history*).

Podem ser avaliados pavimentos isolados (grelha) ou a estrutura do edifício como um todo (pórtico espacial).



Alguns exemplos que podem analisados no sistema são: pavimentos com atividades de seres humanos (academia, escritório), estruturas com funcionamento de equipamentos mecânicos (base de turbo-gerador) e edifícios sob a atuação de rajadas de vento.

Análise Simplificada

Nessa análise, a avaliação do comportamento da estrutura perante as ações dinâmicas é baseada no estudo de vibrações livres sem amortecimento.

O sistema calcula os modos de vibração da estrutura e os seus respectivos valores de frequência, de tal forma que possam ser comparados com a frequência crítica (f_{crit}), valor este que deve ser definido pelo Engenheiro de acordo com o tipo de uso da edificação analisada. A NBR 6118, tabela 23.1, traz a indicação de alguns valores padrões.

Segundo o item 23.3 dessa mesma norma, pode-se assegurar um comportamento satisfatório de estruturas sujeitas a vibrações, isto é, que estejam dentro de níveis considerados aceitáveis de acordo com a percepção humana, desde que a frequência própria da estrutura se afaste ao máximo da frequência crítica.

Cabe lembrar que esses modos de vibração da estrutura calculados pelo sistema servem também como base para a análise modal espectral utilizada na avaliação de efeitos sísmicos.

Dados necessários

Além dos dados utilizados na análise estática da estrutura (geometria e cargas), para efetuar a análise dinâmica simplificada é necessário atribuir:

Número de modos de vibração

Massa da estrutura

Esses valores são definidos na janela de edição de dados do edifício.

1. No Gerenciador TQS, Selecione a aba "Edifício"
2. Clique no botão "Editar"
3. Selecione a aba "Cargas", selecione a aba "Adicionais" e selecione a aba – "Vibrações"

Note que a massa da estrutura é definida por uma combinação do peso-próprio, cargas permanentes e variáveis.

Vibrações em pavimentos

Para realizar a análise dinâmica num pavimento, é necessário ativar a opção nos dados avançados do mesmo dentro da janela de dados do edifício.

1. No Gerenciador TQS, Selecione a aba "Edifício"
2. Clique no botão "Editar"
3. Selecione a aba "Pavimentos", selecione pavimento e clique no botão "Avançado"
4. Marque a opção "Efetuar Análise Dinâmica" em "Modelo de cálculo do pavimento"

É obrigatório que o pavimento seja modelado por grelha de lajes planas ou grelha de lajes nervuradas.

Processamento - Vibrações em pavimentos

O cálculo dos modos de vibração e seus respectivos valores de frequência do pavimento é realizado durante o processamento da grelha pelo resolvidor Mix[®], que pode ser executado durante o processamento global.

1. No "Gerenciador TQS" selecione a aba "Grelha-TQS"
2. Clique no botão "Processar – Esforços" e escolha a opção "Resolvidor Mix[®]"

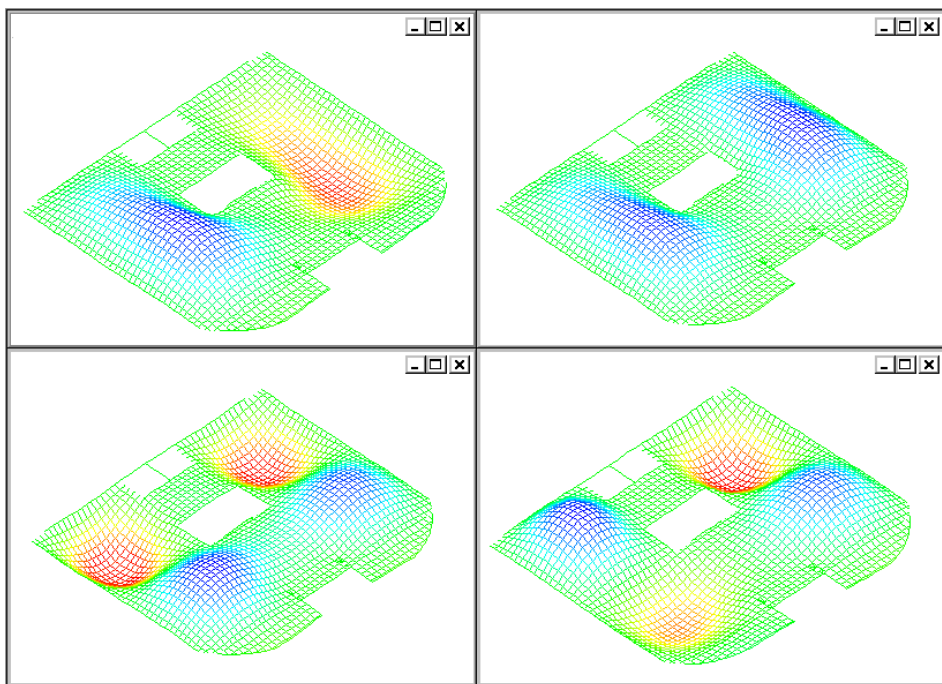
Resultados - Vibrações em pavimentos

Os resultados a análise dinâmica podem ser acessados no relatório do processamento.

1. No "Gerenciador TQS" selecione a aba "Grelha-TQS"
2. Clique no botão "Visualizar – Relatórios" e escolha a opção "Processamento de Esforços"

Para carregar o visualizador gráfico, no subsistema com os resultados do processamento:

1. No "Gerenciador TQS" selecione a aba "Grelha-TQS"
2. Clique no botão "Visualizar – Análise dinâmica"



Dentro desse visualizador, é possível visualizar a animação de cada um dos modos de vibração calculados pelo sistema. Dependendo do valor, pode-se até sincronizar a animação com a frequência real do modo.

1. No “Visualizador de Análise dinâmica”, clique em "Resultados – Modos de vibração"

Com esses valores de frequências da estrutura pode-se então fazer uma boa estimativa do comportamento da estrutura perante as ações dinâmicas de acordo com o item 23.3 da NBR 6118.

Vibrações no edifício como um todo

Para efetuar a análise dinâmica do edifício como um todo, é necessário ativar a opção na edição dos dados do edifício.

1. No Gerenciador TQS, Selecione a aba "Edifício"
2. Clique no botão "Editar"
3. Selecione a aba "Modelo" e clique no botão “Análise dinâmica”
4. Marque a opção "Efetuar o cálculo do pórtico com análise dinâmica"

Processamento – Vibrações no edifício

O cálculo dos modos de vibração e seus respectivos valores de frequência do pórtico espacial é realizado durante o processamento pelo resolvidor Mix[®].

1. No “Gerenciador TQS” selecione a aba “Sistemas”
2. Clique no botão “Pórtico-TQS”
3. Clique no botão "Processar" – "Esforços" – "Cálculo de esforços – Resolvedor padrão").

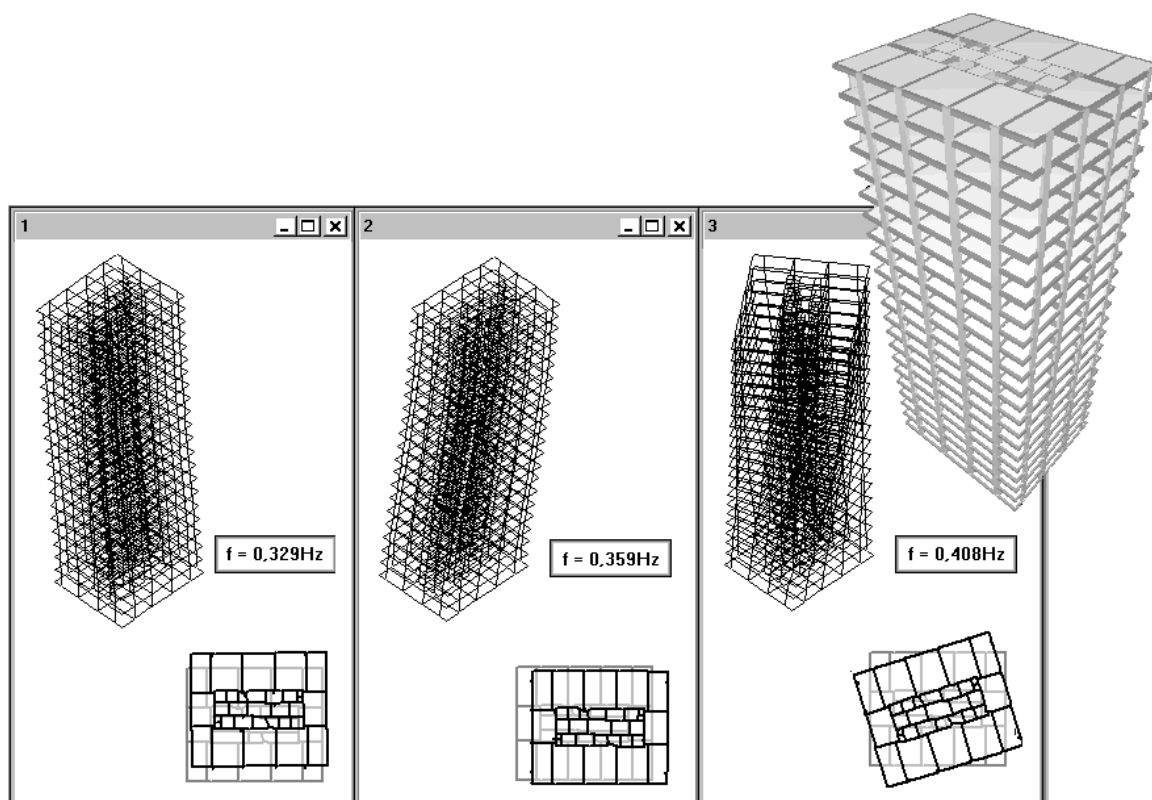
Resultados – Vibrações no edifício

Os resultados a análise dinâmica podem ser acessados no relatório do processamento.

1. No “Gerenciador TQS” confirme a seleção da aba “Pórtico-TQS”
2. Clique no botão “Visualizar – Relatórios”
3. Escolha a opção “Processamento de esforços”

Para carregar o visualizador gráfico, no subsistema Pórtico-TQS.

1. No “Gerenciador TQS” confirme a seleção da aba “Pórtico-TQS”
2. Clique no botão “Visualizar – Análise sísmica/dinâmica”



Dentro desse visualizador, é possível visualizar a animação de cada um dos modos de vibração calculados pelo sistema.

1. No “Visualizador de Análise Sísmica/Dinâmica”, clique em "Resultados – Modos de vibração"

Com esses valores de frequências pode-se então fazer uma boa estimativa do comportamento da estrutura perante as ações dinâmicas de acordo com o item 23.3 da NBR 6118.

Análise Refinada (*Time-history*)

Nessa análise, a avaliação do comportamento da estrutura perante as ações dinâmicas é baseada no estudo de vibrações forçadas com amortecimento.

O sistema calcula os deslocamentos, velocidades e acelerações no domínio do tempo (*time-history*) provocados por ações dinâmicas que, nessa análise, devem ser explicitamente definidas pelo Engenheiro.

Pode-se simular qualquer excitação externa desde que a mesma possa ser representada por uma combinação de funções harmônicas. Dessa forma, alguns exemplos que podem analisados são: atividades de seres humanos, funcionamento de equipamentos mecânicos e a atuação de rajadas de vento.

Dados iniciais

Para realizar a análise dinâmica num pavimento, é necessário ativar as opções nos dados avançados do mesmo dentro da janela de dados do edifício.

1. No Gerenciador TQS, Selecione a aba "Edifício"
2. Clique no botão "Editar"
3. Selecione a aba "Pavimentos", selecione pavimento e clique no botão “Avançado”

4. Marque as opções "Cálculo como pórtico espacial" e "Efetuar Análise Dinâmica" em "Modelo de cálculo do pavimento"

Tanto no estudo de um pavimento como do edifício como um todo, a base para a análise dinâmica refinada é a análise simplificada.

Portanto, é estritamente necessário que todos os dados (massa da estrutura e número de modos de vibração) e resultados (modos de vibração e suas respectivas frequências) dessa última análise estejam previamente calculados e validados.

Processamento Análise Refinada (Time-history)

Toda a análise dinâmica refinada (time-history) é realizada dentro dos visualizadores gráficos dos Sistemas TQS.

1. No "Visualizador de Análise Sísmica/Dinâmica"

2. Clique em " Time-history – Fazer análise no tempo "

É necessário definir os seguintes dados nessa janela:

Taxas de amortecimento

Carregamentos (amplitudes)

Excitações (harmônicos)

Combinações de harmônicos

Taxas de amortecimento

Na aba "Amortecimento", pode-se atribuir valores de taxas de amortecimento distintos para cada modo de vibração. Há uma tabela com valores padrões para taxa de amortecimento.

Carregamentos

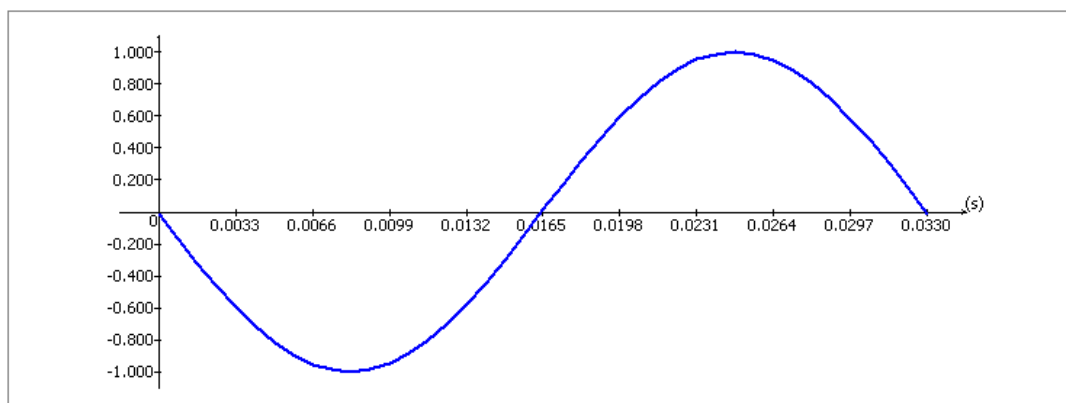
Na aba "Carregamentos", definem-se os casos de carregamentos com as forças que servirão de base para análise no tempo.

Para cada caso de carregamento definido, é possível introduzir e remover forças nodais graficamente por meio de comandos existentes na barra de ferramenta, ou mesmo editar os valores em uma tabela.

Porém, o comando mais útil é o "Ler forças nodais", pois ele lê automaticamente as forças definidas num caso de carregamento existente no edifício.

Excitações

Na aba "Excitações", é necessário definir os harmônicos que serão utilizados na análise dinâmica. Cada excitação ou harmônico é definido por um carregamento (definido anteriormente), um período (T), uma fase (To) e um multiplicador.



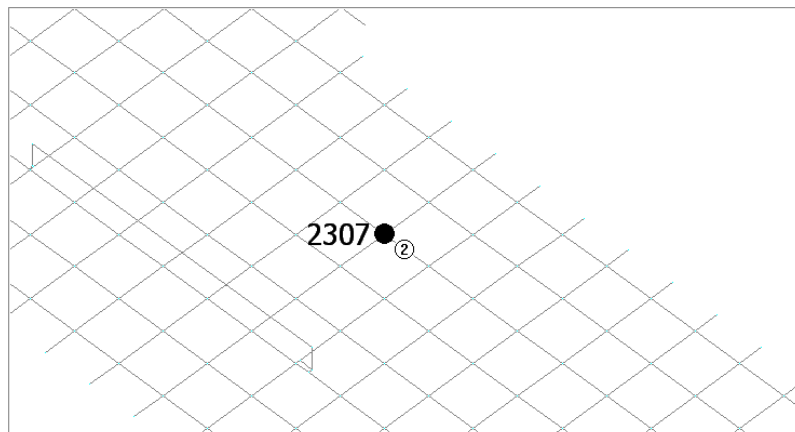
Combinações

Na aba "Combinações", é necessário definir as combinações de harmônicos que serão adotadas na análise dinâmica.

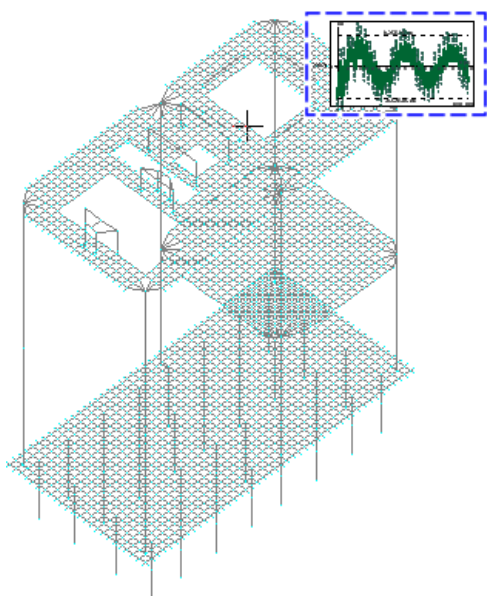
Cada combinação é definida por uma excitação (definida anteriormente) e um multiplicador.

Resultados

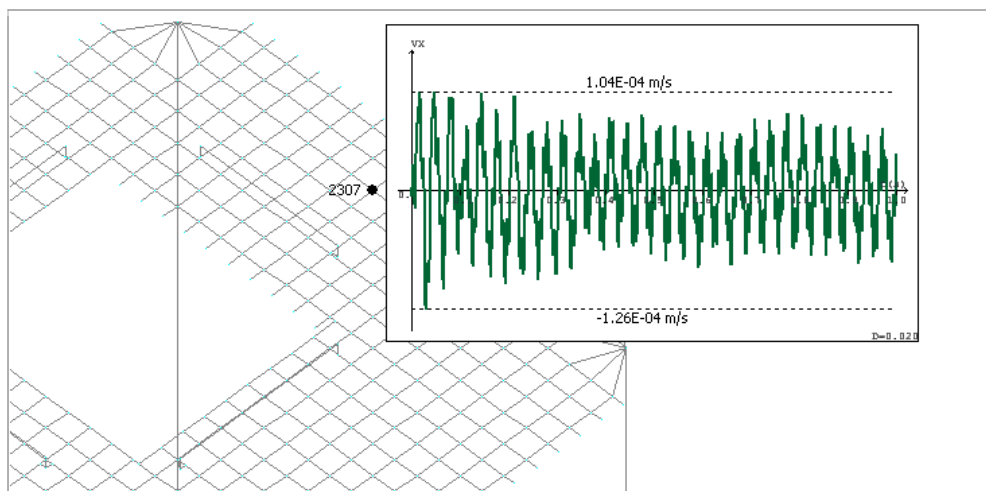
Para calcular os resultados, entre na aba "Resultados", selecione a excitação ou combinação a ser analisada, o nó a ser estudado, e clique no botão "Calcular".



Um gráfico com a resposta da estrutura ao longo do tempo será automaticamente desenhado junto do nó selecionado.



Podem ser calculados os deslocamentos, as velocidades e acelerações nas três direções globais (X, Y, e Z).



Pode-se definir o intervalo de tempo a ser analisado e se os resultados no transiente devem ou não ser considerados.

O nó a ser analisado pode ser selecionado graficamente através de um botão na barra de ferramentas.

No caso de estruturas muito complexas, procure definir uma vista adequada, selecione apenas o piso que contém o nó (no caso de pórtico espacial) e utilize os comandos de janela para aproximar da região onde se deseja efetuar a análise (zoom), para que o nó seja fácil e corretamente selecionado.

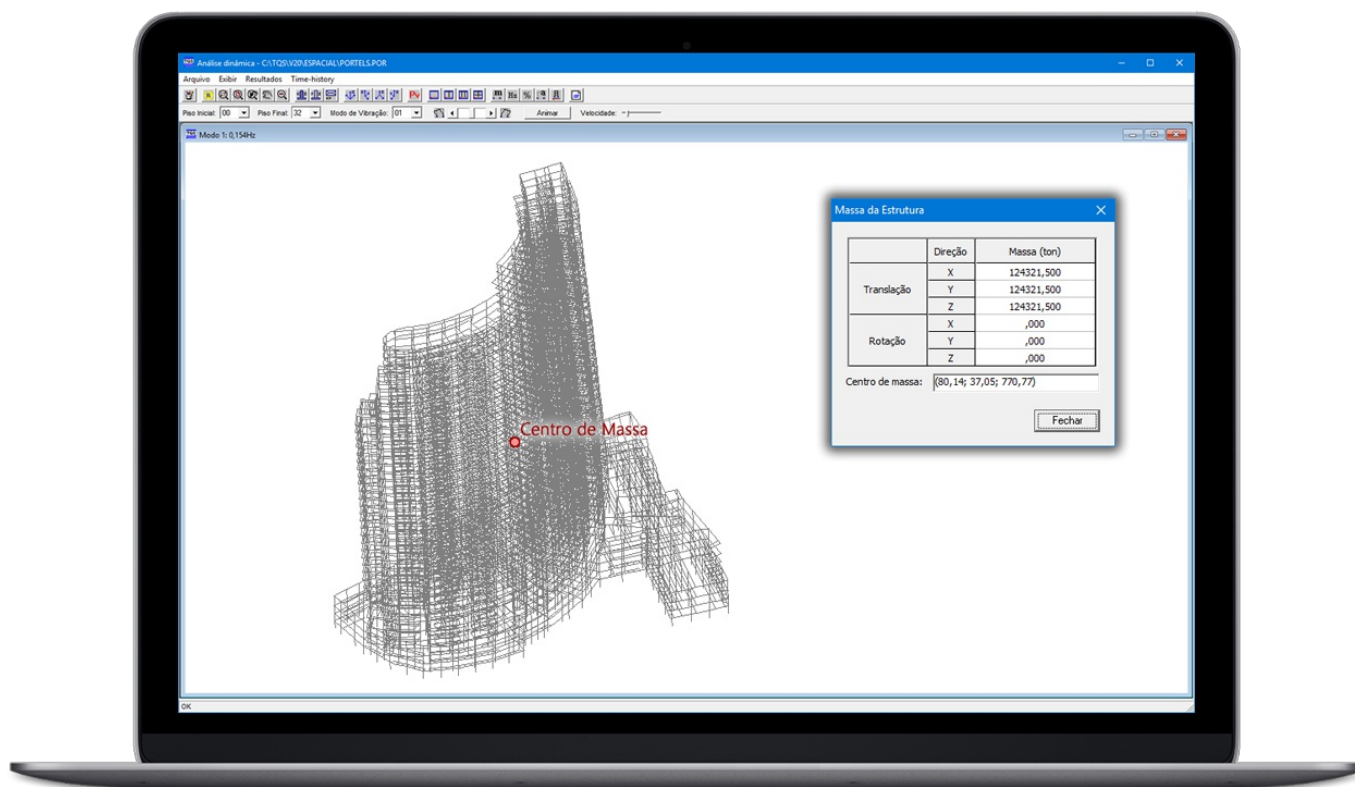
Não é necessário efetuar o recálculo quando o tipo de diagrama (deslocamento, velocidade e aceleração) for alterado ou a direção (X, Y, Z) for modificada. Nos demais casos (alteração de combinação, nó, tempos, etc.) é obrigatório clicar no botão "Calcular" para que os resultados sejam atualizados.

Na representação do diagrama de resultados no tempo, é possível definir um multiplicador para largura do gráfico, bem como suprimir os valores junto das curvas.

Para salvar o diagrama num arquivo de desenho (DWG), basta clicar o botão direito do mouse sobre a janela gráfica e escolher a opção "Salvar como DWG...".

Centro de massa

A partir do TQS V20, o visualizador de análise dinâmica, existente dentro do sistema de Pórtico Espacial, passou a permitir a visualização do centro de massa de toda a estrutura. Esta informação é útil para o avaliador/consultor de dinâmica ou ainda para o próprio engenheiro encarregado do projeto.



Funcionamento

Para visualizar o centro e massa, e seus dados, dentro do visualizador de análise dinâmica, execute:

"Modelador" - "Dados do pilar" - "Pórtico";

"Gerenciador" - "Pórtico" - "Critérios" - "Critérios Gerais" - "Pilares" - "Molas de fundação";