

## Desaprumo Global x Casos de Vento

Mensagens enviadas à Comunidade TQS

### Mensagem 1

O TQS informa:

**“Os esforços adicionais devido ao desaprumo estimado dos elementos verticais é superior aos de vento. Será necessário criar um ou mais carregamentos adicionais para simular estes esforços.”**

Gostaria de saber exatamente, melhor seria com exemplo, como os colegas criam tais "carregamentos adicionais". Tenho encontrado dificuldade entre norma e programa para a criação deles.

### Mensagem 2

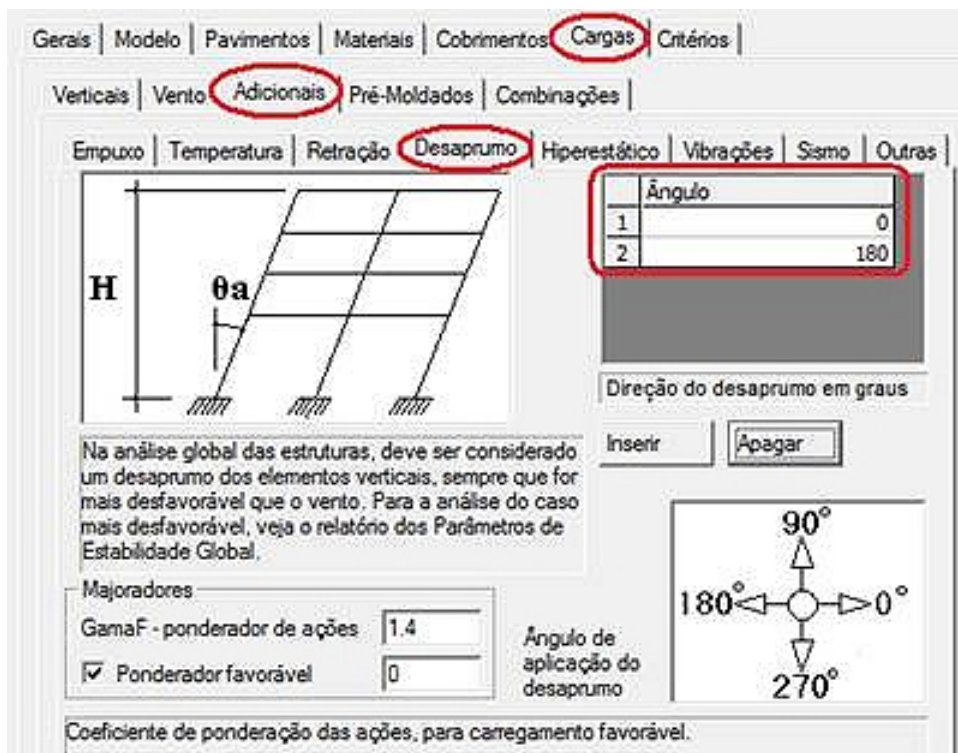
A NBR-6118:2003 diz o seguinte:

#### “11.3.3.4.1 Imperfeições globais

**O desaprumo não deve necessariamente ser superposto ao carregamento de vento. Entre os dois, vento e desaprumo, deve ser considerado apenas o mais desfavorável, que pode ser definido através do que provoca o maior momento total na base de construção.”**

Trocando em miúdos – no TQS:

Consideramos somente o carregamento de vento para as combinações de ELU e ELS de modo automático. Quando o momento do desaprumo na base da edificação (Mig) for maior do que o momento do vento (M1), precisamos adicionar manualmente os esforços de desaprumo na edição do edifício, somente nas direções onde isto ocorre:



Na análise global das estruturas, deve ser considerado um desaprumo dos elementos verticais, sempre que for mais desfavorável que o vento. Para a análise do caso mais desfavorável, veja o relatório dos Parâmetros de Estabilidade Global.

Ângulo	
1	0
2	180

Direção do desaprumo em graus

0° 90° 180° 270°

Angulo de aplicação do desaprumo

Majoradores

GamaF - ponderador de ações 1.4

Ponderador favorável 0

Coefficiente de ponderação das ações, para carregamento favorável.

Uma observação relevante: A troca do carregamento de vento pelo carregamento de desaprumo implica em trocar um carregamento variável por um permanente e conseqüentemente desconsiderar o GamaZ (não temos carregamento de vento).

Como dica, você poderia considerar os carregamentos de vento das direções onde o desaprumo é maior – 0° e 180° no exemplo acima - com valores de velocidade bem menores do que as isopleias indicam.

Mas qual seria a vantagem de se considerar um valor pequeno de vento?

Primeiro: os esforços de vento nas direções de desaprumo seriam insignificantes – seria como considerar o desaprumo e desconsiderar o vento.

Segundo e mais importante: você tem o cálculo do GamaZ para estimar a rigidez da estrutura e tem também o cálculo do FAE (Fato de Amplificação de Esforços) para considerar esforços de segunda ordem – veja os comentários do Nelson na mensagem de 13/03/2008: GamaZ.

Terceiro: Como sabemos, não adianta diminuir o valor do vento, o GamaZ continua o mesmo!

Quarto: Quando o desaprumo dá valores maiores do que o "vento", geralmente, a edificação é baixa e com muita carga vertical. Considerar uma carga de vento pequena (para levar em conta o FAE), não vai onerar a sua estrutura.

Abraços,

Herbert

## Mensagem 3

Caro Herbert,

O desaprumo também fica maior quando têm-se uma edificação muito longa em relação a altura, é o meu caso atual: Uma fachada quase quadrada.

Agora minhas dúvidas: Você deve ter lido a mensagem do Prof. Laranjeiras. É exatamente aquilo que deve ser feito. Eu já sabia e agora tenho certeza: nunca vi o mestre dizer asneiras.

A primeira dúvida é se o programa coloca essa combinação de cargas automaticamente. Entendi que o vento não deve ser simplesmente ser desconsiderado, por uma questão de controle da estabilidade global, mas como posso considerar velocidades diferentes para cada ângulo do vento? O desaprumo é maior só no sentido 0/180.

## Mensagem 4

Desculpe, achei que o desaprumo era maior em todas as direções de vento e acabei mostrando o desaprumo em apenas no sentido 0 / 180.

A dica anterior, diminuir o valor da velocidade do vento, só vale para o caso onde o desaprumo é maior em todas as direções.

No seu caso, onde o desaprumo é maior em apenas no sentido 0 / 180, o truque é diminuir o coeficiente de arrasto nas respectivas direções para que os esforços de vento continuem pequenos.

Todas as combinações de ELU são geradas automaticamente levando em conta este novo carregamento, mesmo quando há diminuição de sobrecargas devido às repetições de pavimentos, ou mesmo para a consideração das vigas de transição com inércia alterada.

Você ainda pode, no caso do desaprumo, utilizar um ponderador favorável para ser utilizado nas combinações: este ponderador é mutuamente exclusivo com o Gama f, ou seja, ora as combinações são montadas somente com o Gama f, ora são montadas somente com o ponderador favorável.

Você poderá visualizar as combinações nos "Parâmetros de estabilidade global" após o processamento do pórtico ou na edição do edifício "Cargas - Combinações - Listar combinações".

Quanto à mensagem do Prof. Laranjeiras, não tenho comentários. Só tenho que agradecer às explicações límpidas do Mestre.

Abraços,

Herbert

## Mensagem 5

Acho que não preciso agradecer pela presteza Já é uma constante esperada. Valeu!

Parece que é de boa técnica perder (ganhar) um pouco de tempo quando acontece isso: Rodei o prédio com os ventos da norma e também sem os ventos mas com desaprumo. Comparando assim os resultados fica-se com um controle ótimo do que está acontecendo.

## Mensagem 6

Ao contrário do raciocínio que vocês empregaram até aqui, onde a idéia é reduzir o vento e combina-lo ao concomitante desaprumo global em uma determinada direção, sugiro algo mais simples:

**AUMENTAR A CARGA DE VENTO e desprezar os desaprumos globais.**

O Item 11.3.3.4.1 da NBR6118:2003 tem a seguinte prescrição:

**O desaprumo não deve necessariamente ser superposto ao carregamento de vento. Entre os dois, vento e desaprumo, pode ser considerado apenas o mais desfavorável, que pode ser definido através do que provoca o maior momento total na base de construção.**

Esta foi uma das maiores canjas que a NBR6118 nos deu, visando manter a viabilidade das estruturas, perante as hipóteses de carregamento que não são constantes no nosso dia a dia.

A Engenharia tem que prever e considerar todos os carregamentos que possam atuar sobre as nossas estruturas, mas no caso de desaprumo global, caso ele ocorra, é possível, depois de detectado, se efetuar reforços estruturais que mantenham a capacidade resistente da estrutura para o resto da sua vida.

Este deve ter sido o raciocínio (correto) dos engenheiros que elaboraram a nossa norma. Na época, inicialmente até discordei do conceito, já que o desaprumo em tese seria um carregamento permanente e o vento variável, mas depois de analisar alguns edifícios com problemas reais de desaprumo, hoje concordo plenamente com as prescrições deste item 11.3.3.4.1.

Então, voltando à prática de projetos, considerem sempre uma ação horizontal com boa intensidade, porque temos sempre que preparar as nossas estruturas para resistir a ações horizontais. Nunca devemos desprezar a atuação de forças horizontais, principalmente em edificações baixas, galpões, lojas, casas, e mesmo em estruturas abaixo do nível do solo, comum de periferias de edifícios.

Quando tenho um edifício baixo, mesmo que seja um setor de periferia de apenas um subsolo, aplico uma ação de vento, porque ela será pequena, facilmente absorvida pela estrutura, e terei calculado e considerado os efeitos de 2ª ordem globais (com  $\gamma_z$  e FAE2ª ou PDelta), que são automaticamente calculados quando temos casos de vento em uma determinada direção.

Quando adotamos apenas desaprumos em uma determinada direção, o Sistema TQS não calcula os efeitos de 2ª ordem globais em análises lineares com  $\gamma_z$  e FAE nas combinações.

**Então, para o uso corrente do TQS:**

1) Utilizar MODELO IV

2) Após o processamento global avaliar o relatório de parâmetros de estabilidade global, no gerenciador do Pórtico-TQS, no trecho:

Parâmetro de estabilidade (GamaZ) para os carregamentos simples de vento									
Caso	Ang	CTot	M2	CHor	M1	Mig	GamaZ	Alfa	Obs

5	90.	3982.3	18.6	42.1	873.1	220.9	1.028	.476	
6	270.	3982.3	18.6	42.1	873.1	220.9	1.028	.476	
7	0.	3982.3	2.9	23.6	470.4	220.9	1.028	.162	
8	180.	3982.3	2.9	23.6	470.4	220.9	1.028	.162	

Se o somatório de momentos de 1ª ordem provocados pelo vento (M1) for menor que o Somatório de momentos de desaprumo global (Mig),  **aumente a carga de vento**, podendo manipular diretamente os coeficientes de arrasto.

Como o programa aplica cargas de vento apenas acima do pavimento como classe térreo, se o edifício for enterrado, engane o sistema nos dados do edifício, e não utilize como classe de pavimento TÉRREO. Quando não temos térreo, o programa gera o pórtico espacial aplicando forças horizontais de vento a partir da fundação.

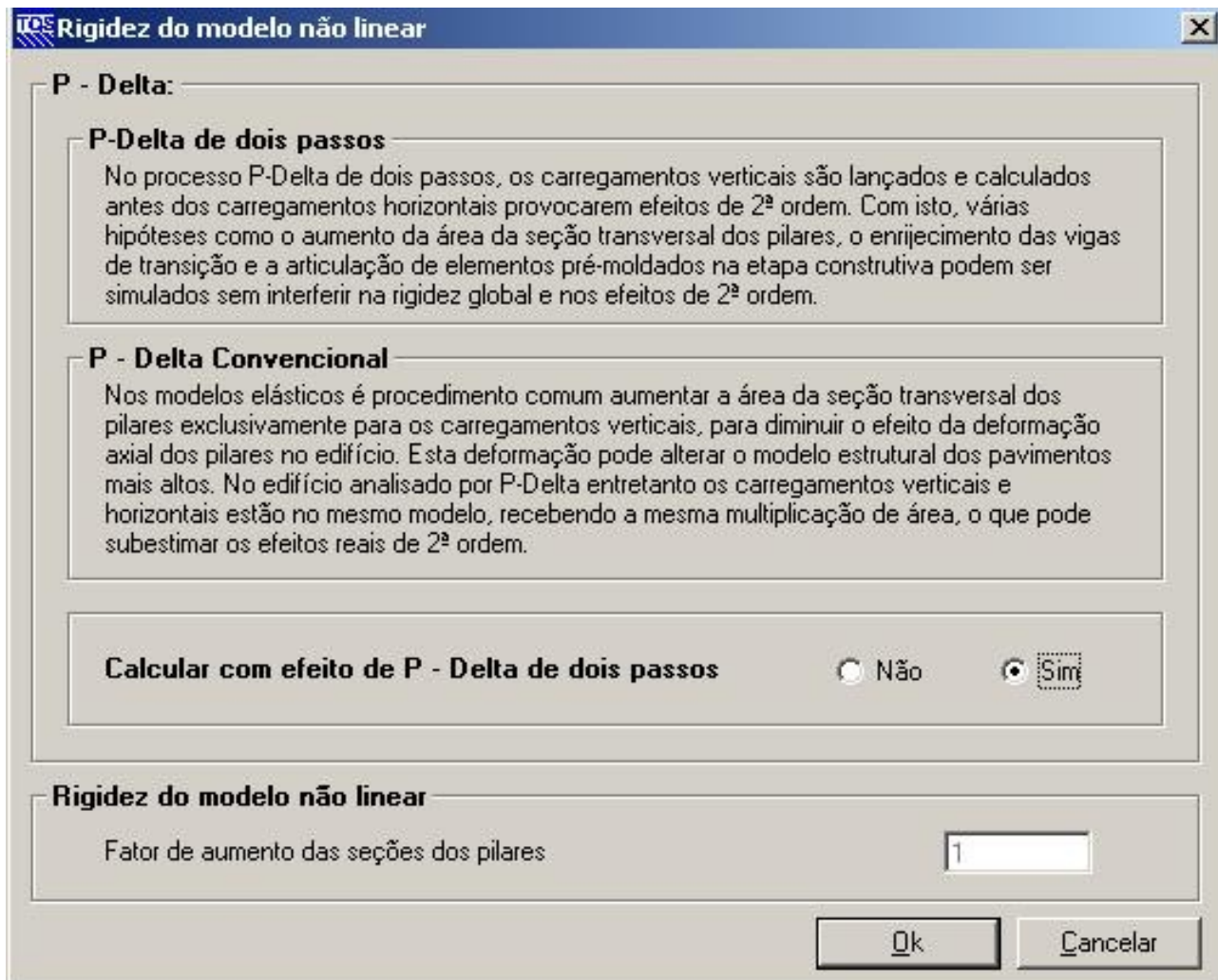
Processe novamente até que o M1 se torne superior ao Mig neste relatório.

3) Se o usuário preferir adotar casos de desaprumo, é necessário adotar processo P-Delta para a obtenção de esforços.

Aconselho fortemente a utilização da versão 13 neste caso, com a adoção de processamento não linear em dois passos.

Para ativar a geração do pórtico espacial com P-delta em dois passos vá ao menu:

Pórtico-TQS - Editar - Critérios . Critérios Gerais - P-Delta - Rigidez do modelo não linear



Um abraço a todos,

## Mensagem 7

Caro Aurélio,

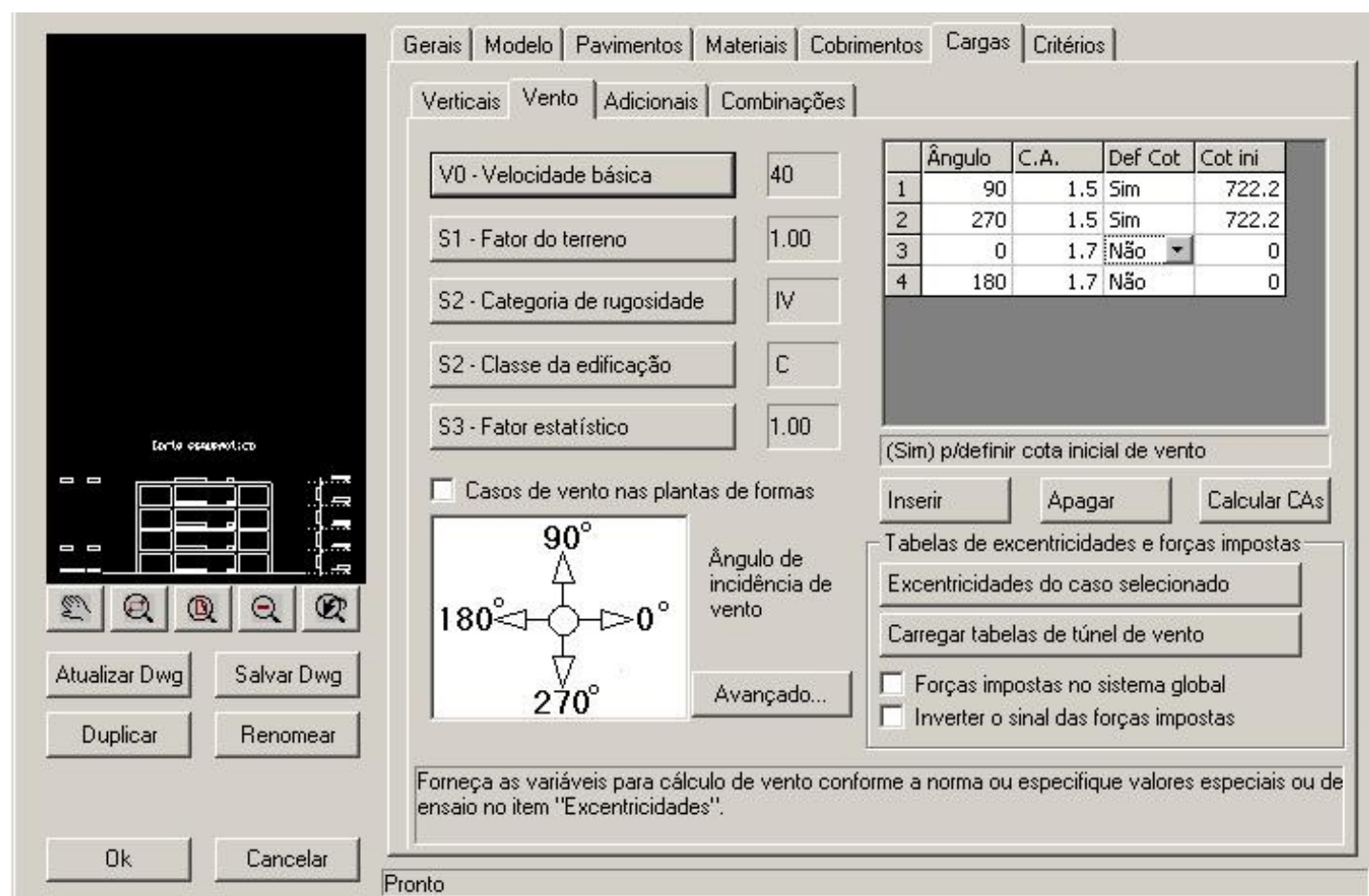
Entendi, e é uma boa idéia. Só tenho um questionamento: Considerar o térreo no primeiro nível complica quando o desaprumo só é maior em uma direção e o vento em outra. Não poderemos considerar o nível do térreo em uma direção diferente do da outra.

## Mensagem 8

A idéia de descer o térreo realmente só é importante quando o assunto é de se aumentar a carga de vento para tornar os esforços totais de vento superiores aos de desaprumo global.

Podemos, quando temos edifícios onde em uma direção a face exposta ao vento é muito estreita, que é o caso que você deve estar mencionando, adotar o seguinte macete:

- 1) Nos dados do edifício, não definir pavimento com CLASSE TÉRREO
- 2) Nos dados de cargas de vento, estabelecer, em cada direção de vento a cota inicial a partir do qual o vento será aplicado no pórtico espacial, conforme esta ilustrado na figura abaixo:



No exemplo, vamos imaginar que o Mig estava superior ao M1d nas direções 0° e 180°, e então, eliminando-se a classe térreo nestas direções, o vento passa a ser aplicado a partir da fundação, enquanto que nas direções 90° e 270° considera-se a cota inicial do vento no nível onde esta realmente o térreo, no caso a cota 722,2m (compatibilizada com a cota inicial do edifício).

A definição de cota inicial para aplicação da carga de vento também é importante quando temos edifícios em encostas, onde, em algumas direções o vento só atua em cotas acima da encosta e na face que esta exposta na

encosta a partir da fundação.

PS: A cota inicial do edifício é definida no menu GERAIS - AVANÇADO na edição de dados do edifício.

Um abraço a todos,

Luiz Aurélio

TQS Informática Ltda