

Viga alavanca - Molas - Sapata de divisa

Mensagem 1

Sou novo no sistema TQS, e estou no 1o. projeto. Gostaria de um roteiro para lançamento de viga alavanca (de equilíbrio) com sapata na divisa, com uma certa urgência, se alguém puder me ajudar.

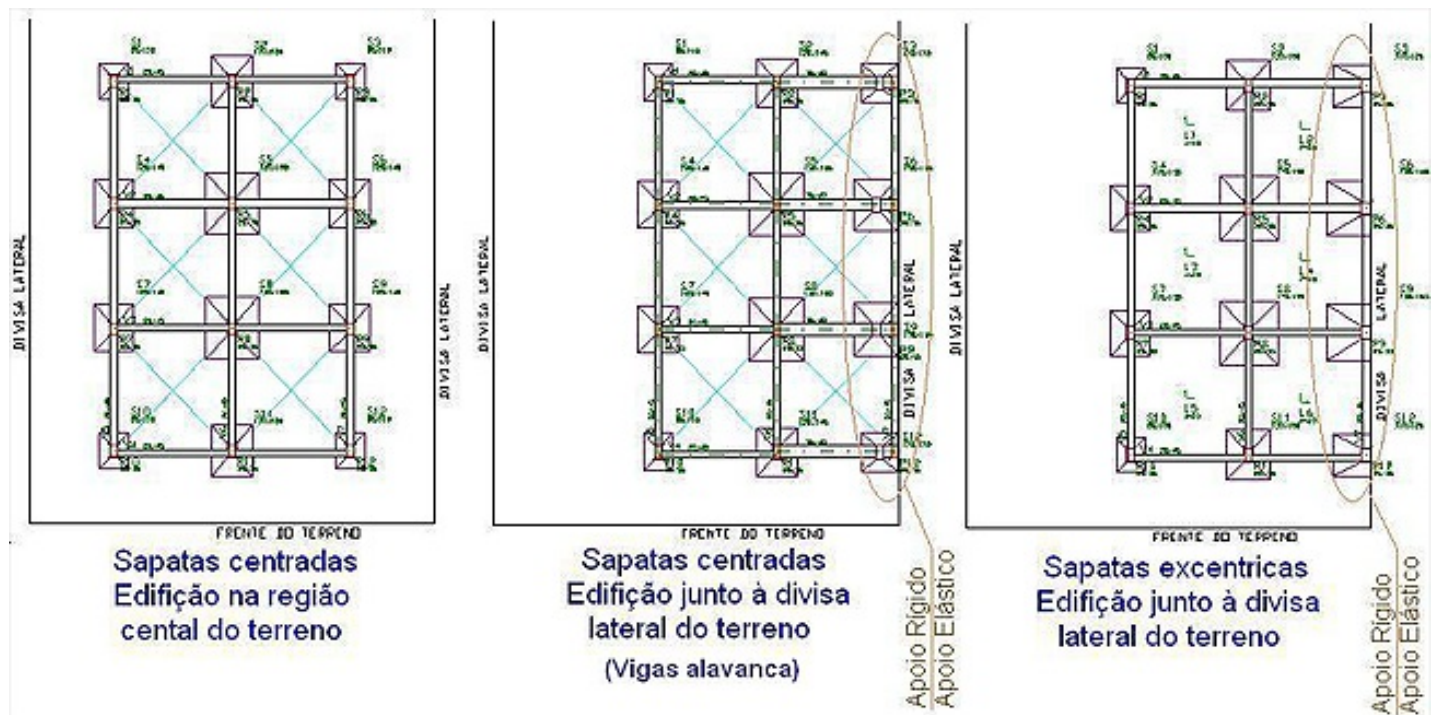
Exemplo: Pilar de divisa com + ou - 50 tf - viga alavanca com 3,50m até a divisa. Eu lancei pelo modelador, porém sem viga alavanca, mas deu uma sapata de 120cm de altura e 300cm de largura, todas as sapatas que lancei tem erros mas não consigo nunca eliminar os erros graves e médios, preciso de apoio com um roteiro se possível.

Mensagem 2

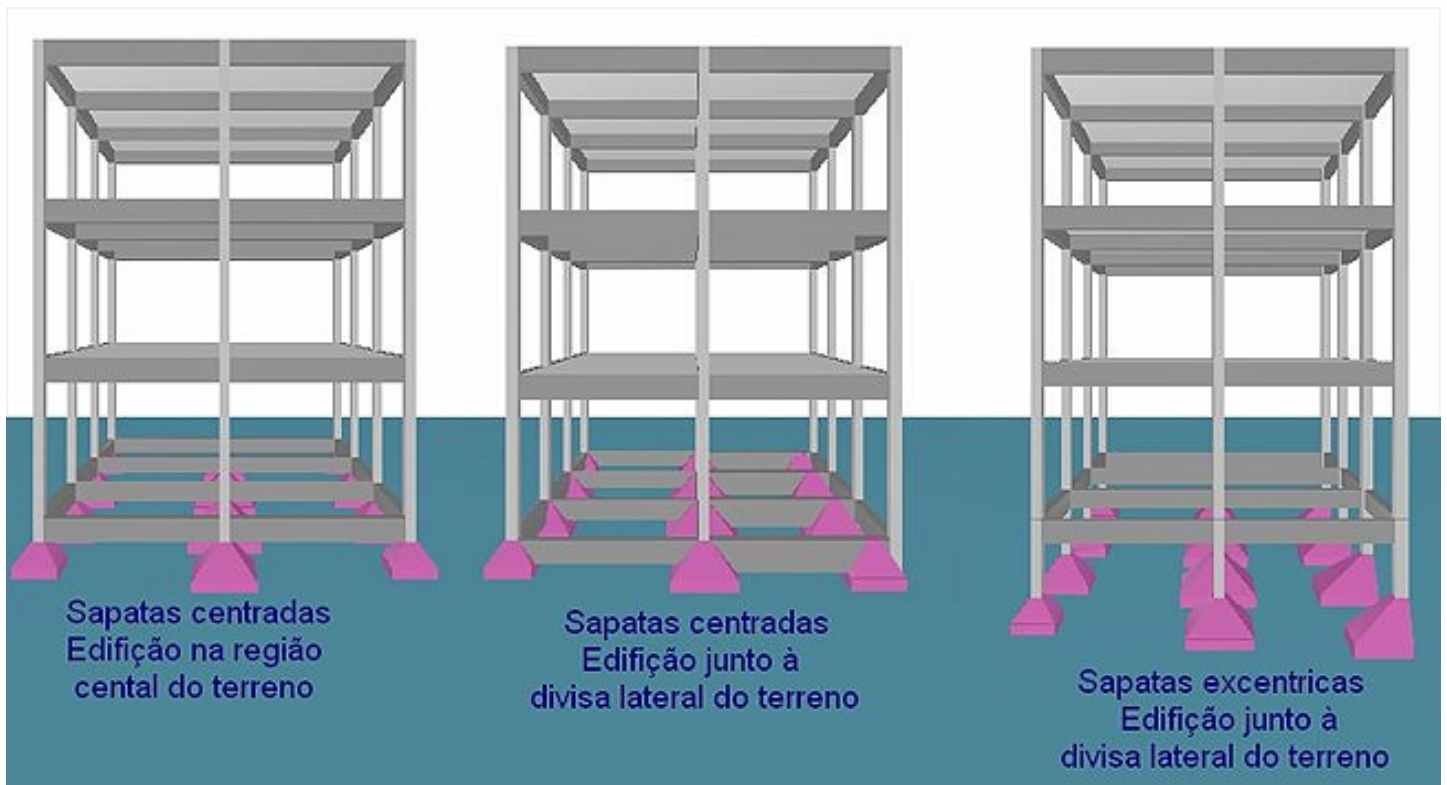
Para atender a solicitação do nosso colega Eng. Braun, já me desculpando pela falta de urgência, vamos novamente abordar o assunto “molas” nos elementos de fundação.

Desta vez as molas estarão relacionadas com as sapatas e, também, vigas alavancas.

Dentro das inúmeras possibilidades de projetos, vamos abordar três soluções distintas para um mesmo projeto:



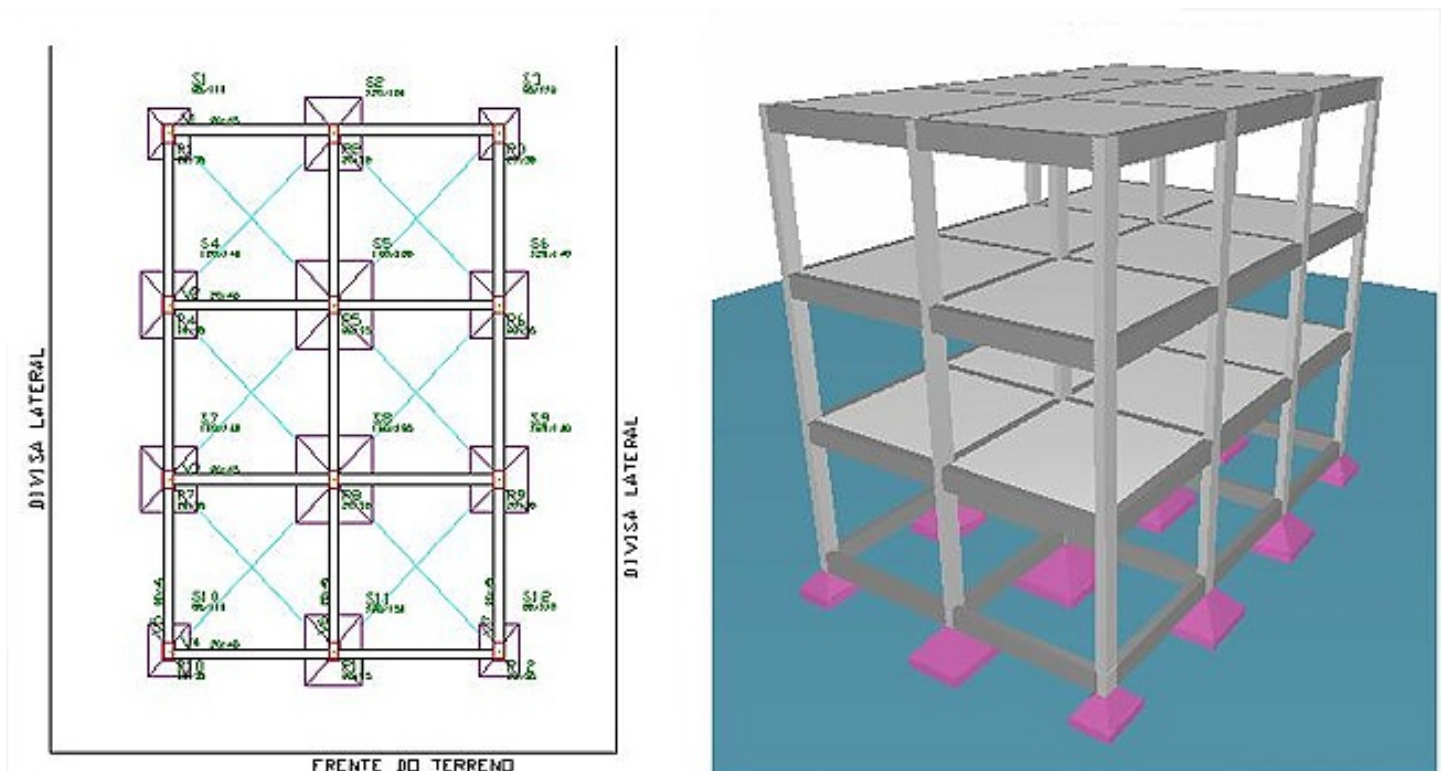
Em duas destas três soluções apresentadas, vamos estudar as condições da estrutura quando apoiadas em sapatas consideradas como apoios (apoio rígido) engastados e quando apoiadas em sapatas com a definição dos coeficientes de molas para rotação em torno dos eixos x e y (apoio elástico).



Para todas as soluções que serão apresentadas para o projeto, vamos adotar uma tensão no solo de $2,5 \text{ kgf/cm}^2$ e em geral, as dimensões das bases das sapatas serão definidas pela relação uniforme da força normal na base dos pilares e a tensão no solo.

Primeiro Exemplo

Vamos começar com uma situação mais confortável de projeto onde a edificação estará na região central do terreno, portanto longe das divisas.



Neste caso as sapatas estão todas centradas e não houve a necessidade da definição "a priori" das molas (translação e/ou rotação) para as sapatas, pois os resultados apresentaram valores de forças normais e momentos fletores coerentes com as dimensões das sapatas.

Na tabela abaixo estão relacionadas as sapatas, bem como as dimensões da base, as condições de vínculos dos

apoios no modelo de pórtico espacial, as tensões calculadas e a listagem de um dos casos verificado na envoltória de carregamentos.

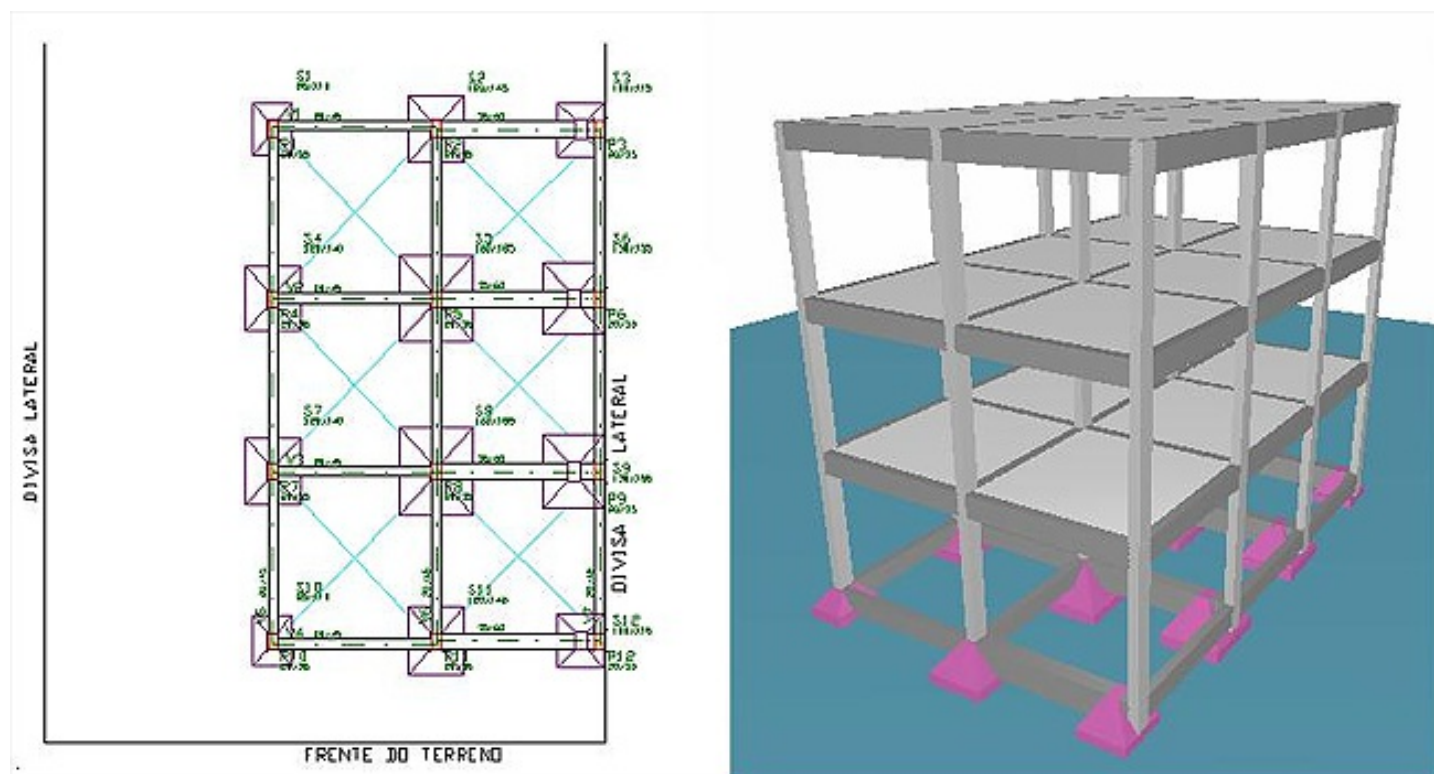
Projeto para sapatas centradas – Edificação na região cental do terreno				
Sapata	Área da base XY (cm)	Coefficiente de mola rotação X / rot Y	Tensão máx - méd (Kgf/cm ²)	Solicitações (tf,m)
S1=S10	85/110	Engastado	3,2 - 1,9	N=17,1 Mx=1,2 My=1,0
S2=S11	120/150	Engastado	2,1 - 2,0	N=33,2 Mx=1,2 My=0,9
S3=S12	85/100	Engastado	3,2 - 1,9	N=17,1 Mx=1,2 My=1,0
S4=S7	120/140	Engastado	2,5 - 1,9	N=30,2 Mx=0,8 My=0,9
S5=S8	160/185	Engastado	2,1 - 2,0	N=56,4 Mx=0,8 My=0,9
S6=S9	120/140	Engastado	2,4 - 1,9	N=30,2 Mx=0,8 My=0,9

Conforme esperado as tensões médias não ultrapassaram a tensão admissível do solo e também as verificações de área comprimida, tombamento e deslizamento ficaram OK.

Segundo Exemplo

Vamos para uma segunda opção de solução estrutural para nossa edificação. Desta vez a edificação estará junto à divisa a direita. Para continuarmos com as sapatas todas centradas, serão necessárias vigas alavancas, funcionando como barra de equilíbrio.

Já prevendo importantes solicitação de momento fletor e força cortante nas vigas alavancas, vamos alterar as seções das vigas, sendo a seção de 20/45cm entre o primeiro e o segundo pilar e a seção de 35/60cm entre o segundo e o terceiro pilar.



É importante destacar que continuamos com todas as sapatas consideradas como apoios rígidos, ou seja valores default na definição dos dados das sapatas no Modelador estrutural.

Dados de fundações [X]

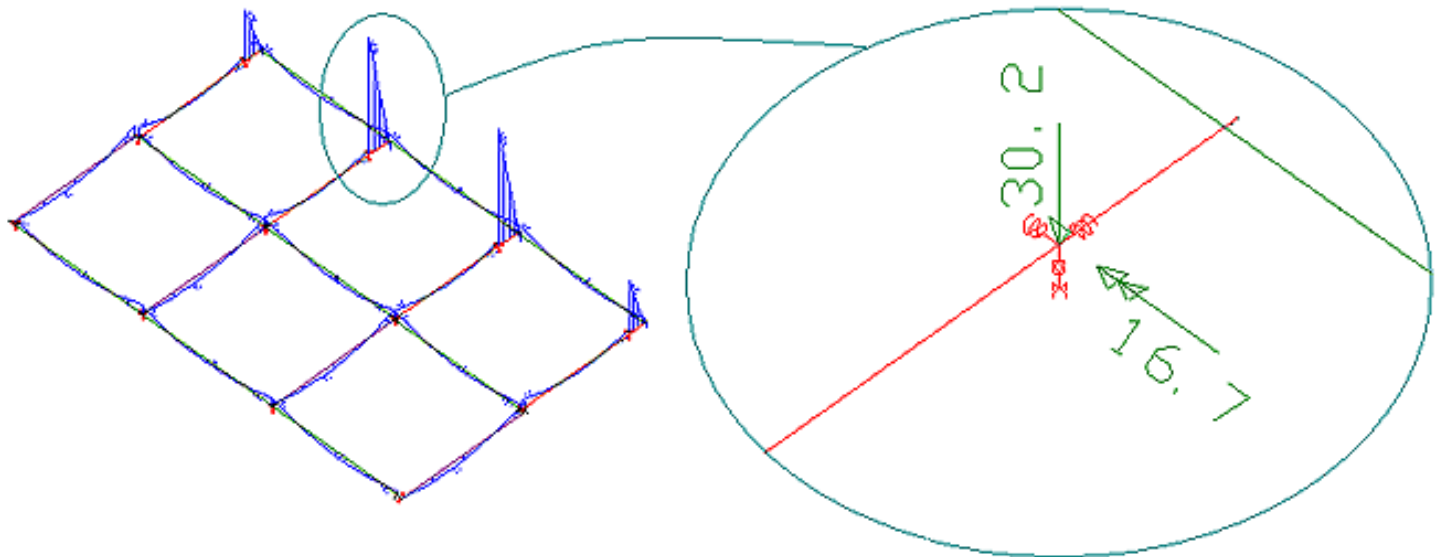
Identificação | Seção | Grelha/Pav | Pórtico | Detalhamento

Coeficientes de mola

	Padrão	Articulado	Elástico	Recalque	
Coef mola rotação X	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola rotação Y	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola rotação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola translação X	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola translação Y	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola translação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0

OK Cancelar

Analisando os diagramas no visualizador do pórtico espacial, constatamos que devido a excentricidade entre o pilar junto à divisa e o centro de apoio da sapata surgem importantes solicitações de momento fletores na viga alavanca e que em função da rigidez do apoio (sapata) todo este momento “fica” no apoio.



Diante dos resultados, percebemos que se aumentarmos as dimensões das sapatas até que estas tenham condições de suportar tais solicitações, isto seria impraticável.

Projeto para sapatas centradas – Edificação junto à divisa lateral do terreno				
Sapata	Área da base X/Y (cm)	Coeficiente de mola rotação X / rot Y	Tensão máx - méd (Kgf/cm ²)	Solicitações (tf,m)
S1=S10	85/110	Engastado	3,5 / 2,0	N=16,9 Mx=2,0 My=1,5
S2=S11	120/145	Engastado	2,2 / 2,0	N=33,4 Mx=1,9 My=1,5
S3=S12	110/115	Engastado	11,2 / 7,7	N=18,1 Mx=8,23 My=0,6
S4=S7	120/140	Engastado	2,5 / 1,9	N=29,3 Mx=2,0 My=1,3
S5=S8	160/185	Engastado	2,1 / 2,0	N=56,9 Mx=1,9 My=1,4
S6=S9	130/155	Engastado	8,7 / 5,5	N=30,2 Mx=16,7 My=0,3

É exatamente aqui que começam a surgir os questionamentos:

Que momentos são estes?

Nunca considerei estes momentos, porque agora tenho que considerá-los?

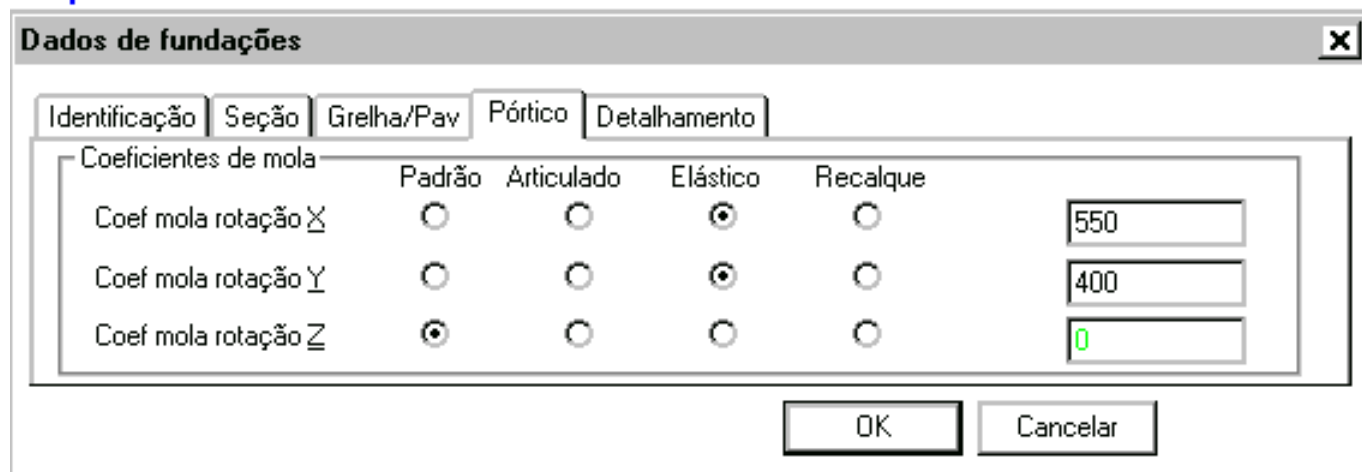
Se não posso desprezar estes momentos, o que eu preciso fazer com eles?

Se os apoios foram definidos como rígidos, os momentos existem, não podemos simplesmente desprezá-los.. O que precisamos fazer é impor uma condição especial ao modelo estrutural que reflita melhor o seu comportamento real, ou seja, impor condições de vínculos especiais aos apoios (sapatas) junto à divisa lateral.

Uma outra opção seria a articulação completa dos vínculos nos apoios, porém sabemos que efetivamente, parte do momento fletor causado pela excentricidade do apoio, será absorvido pelo apoio (sapata) dependendo da sua rigidez.

Vamos então impor os coeficientes de mola a rotação para as sapatas junto à divisa lateral.

Sapatas S3 e S12

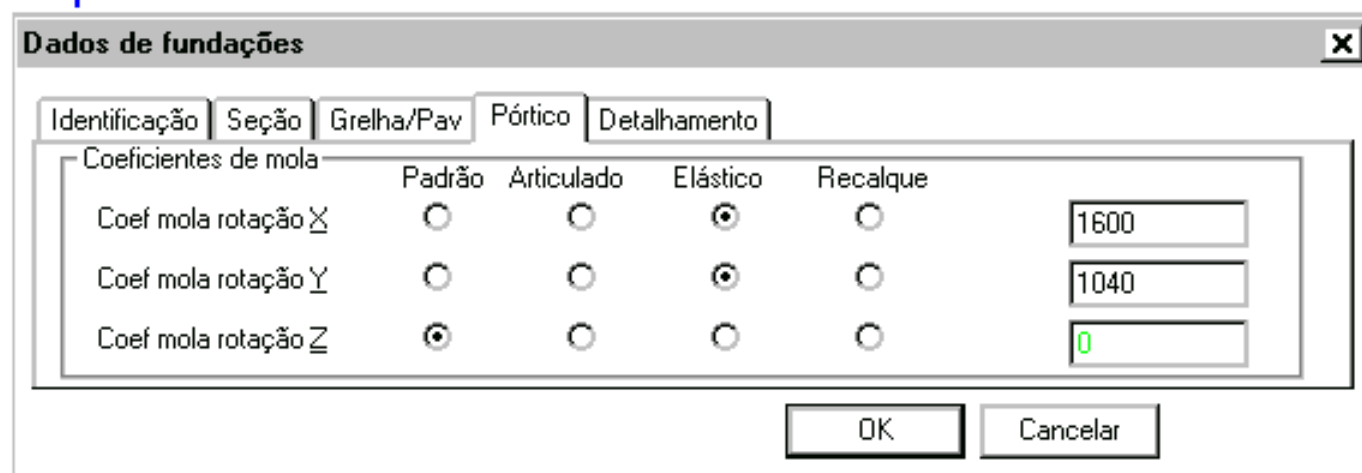


Coeficientes de mola	Padrão	Articulado	Elástico	Recalque
Coef mola rotação X	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coef mola rotação Y	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coef mola rotação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

550
400
0

OK Cancelar

Sapatas S6 e S9

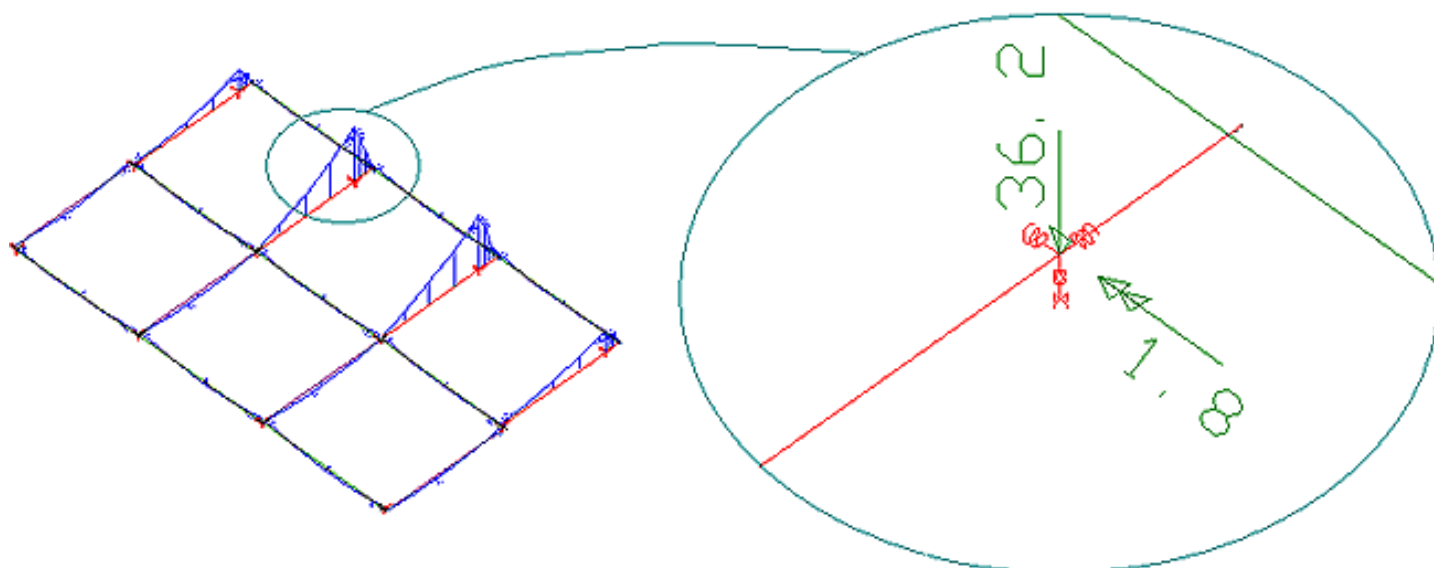


Coeficientes de mola	Padrão	Articulado	Elástico	Recalque
Coef mola rotação X	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coef mola rotação Y	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coef mola rotação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

1600
1040
0

OK Cancelar

Após a realização de um novo processamento, acionando a visualização dos resultados no visualizador do pórtico espacial, encontramos diagramas muito mais coerentes com as condições de equilíbrio adotados para o modelo proposto, tanto para a viga alavanca, quanto para o apoio (sapata).

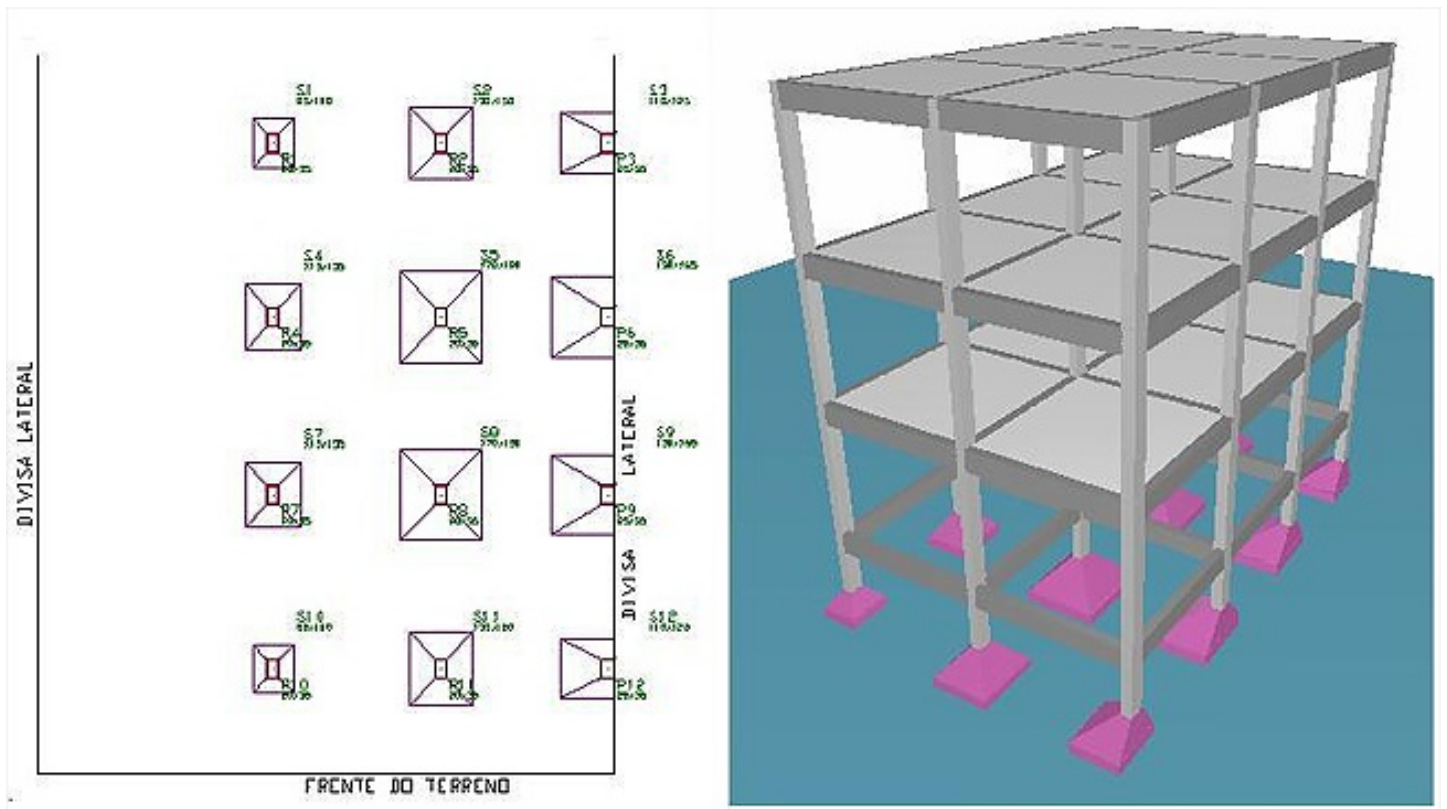


Vejamos os resultados obtidos. Os momentos nos apoios ficaram reduzidos a quase 1/10 do valor engastado. Com as molas aplicadas aos 4 apoios por onde passam as vigas alavancas, encontramos solução para o dimensionamento das sapatas com dimensões aceitáveis.

Projeto para sapatas centradas – Edificação junto à divisa lateral do terreno				
Sapata	Área da base X/Y (cm)	Coefficiente de mola rotação X / rot Y	Tensão máx - méd (Kgf/cm ²)	Solicitações (tf,m)
S1=S10	85/110	Engastado	2,8 / 1,9	N=17,2 Mx=0,9 My=0,3
S2=S11	120/145	Engastado	2,0 / 1,9	N=31,8 Mx=0,5 My=0,3
S3=S12	110/115	550 / 400	2,7 / 2,0	N=21,6 Mx=0,4 My=0,3
S4=S7	120/140	Engastado	2,3 / 1,9	N=29,9 Mx=0,9 My=0,2
S5=S8	160/185	Engastado	2,0 / 1,9	N=53,1 Mx=0,6 My=0,2
S6=S9	130/155	1600 / 1040	2,2 / 1,9	N=36,2 Mx=1,8 My=0,2

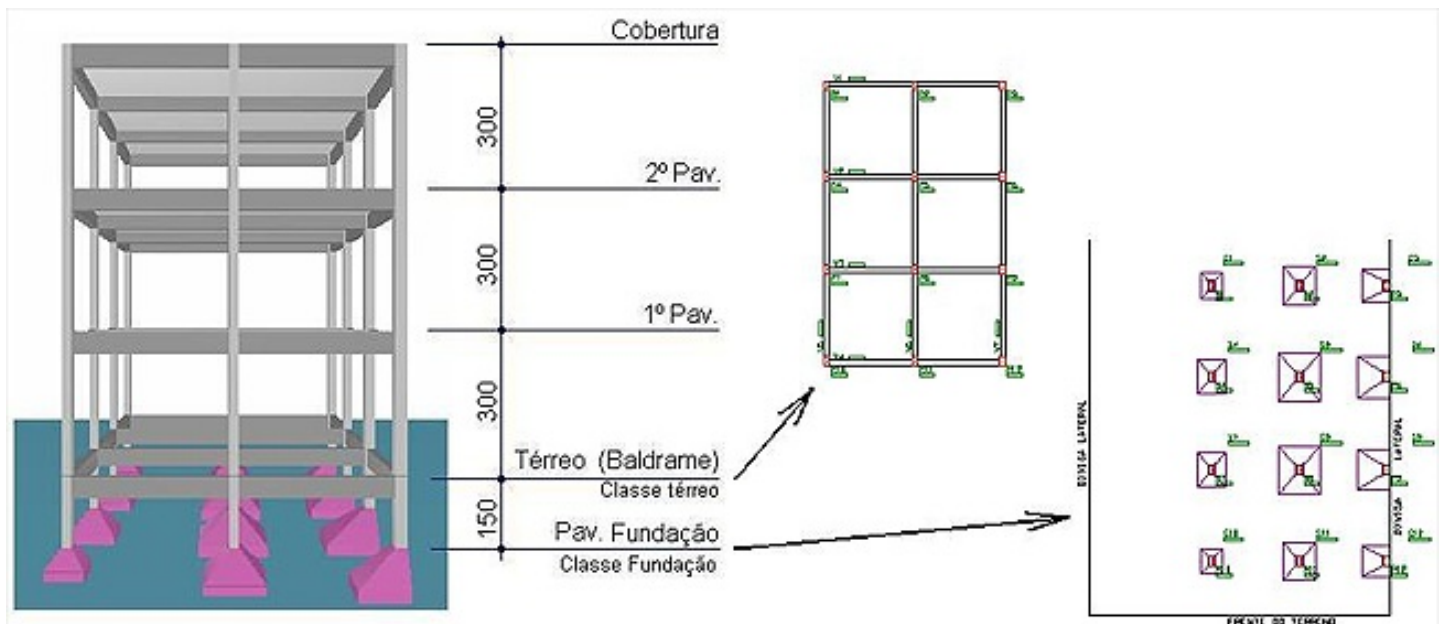
Terceiro Exemplo

Agora vamos para um terceiro exemplo. Para esta nova situação, novamente a edificação estará posicionada junto à divisa lateral do terreno, e para evitar a invasão do terreno vizinho, as sapatas serão definidas com excentricidades.



Vamos aproveitar para ilustrar a entrada de dados, em situações que precisamos definir as sapatas um pouco mais abaixo no nível das vigas baldrame.

Para estes casos, conforme a ilustração a seguir, definimos os pilares nascendo sobre as sapatas no pavimento "classe fundação" e as vigas baldrame no pavimento "classe térreo", especificamente para este caso 150 cm acima do pavimento "classe fundação".



Em um primeiro processamento para este novo modelo, adotaremos todos os apoios (sapatas) como apoios rígidos (engastados).

Dados de fundações X

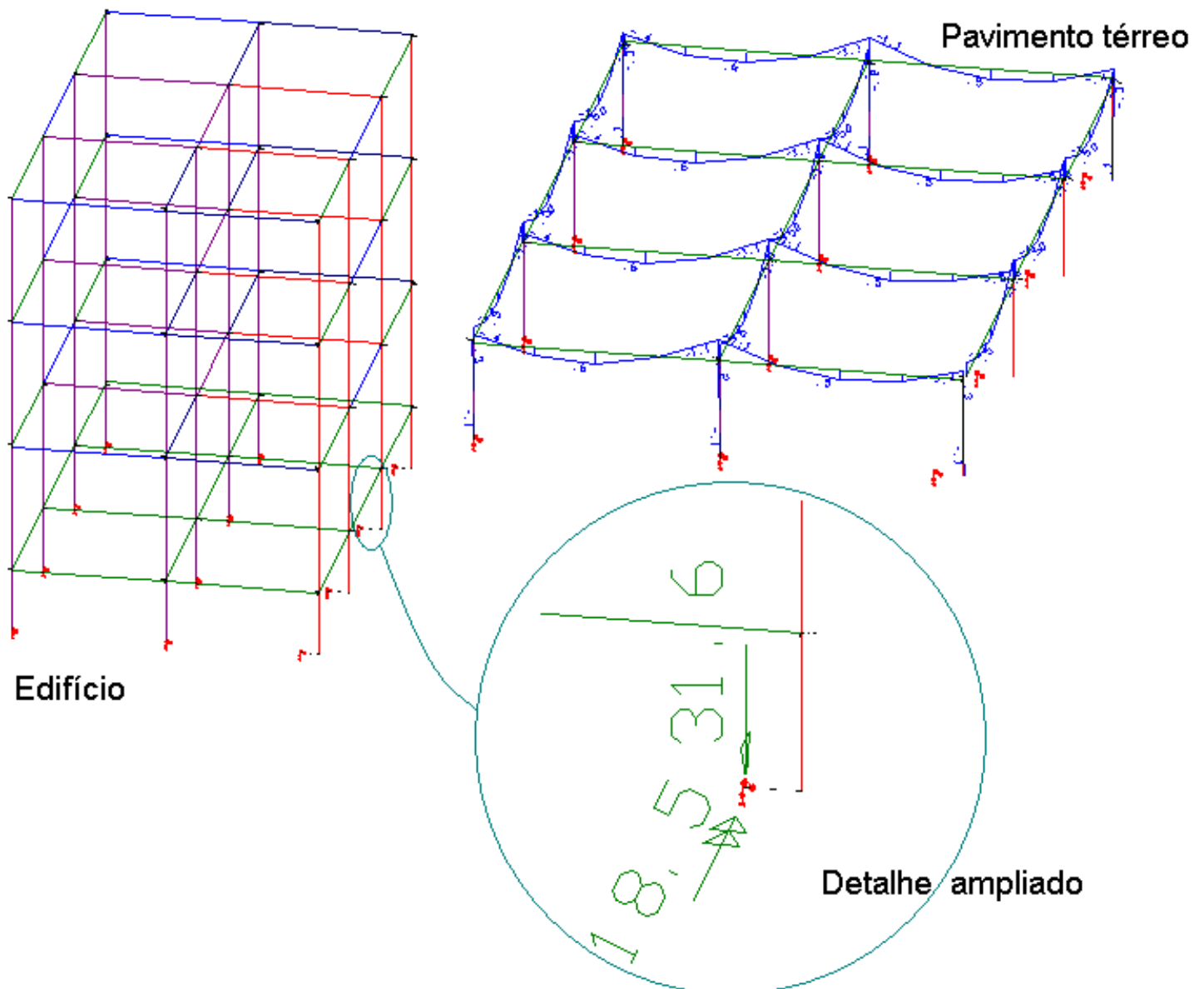
Identificação | Seção | Grelha/Pav | Pórtico | Detalhamento

Coeficientes de mola

	Padrão	Articulado	Elástico	Recalque	
Coef mola rotação X	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola rotação Y	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola rotação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola translação X	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola translação Y	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0
Coef mola translação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0

OK Cancelar

Analisando os diagramas no visualizador do pórtico espacial, podemos identificar coerentes diagramas de momentos fletores nas vigas do pavimento térreo (baldrame), assim como reações de apoio incompatíveis para as dimensões possíveis das sapatas projetadas.



Vamos novamente impor os coeficientes de mola a rotação para as sapatas junto à divisa lateral.

Sapatas S3 e S12

Dados de fundações ✕

Identificação | Seção | Grelha/Pav | Pórtico | Detalhamento

Coeficientes de mola

	Padrão	Articulado	Elástico	Recalque	
Coef mola rotação X	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	1200
Coef mola rotação Y	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	300
Coef mola rotação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0

OK Cancelar

Sapatas S6 e S9

Dados de fundações ✕

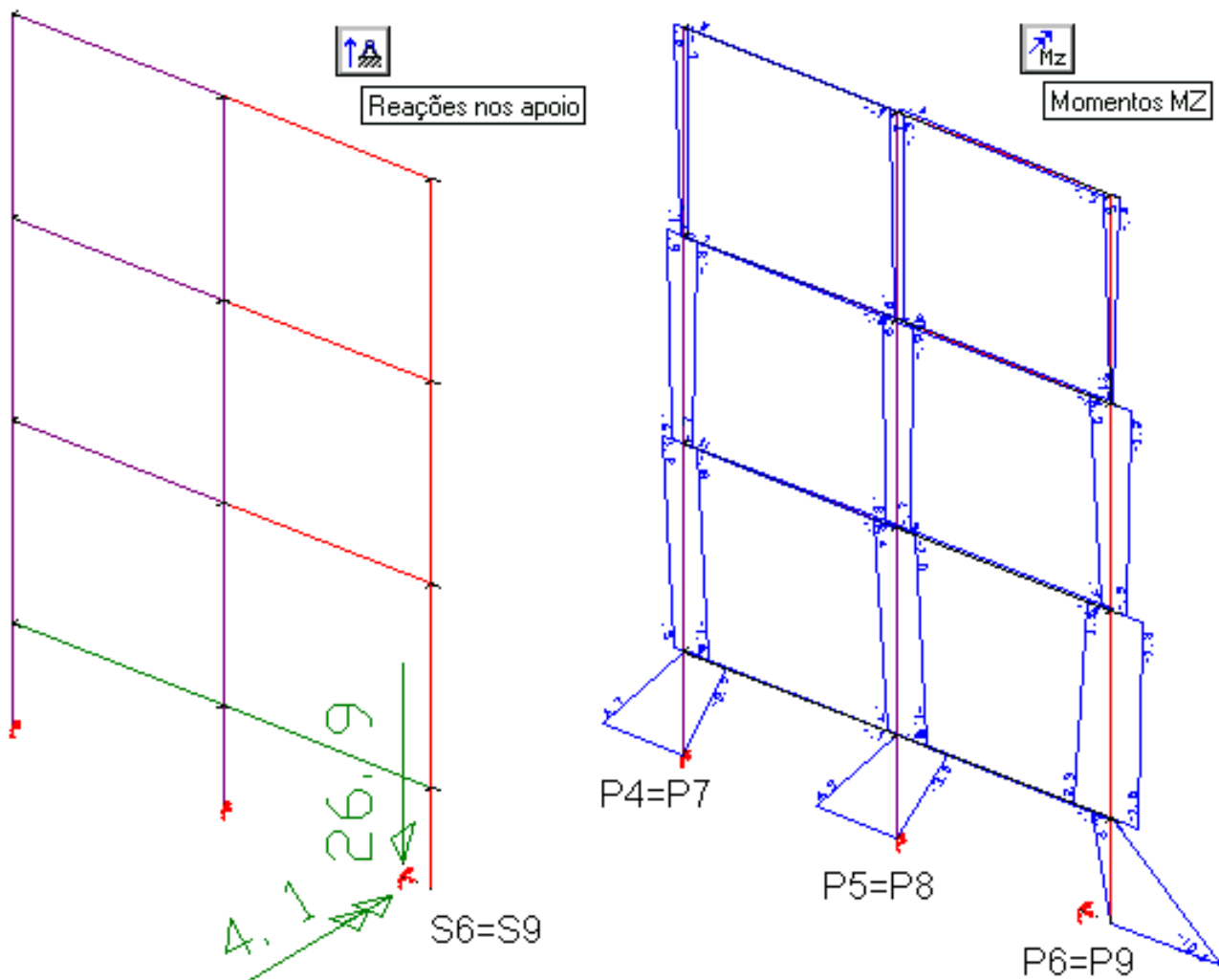
Identificação | Seção | Grelha/Pav | Pórtico | Detalhamento

Coeficientes de mola

	Padrão	Articulado	Elástico	Recalque	
Coef mola rotação X	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	1400
Coef mola rotação Y	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	500
Coef mola rotação Z	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0

OK Cancelar

Com os resultados obtidos dos processamentos realizados com a imposição das molas a rotação x e y para as sapatas excêntricas, podemos identificar no visualizador do pórtico espacial as reações de apoio, assim como também, podemos perceber que importantes solicitações de momentos fletores aparecem no primeiro lance dos pilares que estão posicionados junto à divisa lateral sobre as sapatas excêntricas. Estes momentos levam a necessidade de aumentar as seções destes pilares que inicialmente eram (20/35) cm e passaram para (25/35).



Na tabela abaixo estão relacionadas as sapatas, bem como, as dimensões da base, as condições de vínculos dos apoios no modelo de pórtico espacial (molas), as tensões calculadas e a listagem de um dos casos verificado na envoltória de carregamentos.

Projeto para sapatas excêntricas – Edifício junto à divisa lateral do terreno				
Sapata	Área da base X/Y (cm)	Coefficiente de mola rotação X / rot Y	Tensão máx - méd (Kgf/cm ²)	Solicitações (tf,m)
S1=S10	85/100	Engastado	2,9 / 2,0	N=16,5 Mx=4,1 My=1,0
S2=S11	130/150	Engastado	3,1 / 1,9	N=35,9 Mx=4,3 My=1,0
S3=S12	110/125	1200 / 300	3,8 / 1,9	N=20,3 Mx=1,9 My=0,5
S4=S7	120/140	Engastado	2,6 / 1,9	N=28,1 Mx=4,8 My=1,0
S5=S8	170/190	Engastado	2,8 / 2,0	N=61,4 Mx=5,0 My=1,0
S6=S9	130/165	1400 / 500	3,8 / 2,0	N=27,1 Mx=4,1 My=0,6

Como ainda não contamos com os sofisticados métodos de obtenção dos valores dos coeficientes de molas para as sapatas, o que podemos fazer é estimar de forma simplificada estes coeficientes de molas, tendo a consciência de nunca desprezar os momentos nos elementos de fundação, pois, eles estão sempre presentes e são redistribuídos conforme sua rigidez e nunca desprezados.

Precisamos encontrar valores para os coeficientes de molas compatíveis com as dimensões das sapatas e características do solo, de modo que estas suportem parte dos momentos fletores e a outra parte seja redistribuída para a estrutura. O equilíbrio das rigidezes a rotação entre a fundação, baldrame e pilar superior resultará nos valores dos momentos fletores compatíveis para cada elemento da estrutura. Isto resultará numa estrutura com dimensões usuais e viáveis economicamente, formando um equilíbrio do conjunto.

Pode-se observar portanto a importância da interação solo-estrutura. A determinação correta dos coeficientes de mola para os apoios, resultará na determinação adequada dos momentos fletores nas fundações. A capacidade resistente do solo deverá ser verificada para estas solicitações obtidas. No nosso exemplo, ficamos mais preocupados com os elementos da estrutura mas o solo é também um elemento fundamental para o sucesso do projeto global.

Atenciosamente.

Eng. Armando – Suporte TQS

Mensagem 3

Caro Armando,

Você pode encaminhar as plantas e os carregamentos do modelo estudado? É pra eu fazer a modelagem no software que utilizo, pois com a aula que você ministrou nesse e-mail (e que aula!) é uma boa oportunidade de estudo. Acredito que muita gente tem as três soluções na "cabeça" mas nunca as realizou e teve tão claramente os resultados da forma que você demonstrou aqui.

Mensagem 4

Segue abaixo as imagens das plantas de formas dos pavimentos Fundação, Tipo (3x) e Pé-direito 3m.

Sobrecargas para todas as vigas em todos os pavimentos $0.65 \text{ tf/m} + \text{PP}$

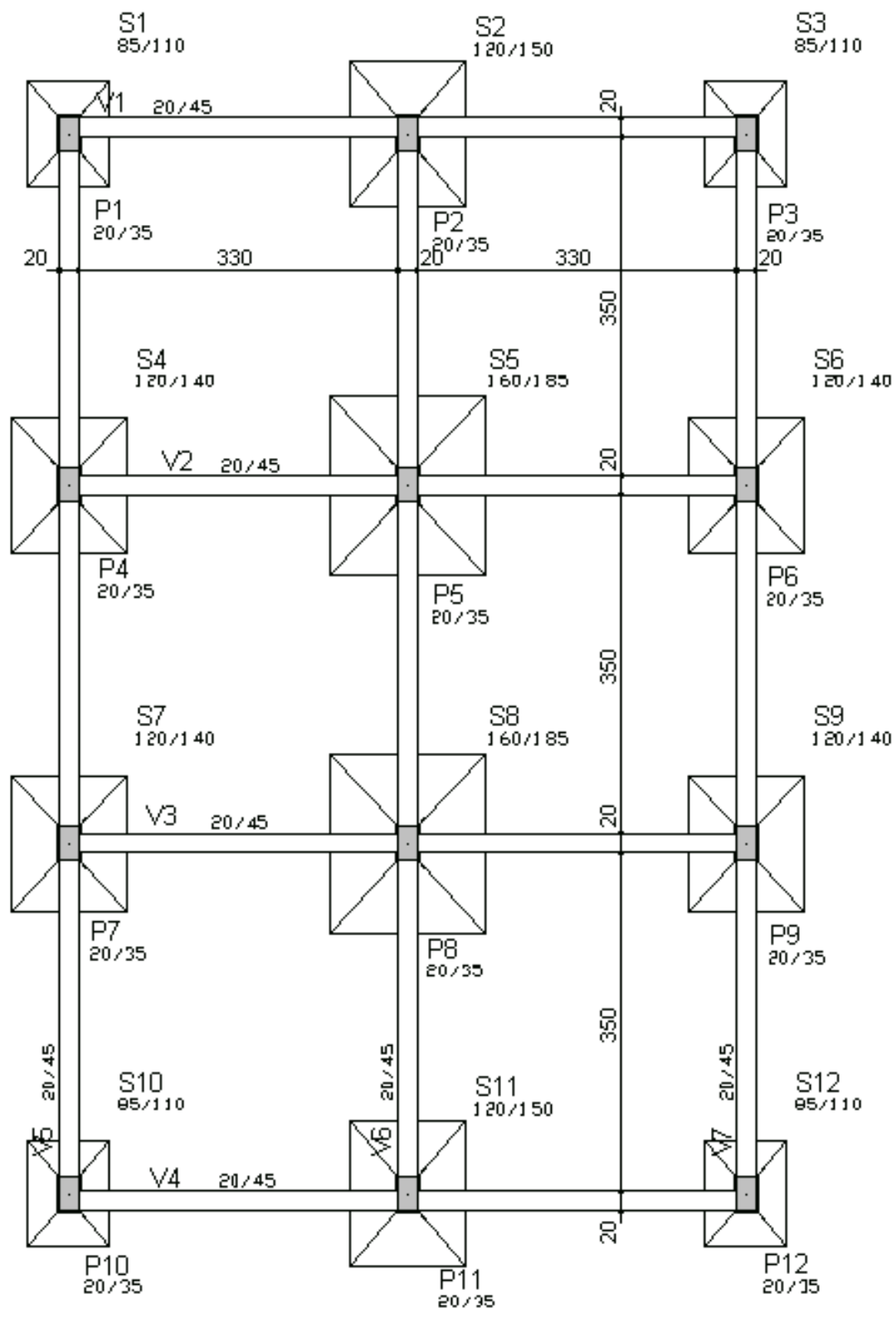
Sobrecargas nas lajes $0.15 \text{ tf/m}^2 + 0.2 \text{ tf/m}^2 + \text{PP}$

As dimensões das sapatas estão nas tabelas do e-mail anterior.

Fundação

DIVISA LATERAL

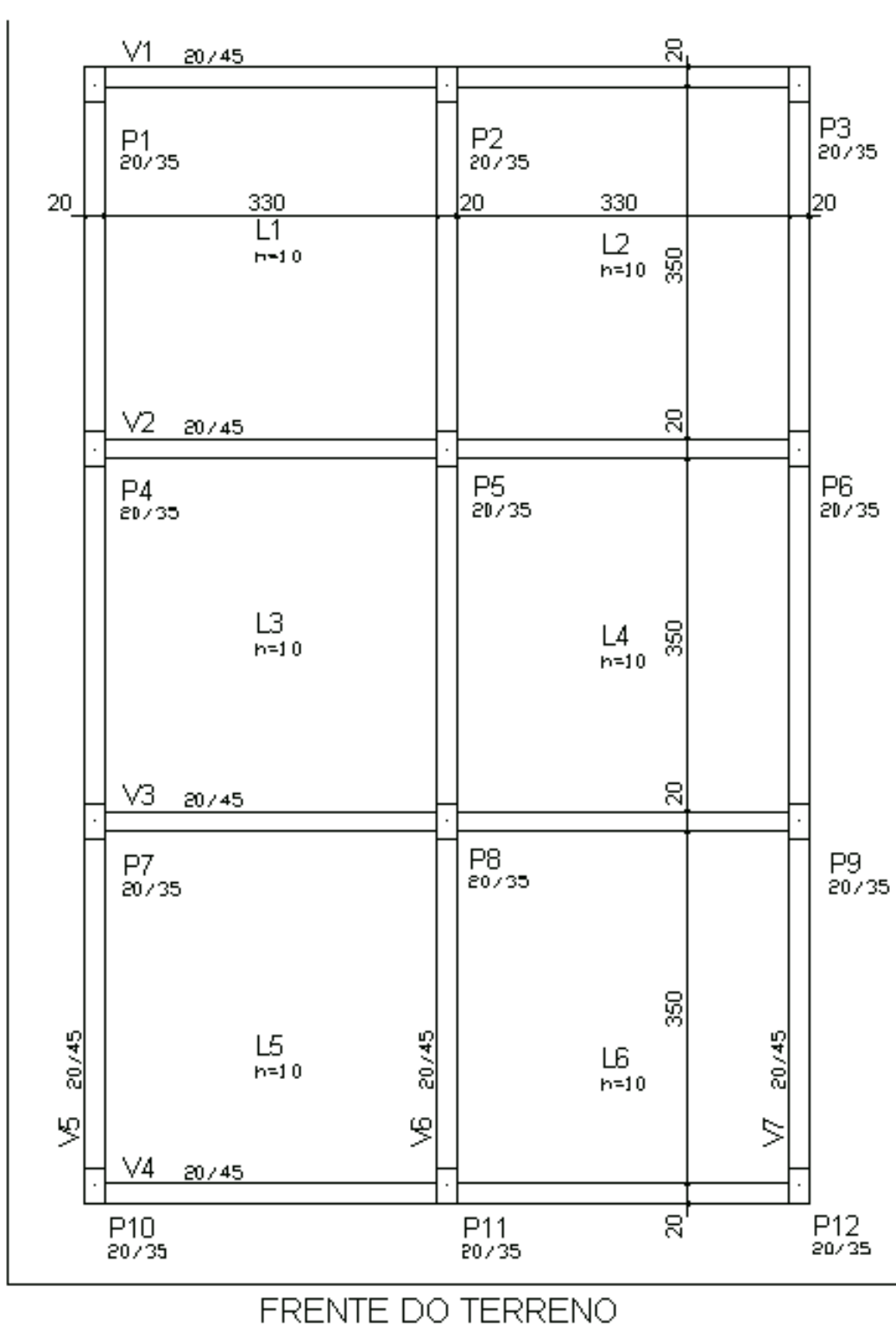
DIVISA LATERAL



FRENTE DO TERRENO

Tipo

DIVISA LATERAL



DIVISA LATERAL

FRENTE DO TERRENO

Atenciosamente.

Eng. Armando - Suporte TQS

Mensagem 5

Caro Armando, Boa noite!

Não sei a opinião dos colegas de nossa comunidade, mas no dia 23/10/06 o Mestre Nelson Covas deu uma dica sobre o valor de coeficiente de mola ("Em geral, se o terreno for bom, e não um terreno de baixíssima capacidade, basta aplicar um coeficiente de mola de 100 tf/m que o problema fica resolvido", ele disse). Essa explicação foi bem entendida, à princípio, mas você não poderia dar uma dica de como chegou nos seus valores de mola? Ou por outra, alguma biografia para podermos consultar?

Colega Armando agradeço desde já sua contribuição e espero que minha dúvida possa ajudar um número maior de

colegas, entendendo que este é um papel de nossa comunidade. Um abraço.

Mensagem 6

O TQS News N: 23, publicado em Julho de 2006, traz uma sequência de três mensagens entre os nossos colegas Eng. Claudio Moreira da Rocha, Eng. Luiz Aurélio Fortes da Silva e o Eng. Sérgio Stolovas, o assunto em pauta é exatamente "Coeficientes de molas no TQS". A matéria que segue anexada a esta mensagem serviu-me como base para encontrar os valores dos coeficientes de molas adotados nos modelos ilustrados.

Atenciosamente.

Eng. Armando - Suporte TQS