

# *SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTEGRADOS E SUAS INOVAÇÕES EM ANÁLISE ESTRUTURAL*

---

---

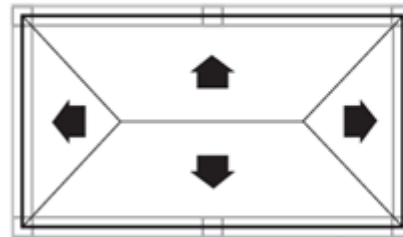
## *APLICAÇÃO EM PROJETOS*



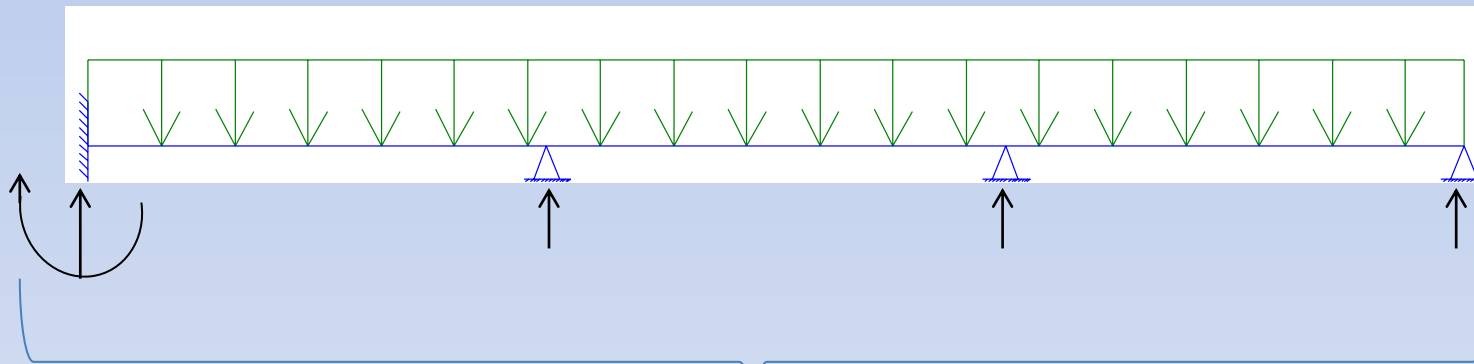
*Engenheiro Mauricio Sgarbi*

- *Viga Contínua*

▶ LAJES (Métodos aproximados)



Distribuição de cargas

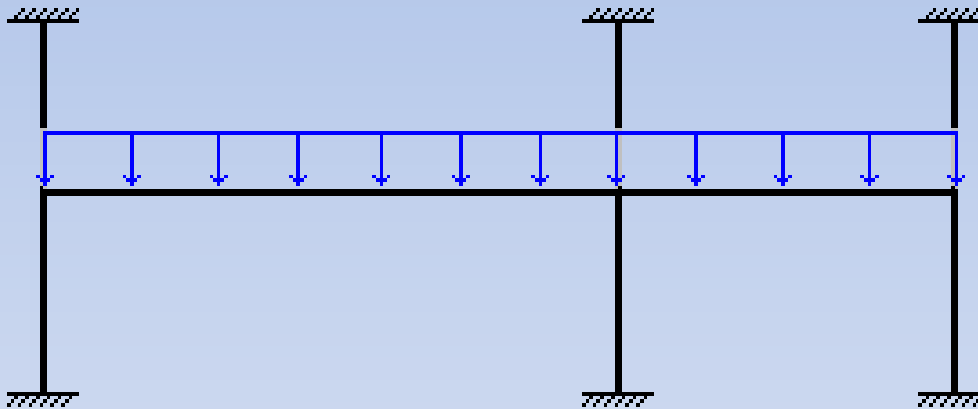


**REAÇÕES DE APOIO**

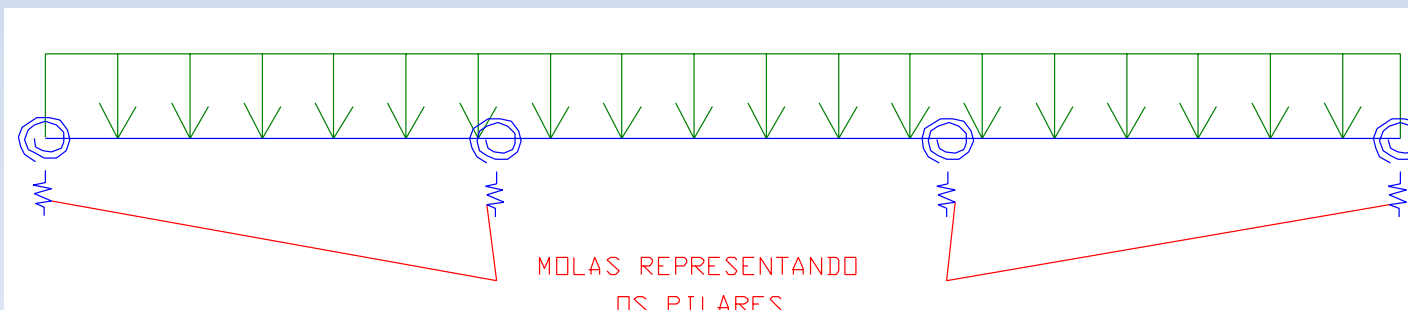
**CARREGAMENTO  
DOS PILARES**

## REPRESENTAÇÃO DAS RIGIDEZES A FLEXÃO E AXIAL DOS PILARES

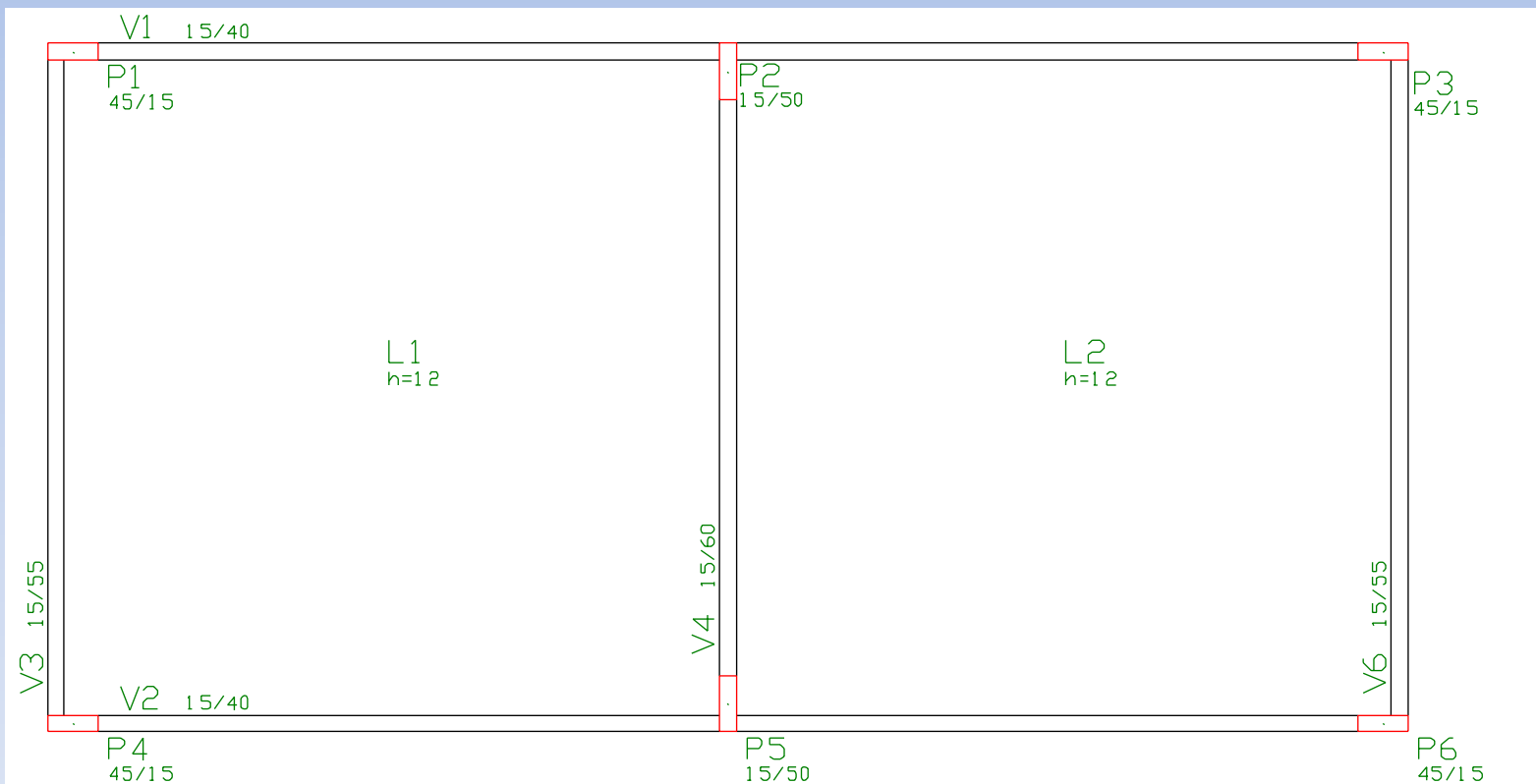
- Pórtico Plano



- Elemento de viga com molas axiais e à flexão

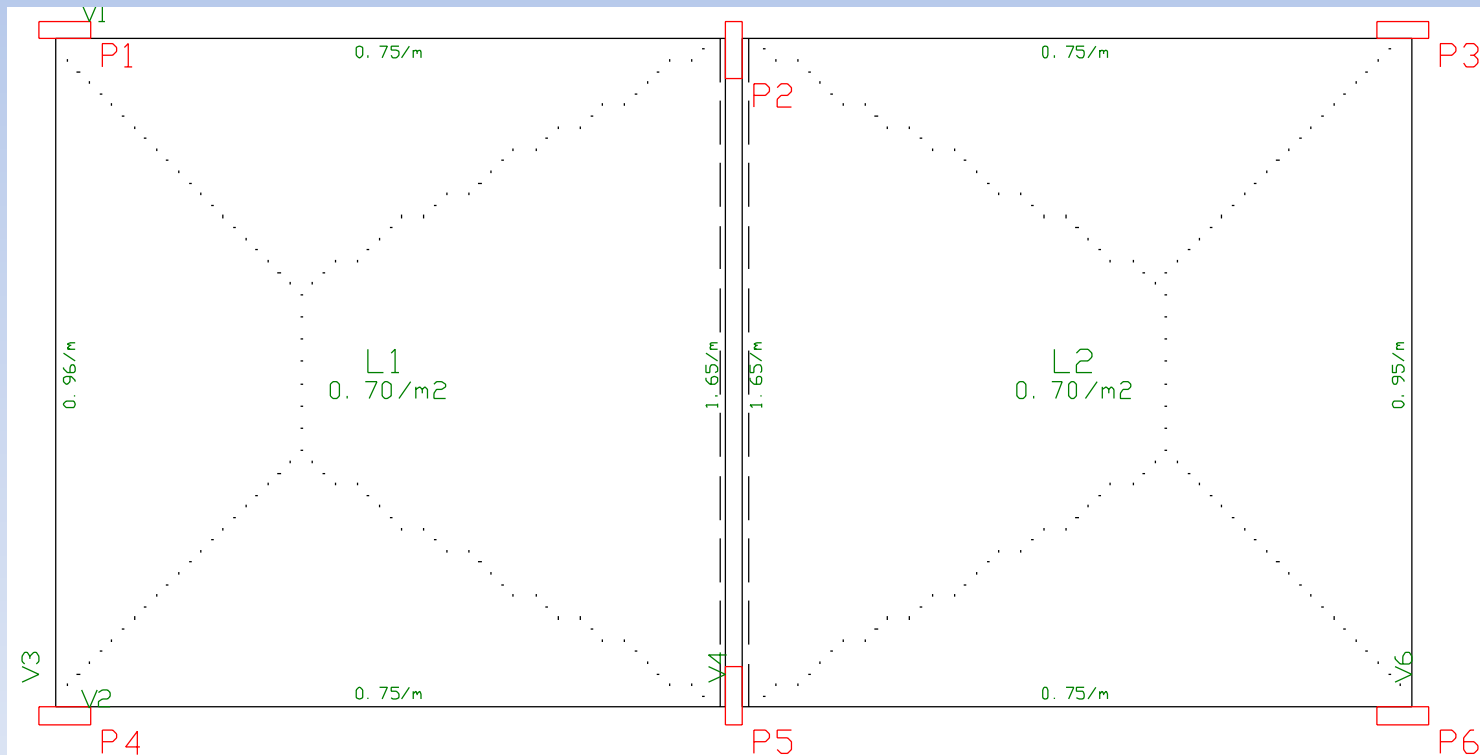


- Grelha de Vigas*



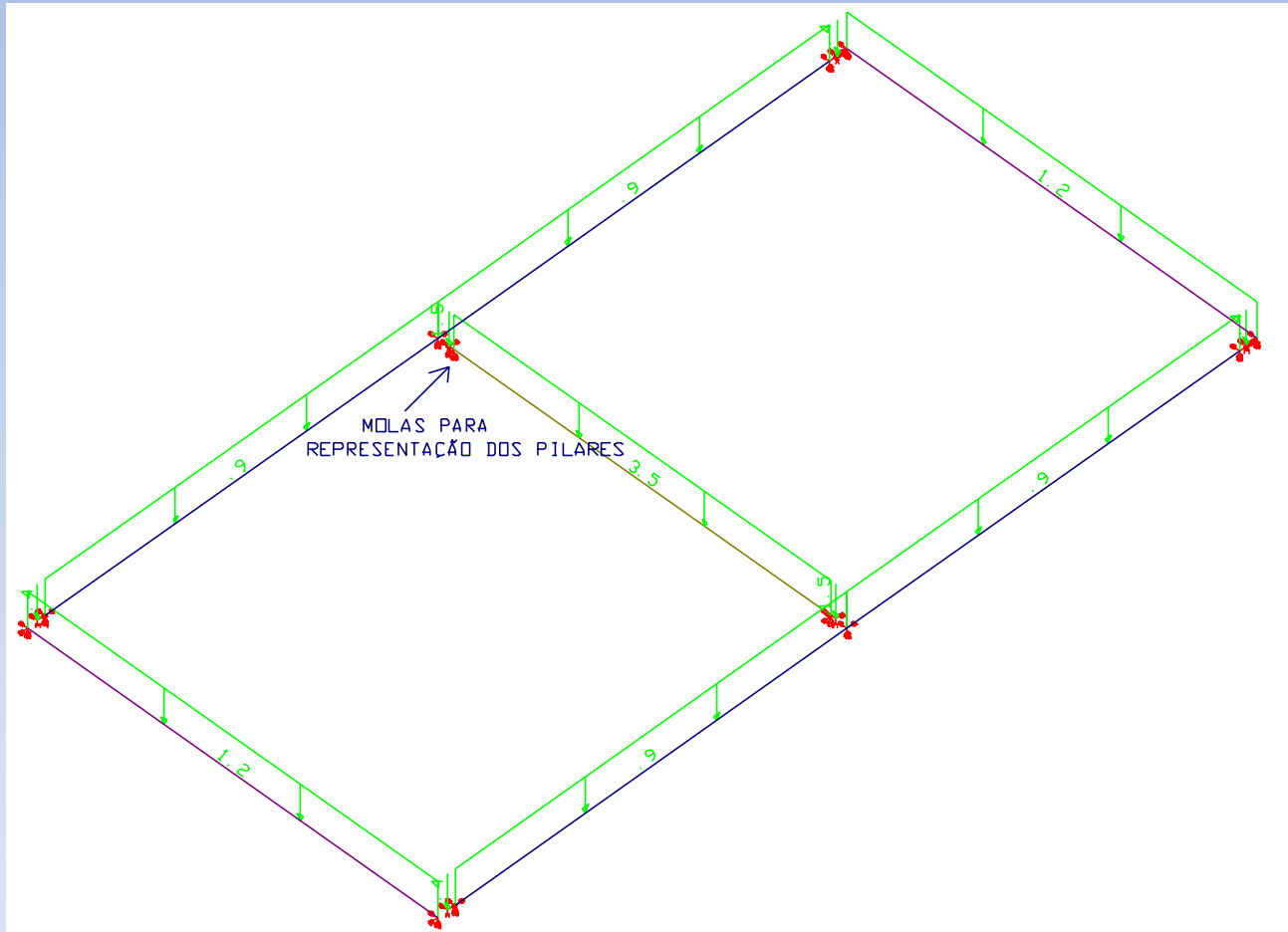
*Forma 1*

- Grelha de Vigas*



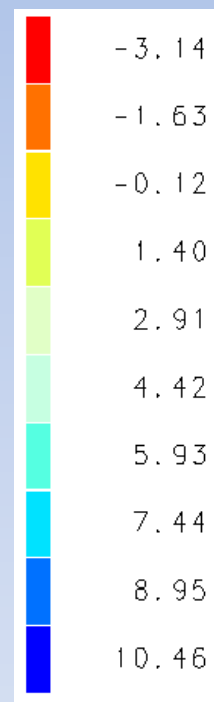
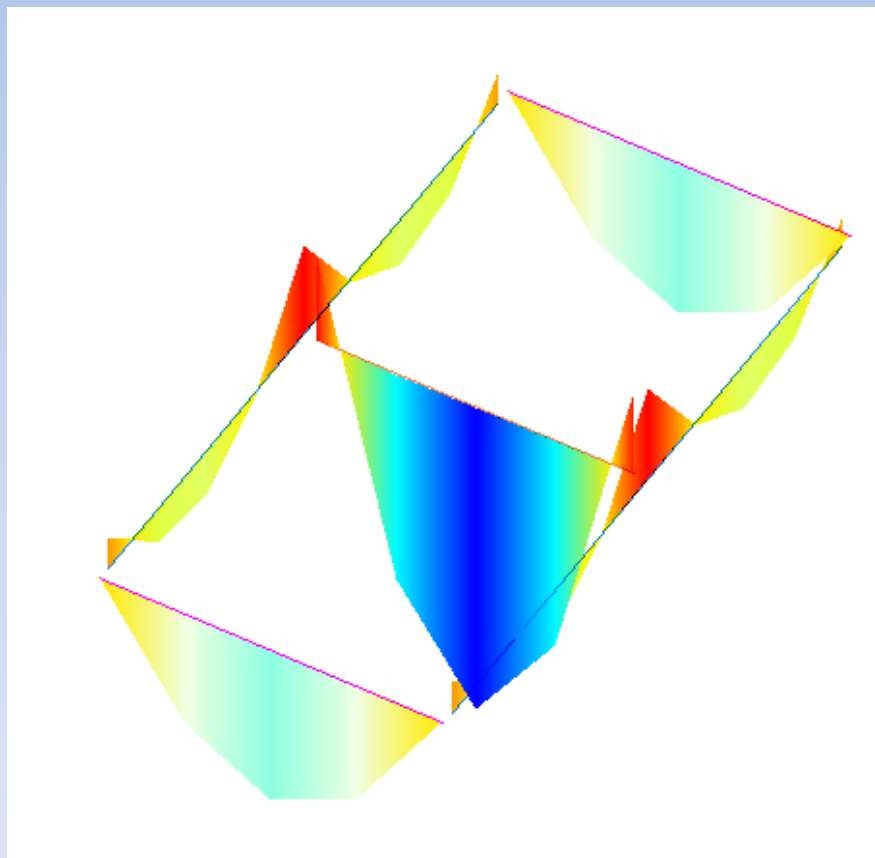
*Distribuição simplificada de carga das lajes*

- *Grelha de Vigas-Modelo*



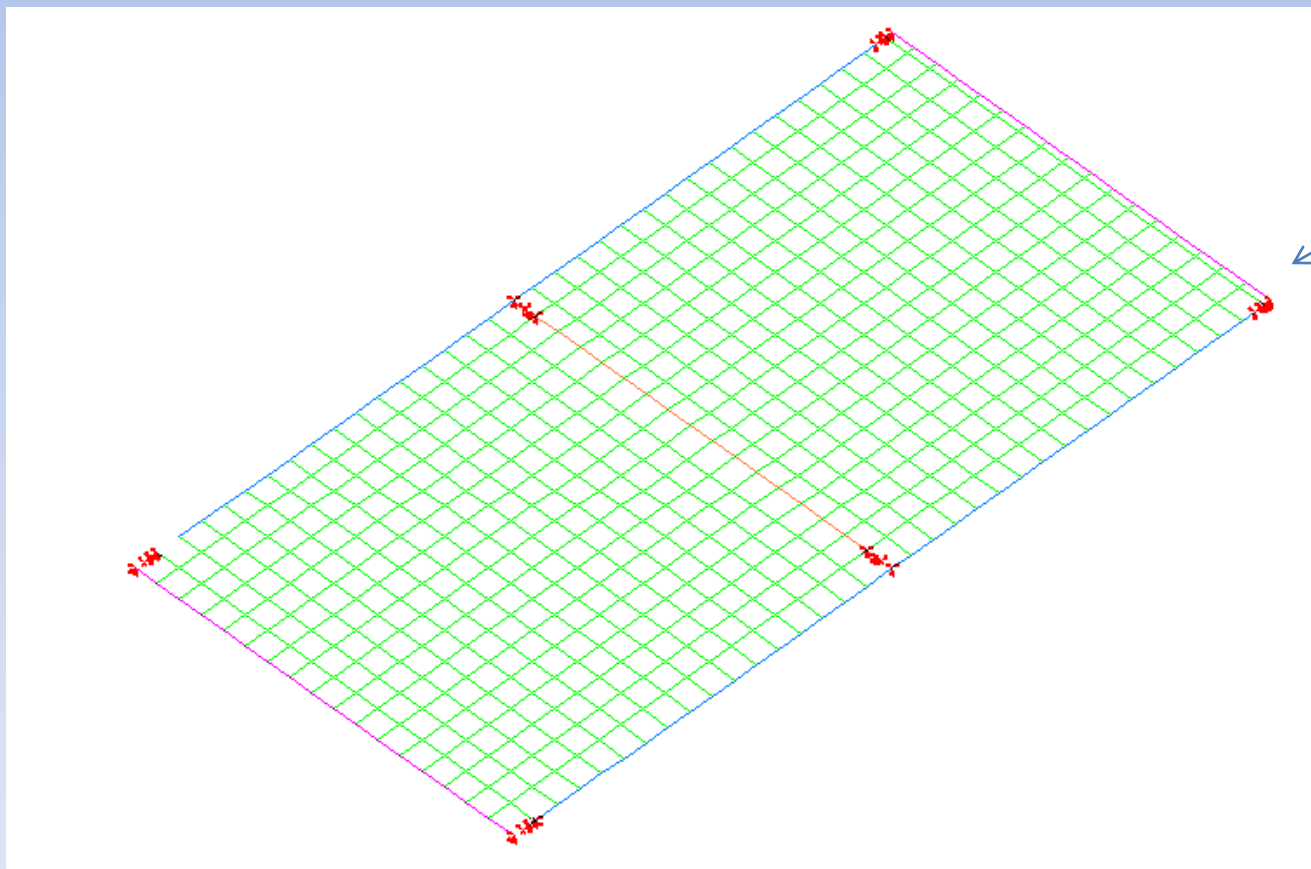
*Carregamento nas vigas (tf./m)*

- *Grelha de Vigas*



*Momentos fletores- tf.m*

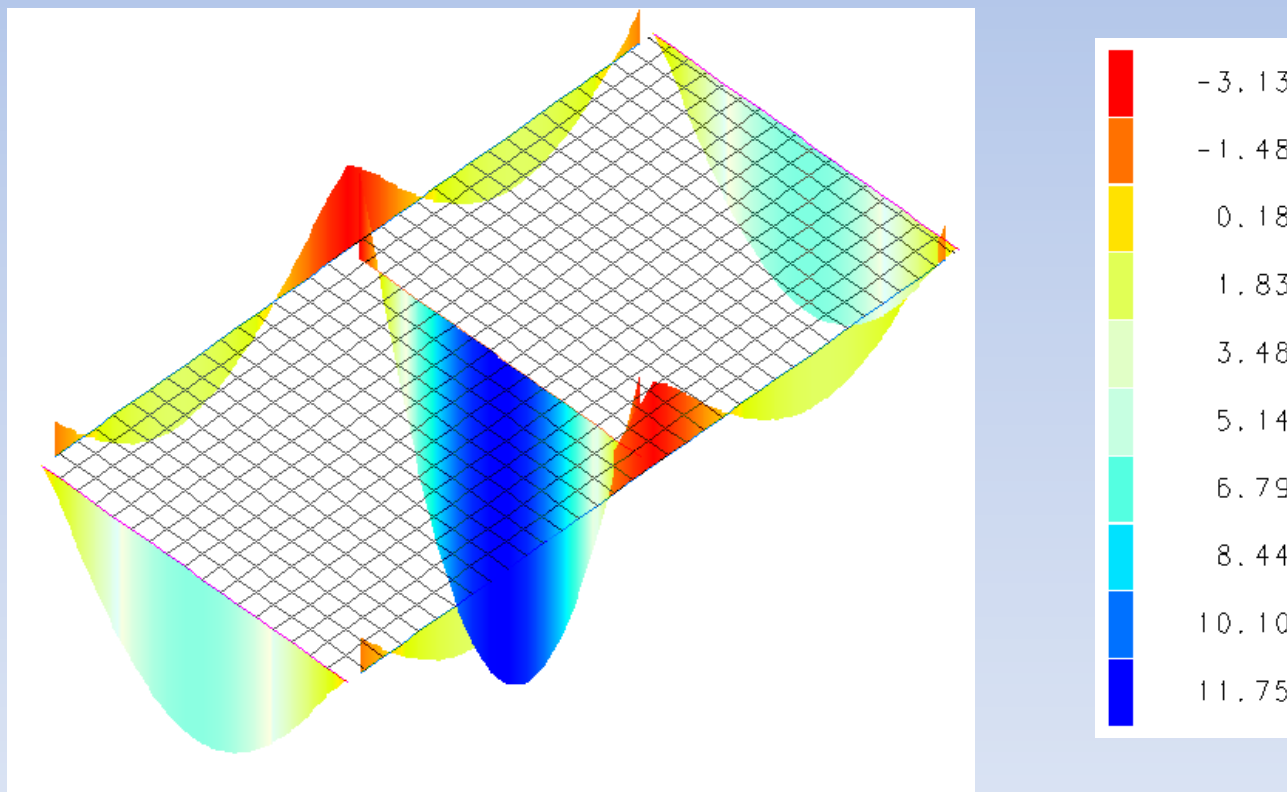
- *Grelha de Vigas e Lajes-Modelo*



*Lajes e  
vigas  
discretizadas  
formando  
uma grelha*

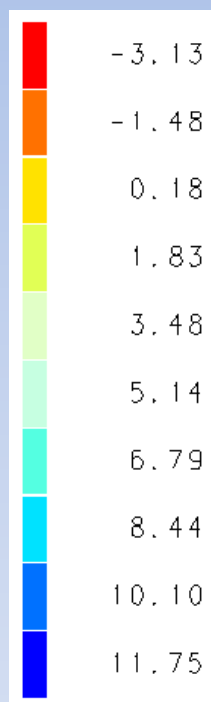


- *Grelha de Vigas e Lajes*



*Momentos fletores- tf.m*

- *Grelha de Vigas e Lajes x Grelha de vigas*

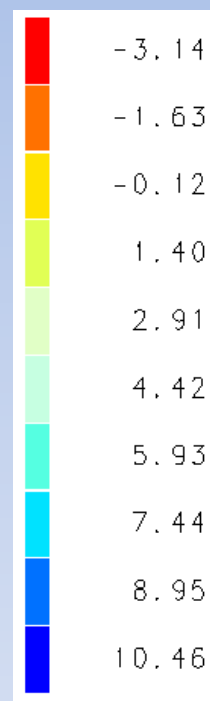


*Forma 1-Momentos  
fletores- Greha de  
vigas*

**A estrutura apresenta  
características  
compatíveis com as  
hipóteses adotadas  
para a distribuição  
simplificada**

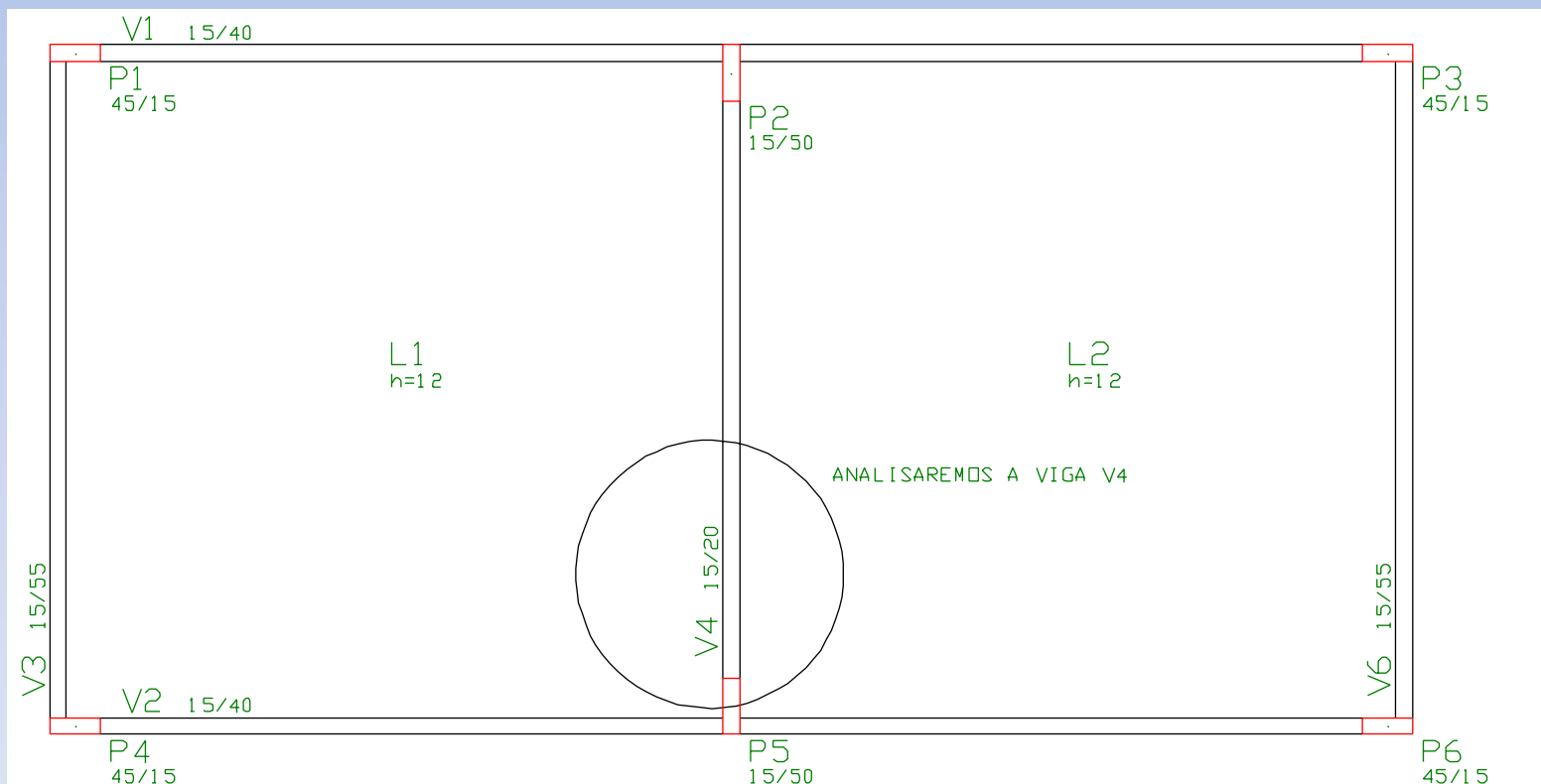


***Valores Próximos!***



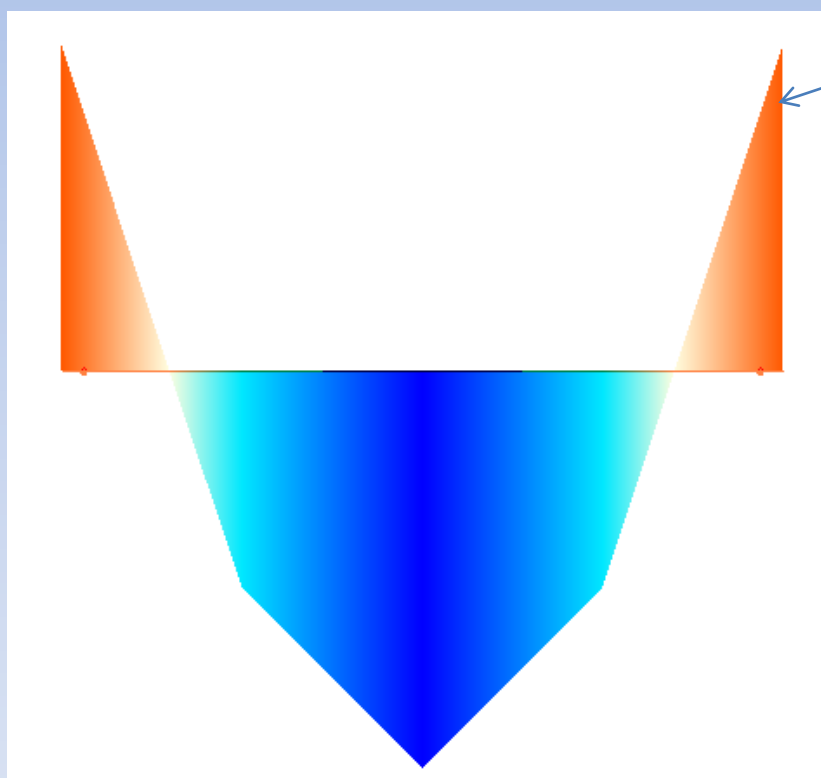
*Forma 1-Momentos  
fletores- Greha de  
vigas e lajes*

- *Grelha de Vigas e Lajes x Grelha de vigas*

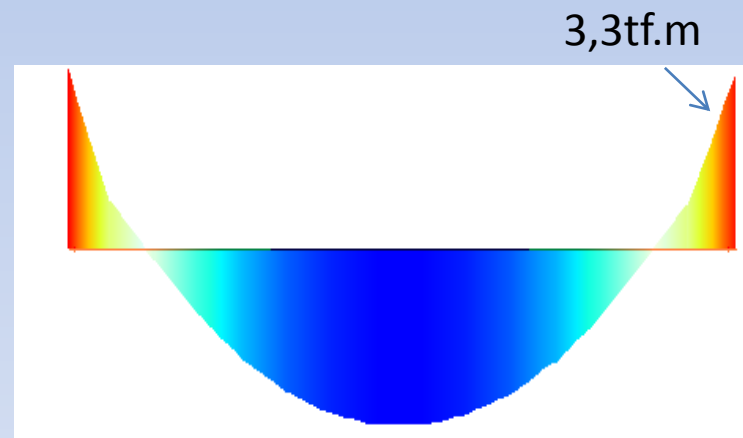


**Forma 2**

- Grelha de Vigas e Lajes x Grelha de vigas*



6,4tf.m



3,2tf.m

*Diagramas de Momento- V4*

- Grelha de Vigas e Lajes x Grelha de vigas*

Grelha de vigas



Momento Negativo- >

5,3tf.m

>>

Grelha de vigas  
de lajes



3,3tf.m

Momento positivo->

6,4tf.m

>>

3,2tf.m

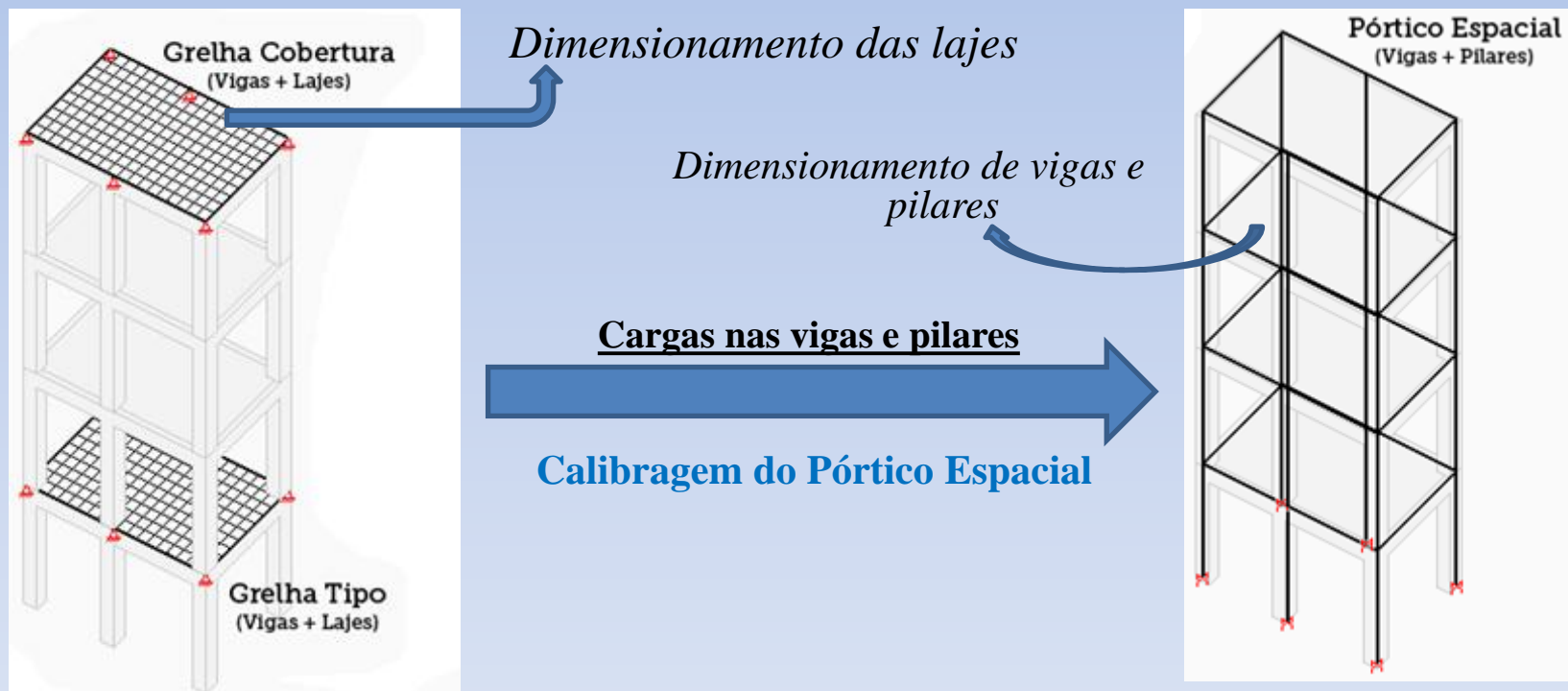
*V4 mais deformável  
do que as demais  
vigas*



*~~Distribuição  
simplificada de  
cargas das lajes~~*

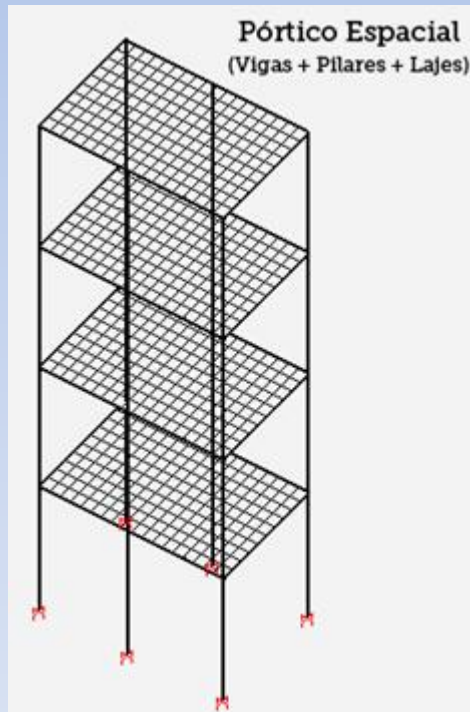
*(hipóteses  
assumidas não  
compatíveis com as  
condições de  
contorno do  
problema)*

- *Grelha(vigas + lajes) + Pórtico Espacial(pilares e vigas)*



*Grelha(vigas+lajes)  
processada para cada  
pavimento separadamente*

- *Pórtico Espacial completo (pilares + vigas + Lajes)*



**Análise estrutural**



*Esforços e deslocamentos de todos os elementos  
obtidos do processamento da estrutura  
totalmente integrada*

# MODELO DE PÓRTICO ESPACIAL; PARTICULARIDADES

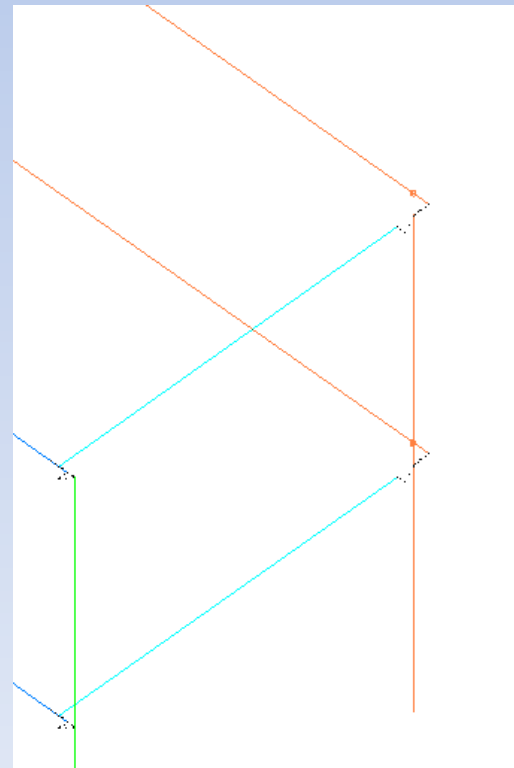
## Considerações para os modelos de Pórtico Espacial para carga vertical

- ✓ *Análise de Estruturas com assimetria de carga e/ou forma*



- *Mecanismo não contemplado pelos métodos de viga contínua e grelha*

- ✓ *Consideração da ligação entre os elementos já inerente ao modelo*

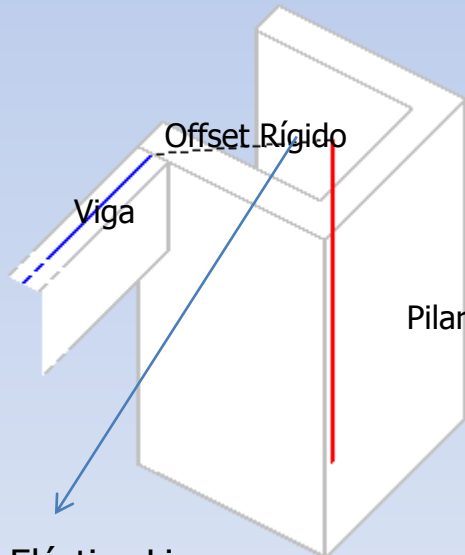
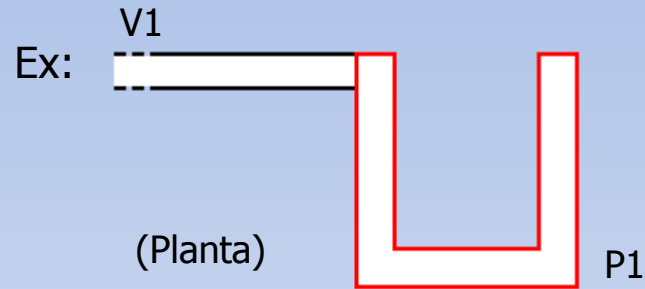




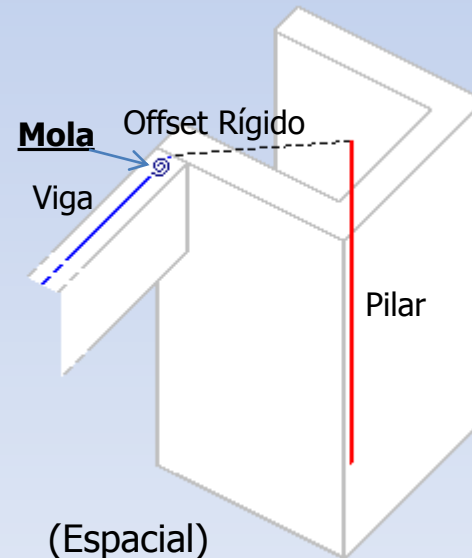
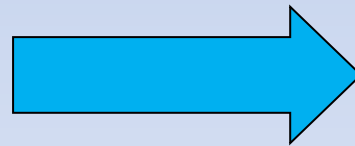
# MODELO DE PÓRTICO ESPACIAL; PARTICULARIDADES

## Considerações para os modelos de Pórtico Espacial para cargas verticais- Adaptações Necessárias

- ✓ *Consideração da real rigidez conferida na ligação monolítica viga x pilar-parede*



**INTERVENÇÃO**



Pórtico Elástico Linear



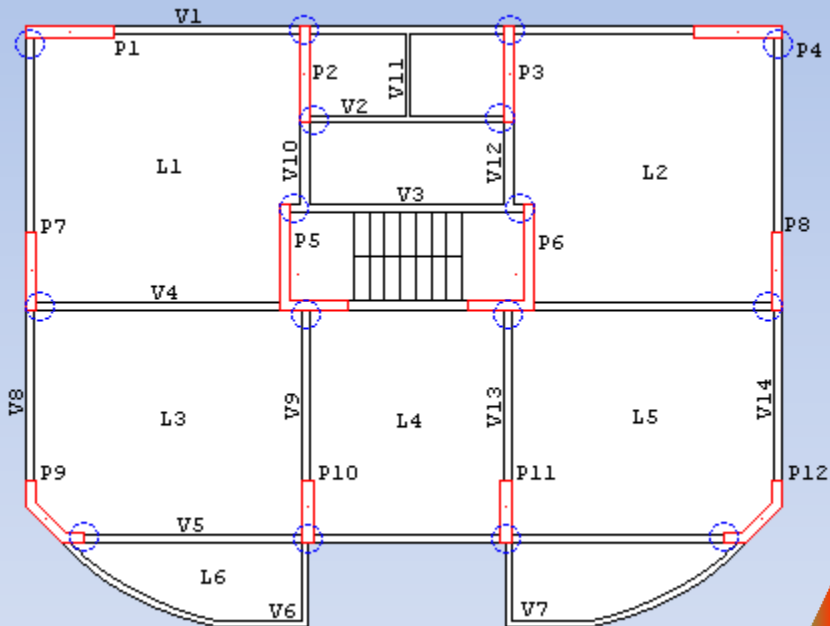
Estrutura reticular (modelo unifilar para o pilar)



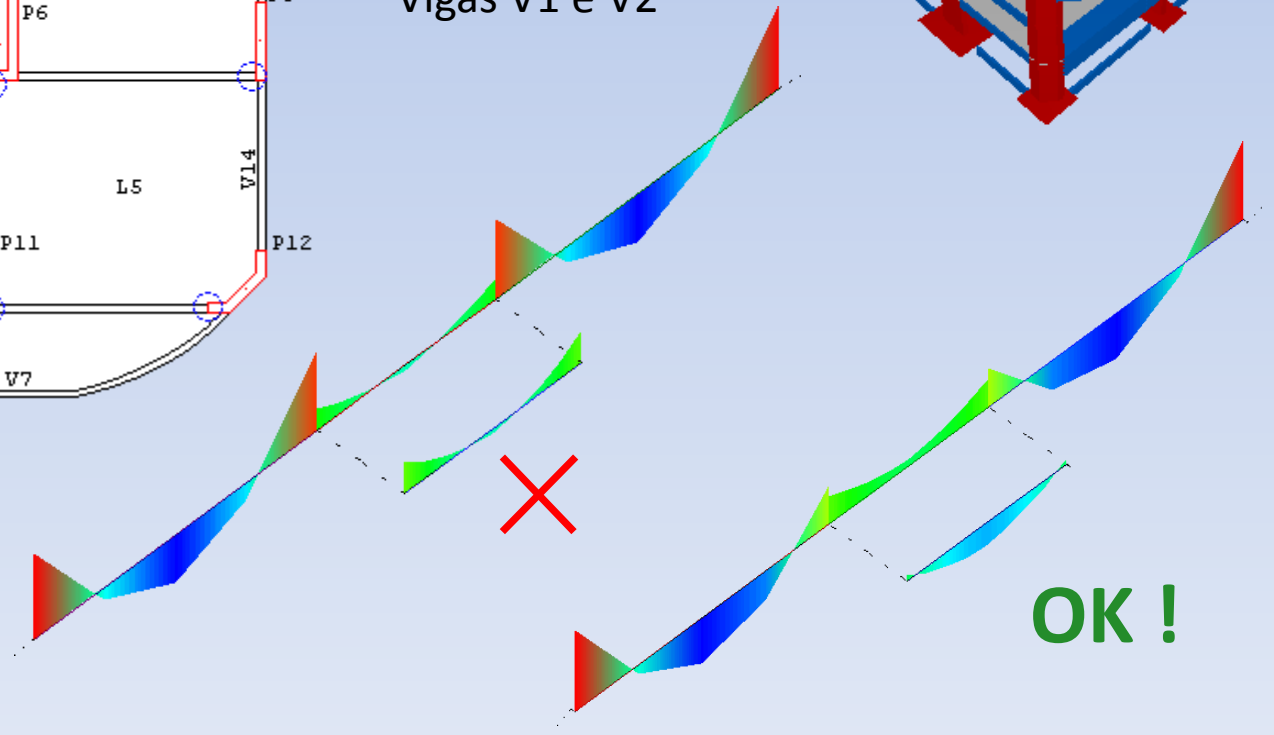
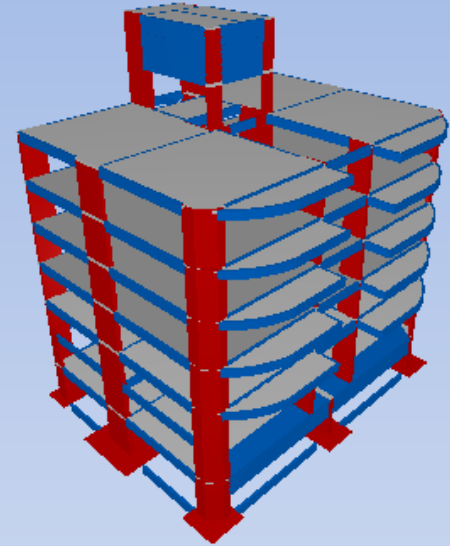
**REALISTA???**

(Espacial)

# MODELO DE PÓRTICO ESPACIAL; PARTICULARIDADES



Momentos fletores  
Vigas V1 e V2



# MODELO DE PÓRTICO ESPACIAL; PARTICULARIDADES

## Considerações para os modelos de Pórtico Espacial para carga vertical- Adaptações Necessárias

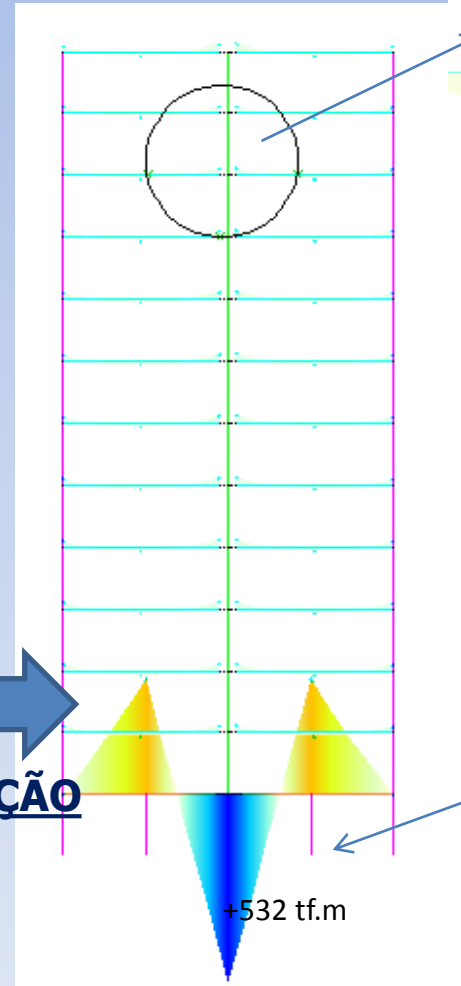
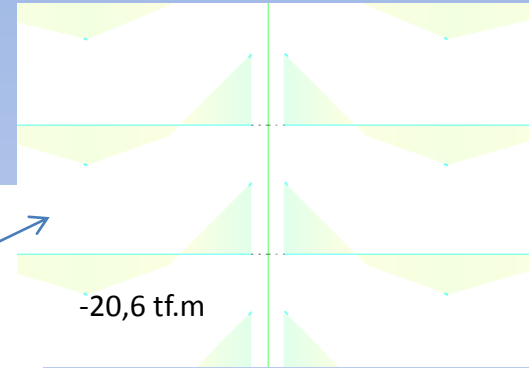
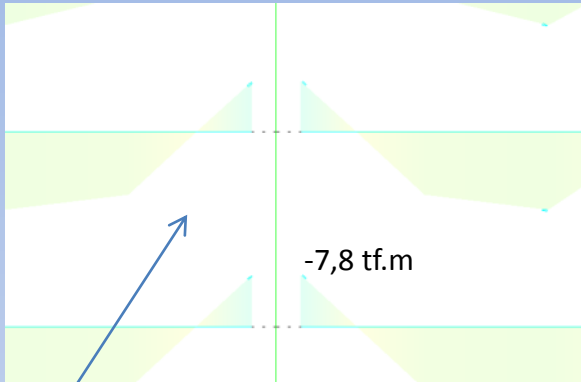
✓ *Consideração da atuação de todo carregamento simultaneamente considerando a estrutura totalmente construída e descimbrada*

**IRREAL**



- *Edifícios altos com distribuição desproporcional das áreas da seção e de influência dos pilares*
- *Edifícios com vigas de transição*

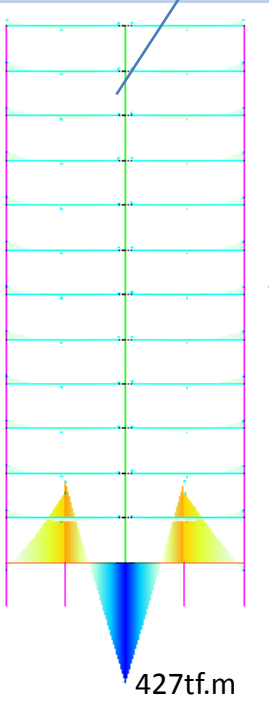
# MODELO DE PÓRTICO ESPACIAL; PARTICULARIDADES



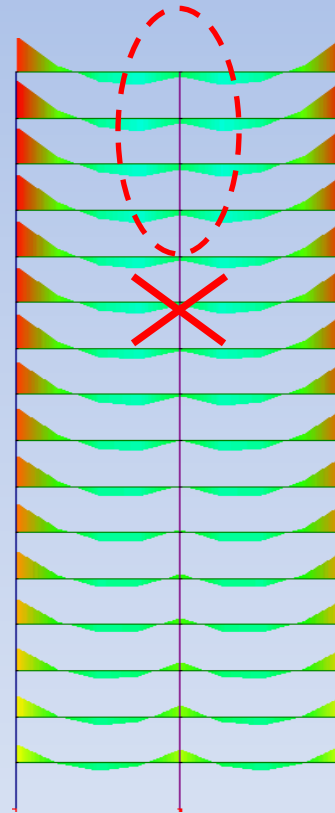
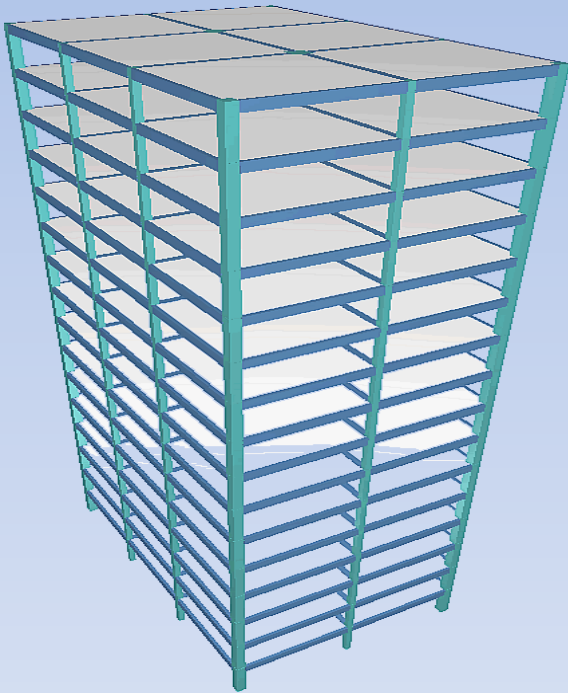
*Estrutura com vigas de  
transição analisada pelo  
pórtico elástico linear*

**NÃO CONSIDERA A  
SEQUÊNCIA REAL  
DE EXECUÇÃO E  
CARREGAMENTO  
DA ESTRUTURA**

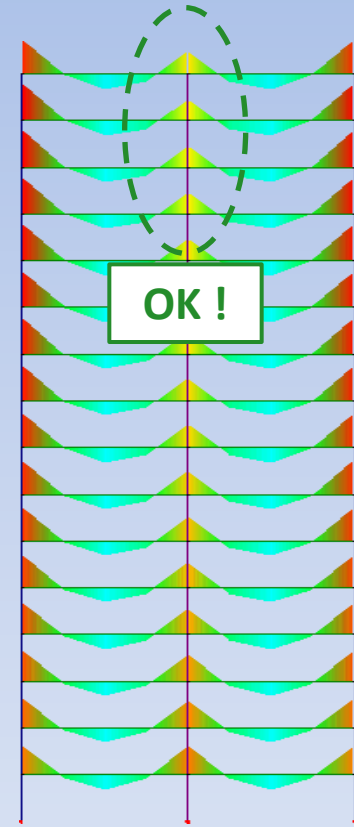
**Viga de transição com  
rigidez amplificada**



# MODELO DE PÓRTICO ESPACIAL; PARTICULARIDADES



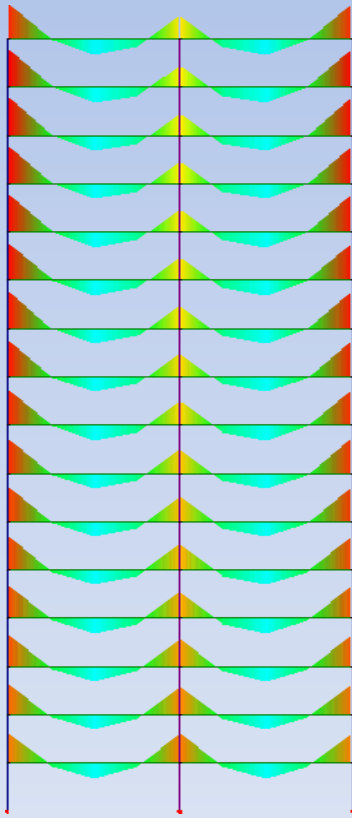
PÓRTICO ELÁSTICO  
LINEAR



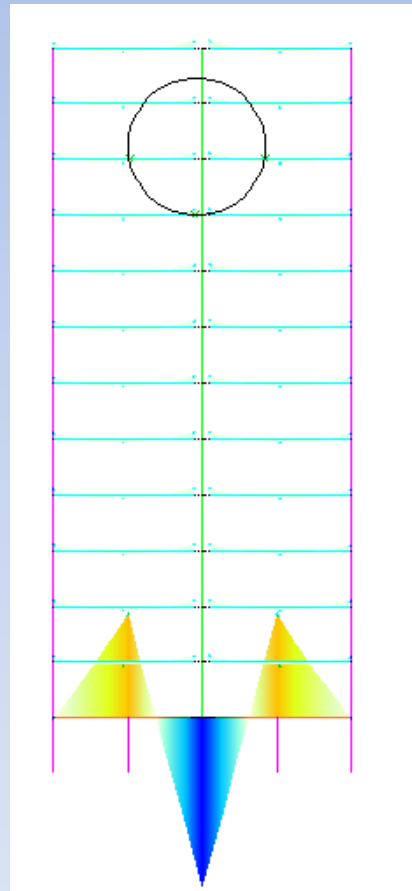
AUMENTO DA RIGIDEZ  
AXIAL DOS PILARES

# MODELO DE PÓRTICO ESPACIAL; PARTICULARIDADE

## Considerações para os modelos de Pórtico Espacial para carga vertical- Adaptações Necessárias



**AUMENTO DA RIGIDEZ  
AXIAL DOS PILARES**



**INCREMENTO DA  
RIGIDEZ DAS VIGAS DE  
TRANSIÇÃO**

**SIMULAÇÃO APROXIMADA  
DO PROCESSO  
CONSTRUTIVO**

**IDEAL**

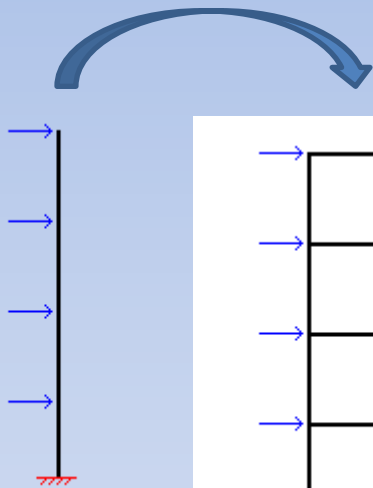


**Simulação das fases  
executivas e estágios  
correspondentes de  
carregamentos**

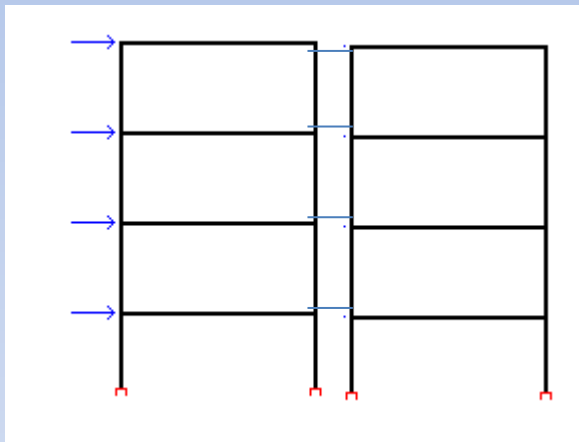
**NÃO É UMA REALIDADE PARA  
OS SISTEMAS INTEGRADOS  
USUAIS. BREVEMENTE  
PODEREMOS TER NOVIDADES!**

# ACÇÕES LATERAIS: DIMENSIONAMENTO E CONTRAVENTAMENTO

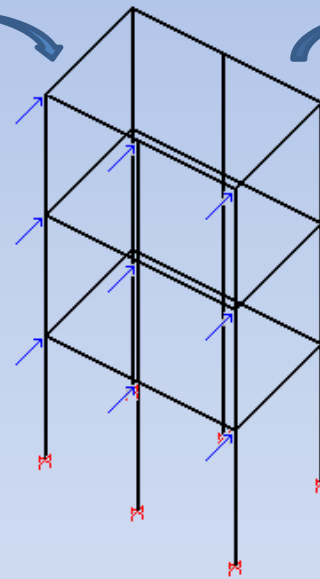
## MODELOS PARA ESTRUTURA DE CONTRAVENTAMENTO



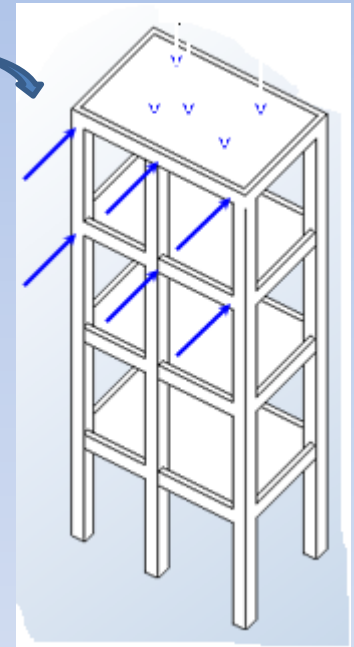
Núcleo Rígido



Associação de Pórticos  
Planos



Pórtico Espacial  
de vigas e  
pilares

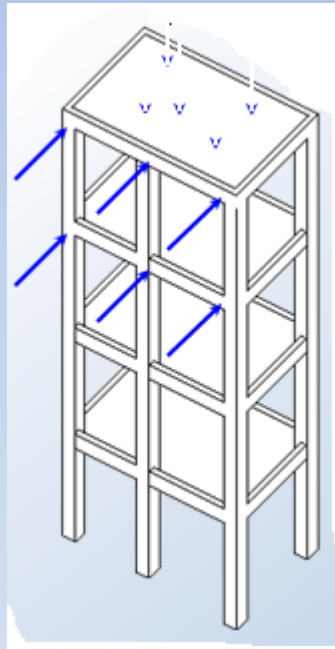
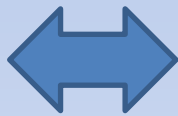


Pórtico Espacial de  
vigas, pilares e lajes

# ACÇÕES LATERAIS: DIMENSIONAMENTO E CONTRAVENTAMENTO

## MODELOS PARA ESTRUTURA DE CONTRAVENTAMENTO

Para uma  
estrutura  
totalmente  
monolítica



Pórtico completo (Pilares + Vigas + Lajes) para  
cargas horizontais

**MODELO MAIS REALISTA!!**

FUNDAMENTAL QUANDO A RIGIDEZ  
DA LAJE E DE SUAS LIGAÇÕES FOR  
SIGNIFICATIVA FRENTE OUTROS  
MECANISMOS DE  
CONTRAVENTAMENTO DA  
ESTRUTURA



- LAJES NERVURAS APOIADAS EM PILARES ATRAVÉS DE TRECHOS MACIÇOS/CAPITÉIS
- LAJES LISAS E COGUMELO
- ESTRUTURA CONVENCIONAL COM VIGAS “CHATAS”



## VANTAGENS DO PÓRTICO COMPLETO PARA CARGAS HORIZONTAIS

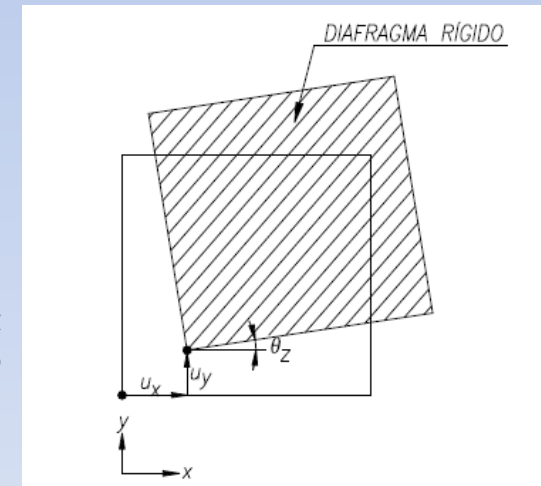
- ✓ Modelo mais representativo
- ✓ Possibilidade de avaliação precisa da rigidez e da massa na estrutura completa para análise dinâmica
- ✓ Melhor quantificação e redução dos efeitos de 2ª ordem globais
- ✓ Efeito de diafragma rígido adequadamente representado pelos próprios elementos do pavimento.
- ✓ Distribuição de esforços mais realistas nos elementos estruturais
- ✓ Validação da estabilidade global para estruturas equivocadamente desqualificadas por modelos mais simplificados

# ACÇÕES LATERAIS: DIMENSIONAMENTO E CONTRAVENTAMENTO

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS INTEGRADOS PARA CONTRAVENTAMENTO

### CYPECAD

- ✓ *Análise para cargas horizontais via pórtico completo.*
- ✓ *Ligações elásticas*
- ✓ *Vigas comuns e lajes modelados com elemento de barra com 3 graus de liberdade (momentos fletor, torção e cortante). Viga inclinada com os 6 graus de liberdade*
- ✓ *Consideração da hipótese do pavimento como um diafragma rígido, compatibilizando-se os deslocamentos no plano do pavimento.*
- ✓ *Modelagem de pilares-parede com elemento de casca triangulares (6 graus de liberdade).*



# ACÇÕES LATERAIS: DIMENSIONAMENTO E CONTRAVENTAMENTO

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS INTEGRADOS PARA CONTRAVENTAMENTO

### EBERICK

- ✓ *Análise para cargas horizontais via pórtico de vigas e pilares.*
- ✓ *Consideração simplificada do efeito de diafragma rígido*
- ✓ *Ligações elásticas*
- ✓ *Consideração da não-linearidade física reduzindo-se a rigidez separando vigas e pilares*
- ✓ *Consideração de pilares-parede com representação através de modelo unifilar.*

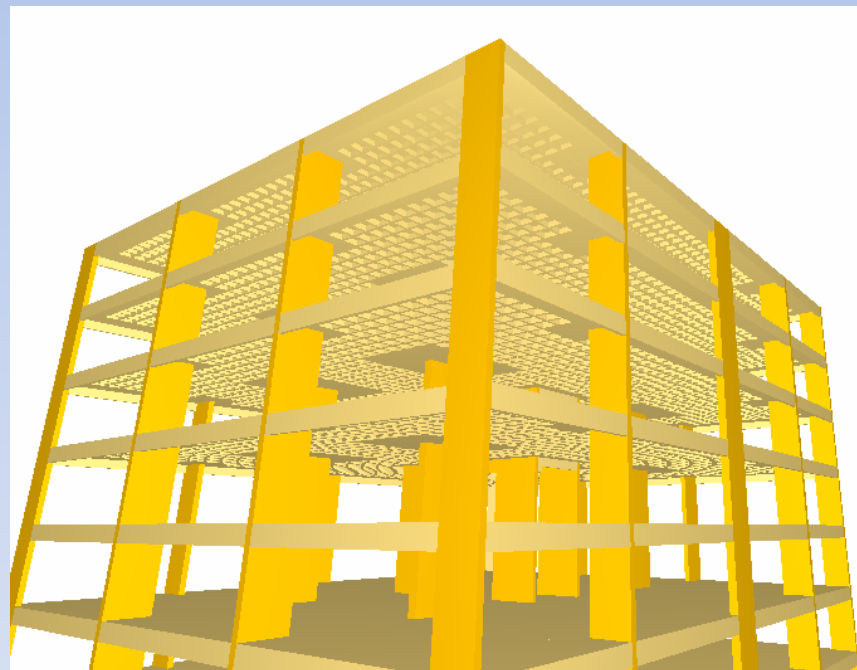
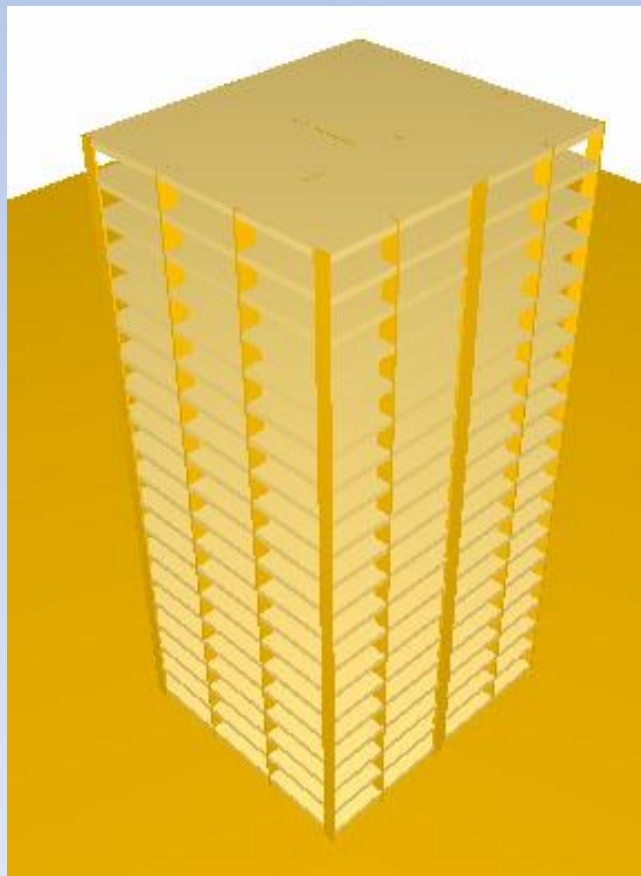
## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS INTEGRADOS PARA CONTRAVENTAMENTO

### TQS

- ✓ *Análise para cargas horizontais via pórtico completo.*
- ✓ *Lajes e vigas modelados com elemento de barra com 6 graus de liberdade.*
- ✓ *Representação do efeito do diafragma rígido considerando a geometria do pavimento e a rigidez axial dos elementos sendo a distribuição de esforços e deslocamentos determinadas pela própria geometria*
- ✓ *Consideração da não-linearidade física simplificada separando lajes, vigas e pilares*
- ✓ *Consideração de pilares-parede com representação através de modelo unifilar, com cálculo aproximando da rigidez a torção opcional*

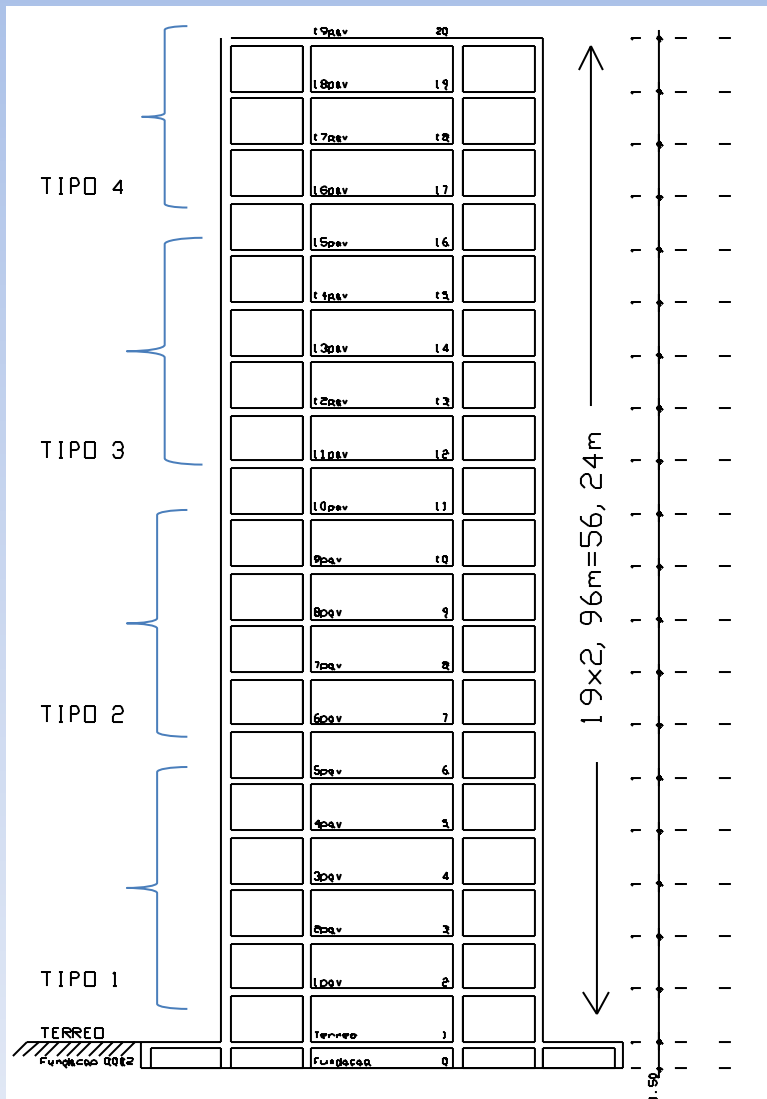
# ACÇÕES LATERAIS: DIMENSIONAMENTO E CONTRAVENTAMENTO

## *ESTUDO DE CASO*



# AÇÕES LATERAIS: DIMENSIONAMENTO E CONTRAVENTAMENTO

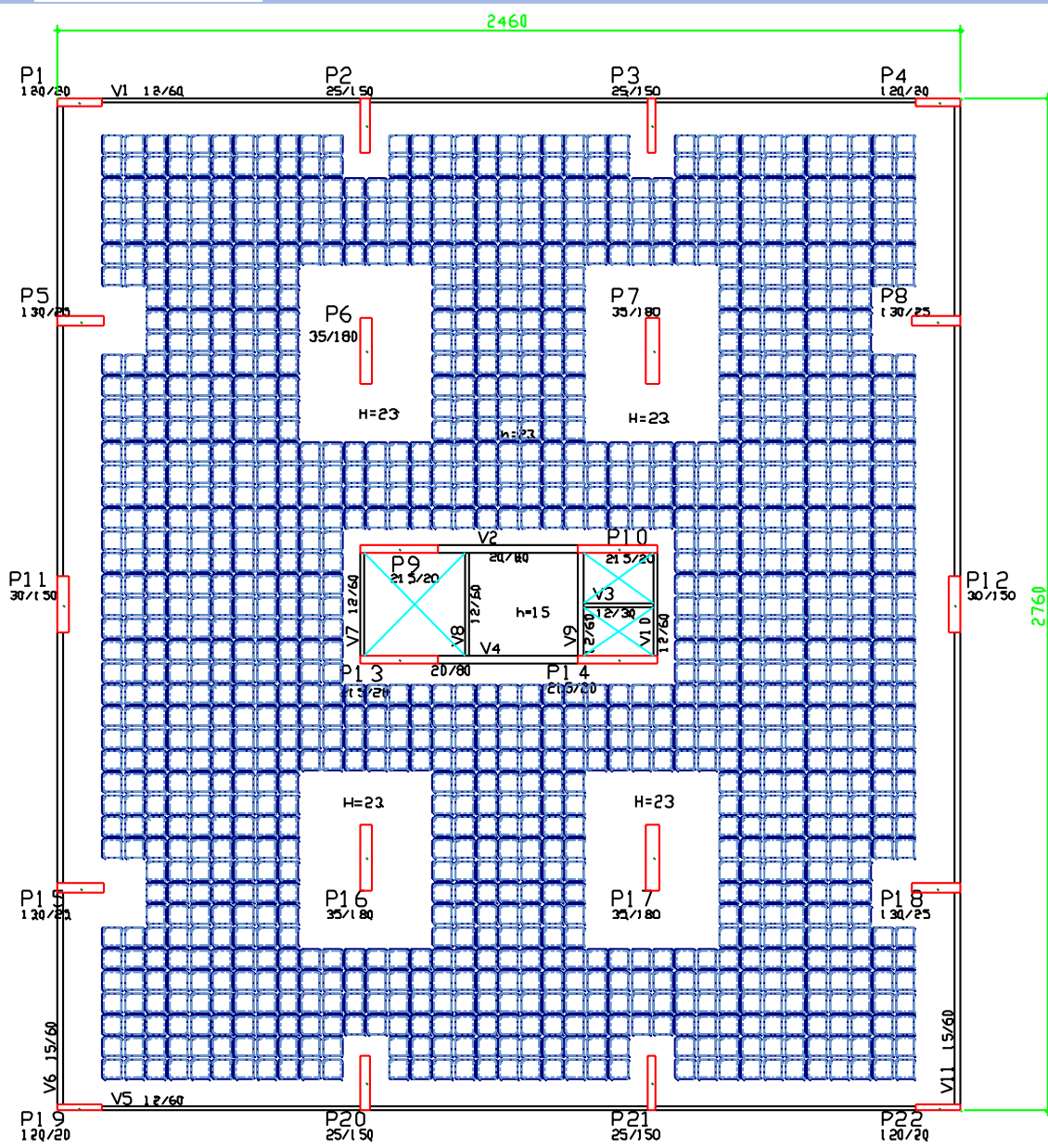
## ESTUDO DE CASO



$$Fck = 40MPa$$

$$H_{total} = 57,74m$$

# ESTUDO DE CASO



$F_{ck}=40MPa$

Cargas Verticais:

- Permanente:  $250kg/m^2$
- Acidental:  $150kg/cm^2$

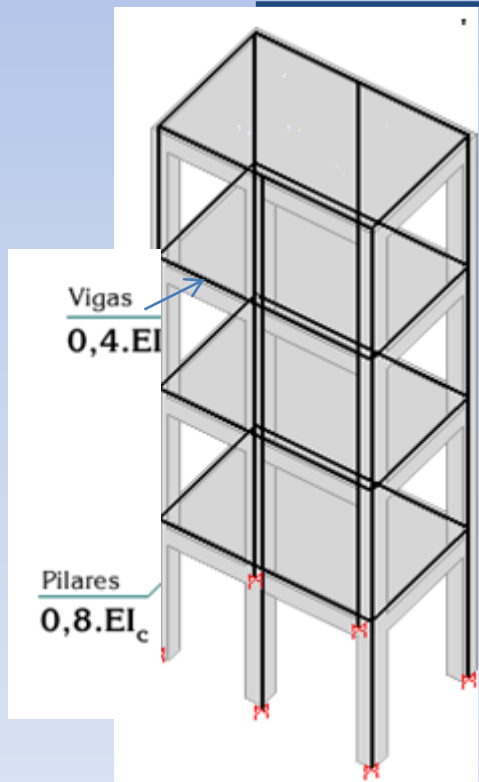
Cargas Horizontais:

Velocidade básica de vento:  $35m/s$

**SERIA RAZOÁVEL ANALISAR  
UMA ESTRUTURA COM  
ESSAS CARACTERÍSTICAS  
DE FORMA E ESBELTEZ  
SEM A CONSIDERAÇÃO DA  
RIGIDEZ A FLEXÃO DAS  
LAJES???**

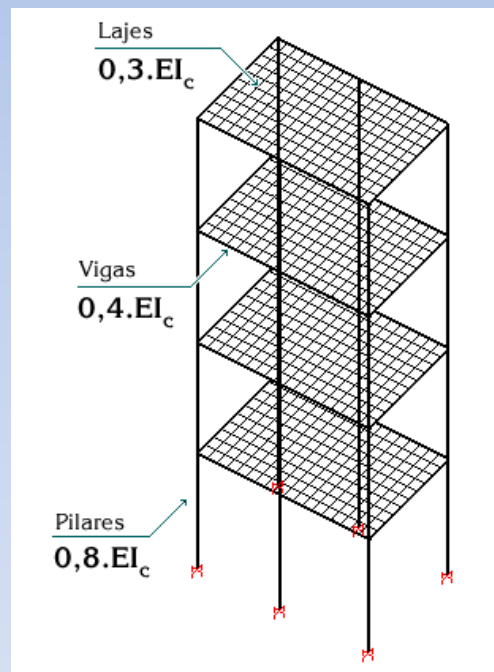
# ESTUDO DE CASO

PARA RESPONDER A PERGUNTA ANTERIOR  
FAREMOS A COMPARAÇÃO UTILIZANDO  
OS SISTEMAS INTEGRADOS CAD/TQS:



MODELO 4

← ELU →



MODELO 6



# ESTUDO DE CASO

## ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL E EFEITOS DE 2ª ORDEM GLOBAIS:

Coeficiente  $\gamma_Z$



$$\gamma_Z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}}$$

*Indica se a estrutura deve ser trata  
como de nós móveis( $\gamma_Z > 1,10$ )*

*Quantifica os esforços finais  
(1ª ordem+2ª ordem global)*

$\gamma_Z$  limite para aplicação  **1,30**

# ESTUDO DE CASO

## COMPARAÇÕES DE PARÂMETROS GERAIS-Direção X

	<i>DESLOCAMENTO NO TOPO-ELU(cm)</i>	<i>DESLOCAMENTO NO TOPO-ELS(30% DO VENTO)-(cm)</i>	<i>H/1700(cm)</i>	$\gamma_z$
<b>MODELO 4</b>	<b>11,8</b>	<b>2,46</b>	<b>3,38</b>	<b>1,223</b>
<b>MODELO 6</b>	<b>8,5</b>	<b>1,59</b>	<b>3,38</b>	<b>1,159</b>

## COMPARAÇÕES DE PARÂMETROS GERAIS-Direção Y

	<i>DESLOCAMENTO NO TOPO-ELU(cm)</i>	<i>DESLOCAMENTO NO TOPO-ELS(30% DO VENTO)-(cm)</i>	<i>H/1700(cm)</i>	$\gamma_z$
<b>MODELO 4</b>	<b>24,2</b>	<b>4,86</b>	<b>3,38</b>	<b>1,692</b>
<b>MODELO 6</b>	<b>11,3</b>	<b>1,98</b>	<b>3,38</b>	<b>1,268</b>

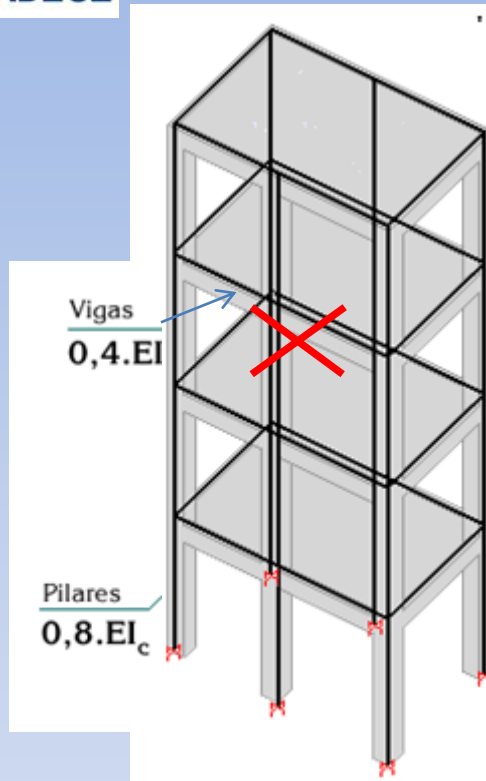
## ESTUDO DE CASO

A análise pelo modelo 4 apresenta, para a direção Y, valores acima dos valores limites:

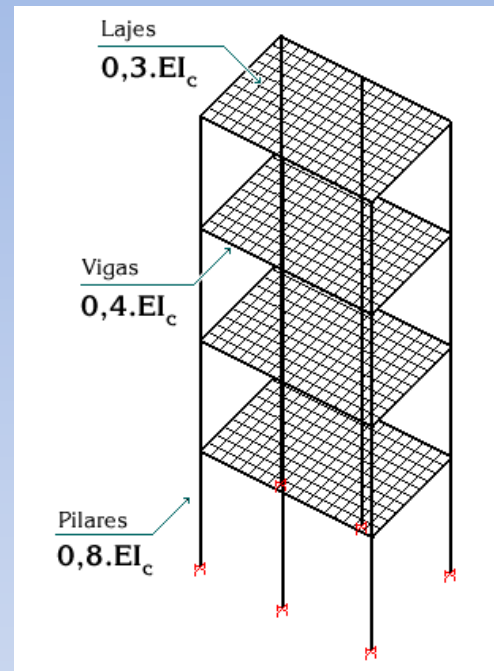
$$\gamma_Z = 1,692 \gg \gg 1,30$$

**A ANÁLISE ESTARIA RAZOÁVEL?**

# ESTUDO DE CASO



MODELO 4:  
Sem a consideração  
da rigidez à  
flexão das lajes!



MODELO 6:  
Considera a rigidez à  
flexão das lajes!  
COERENTE COM A  
ESTRUTURA  
MONOLÍTICA  
FORMADA POR  
PILARES, VIGAS E  
LAJES!

AO SER CARREGADA A  
ESTRUTURA NÃO  
FAZ DISTINÇÃO  
ENTRE OS  
ELEMENTOS  
APENAS PELOS  
NOMES DADOS  
PELO  
ENGENHEIRO!!!  
O ESFORÇO, EM  
UMA ANÁLISE  
ELÁSTICA, SERÁ  
PROPORCIONAL A  
RIGIDEZ DOS  
ELEMENTOS E SUAS  
LIGAÇÕES!

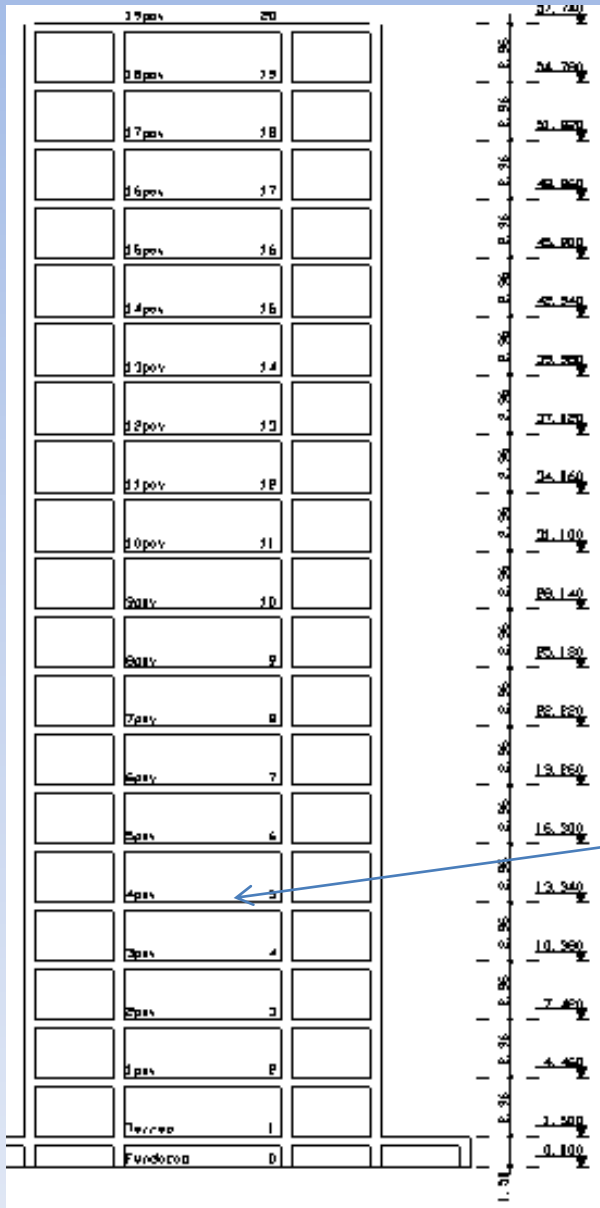
# ESTUDO DE CASO

SENDO ASSIM:

Modelo 6-  $\gamma_z=1,268 < 1,30$

✓ OK

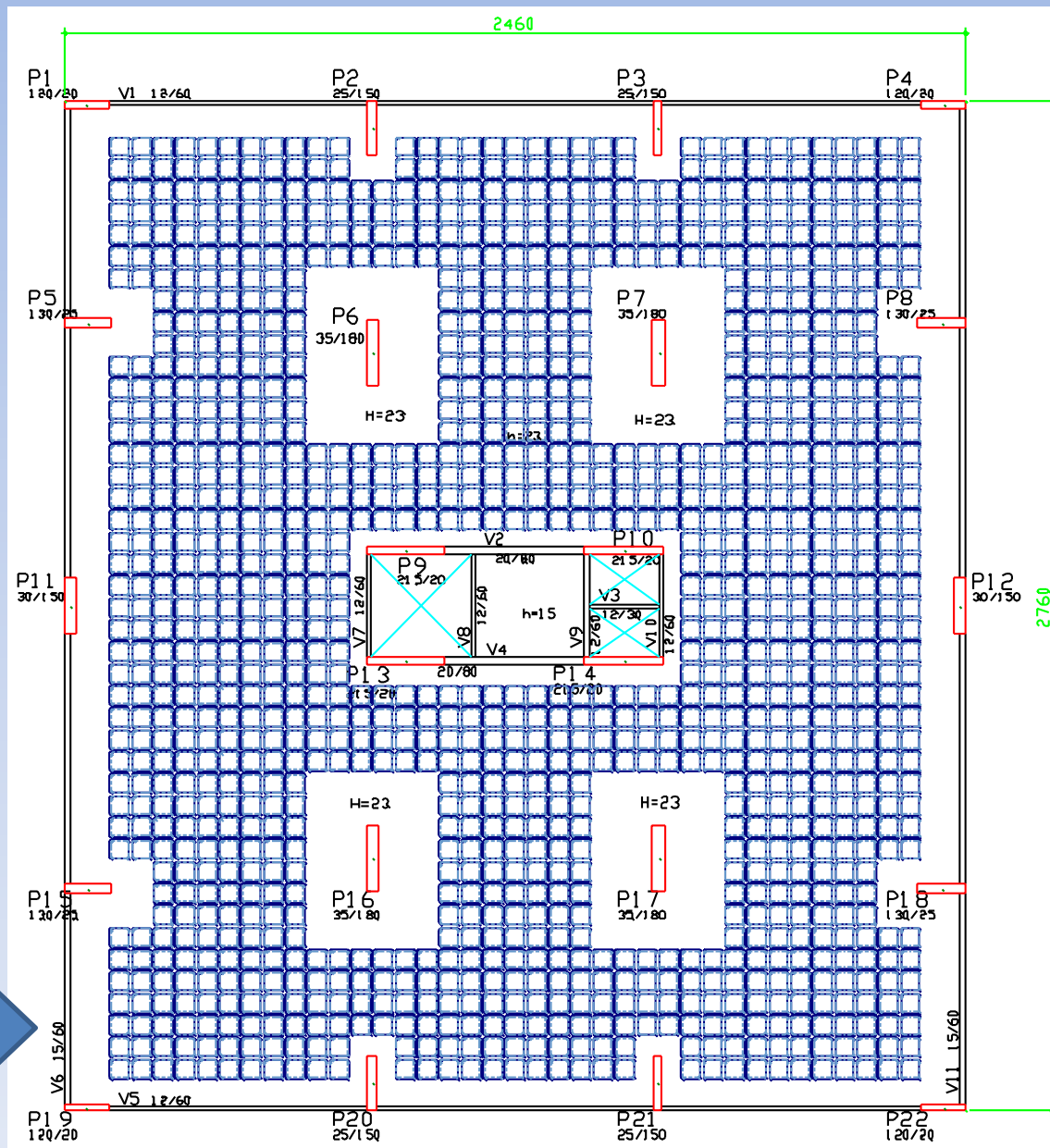
# ESTUDO DE CASO



ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA  
V6 (4° PAVIMENTO- NÍVEL +13,64m)

# ESTUDO DE CASO

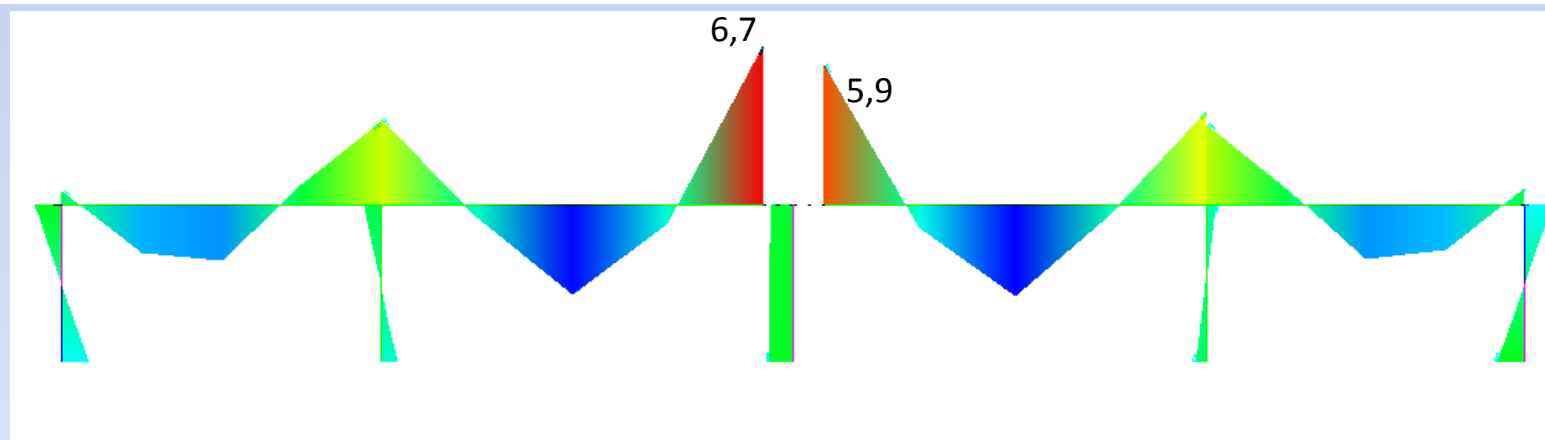
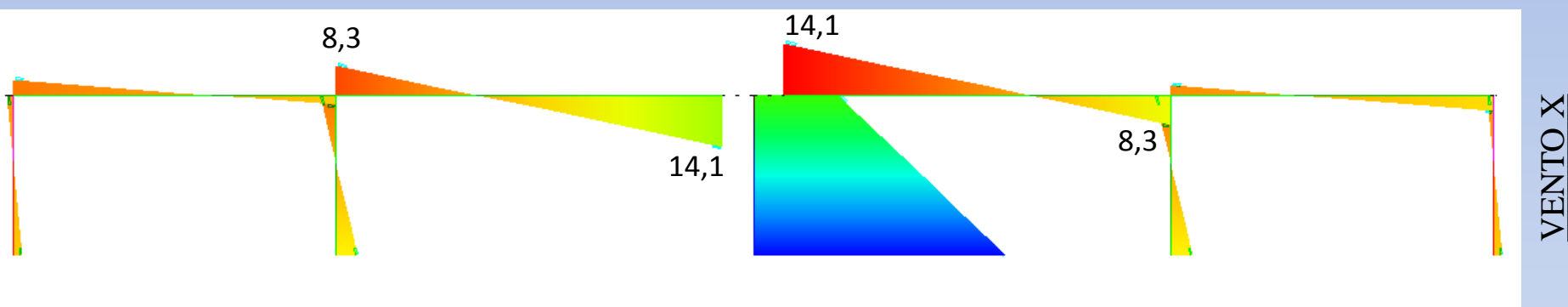
V6-15 x60



# ESTUDO DE CASO

## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA V6

### MODELO 4



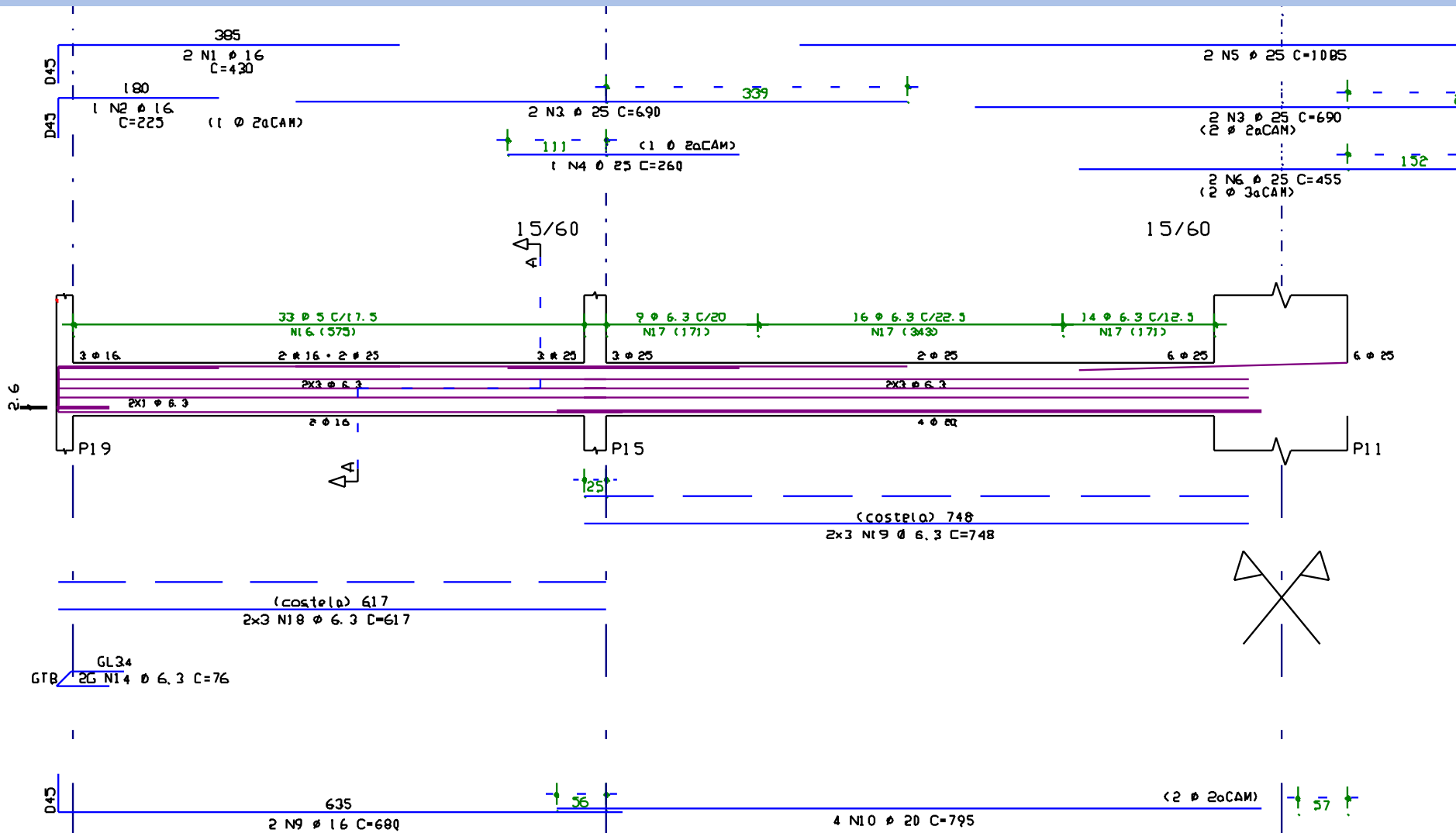
Momentos fletores(tf.m)



# ESTUDO DE CASO

## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA V6

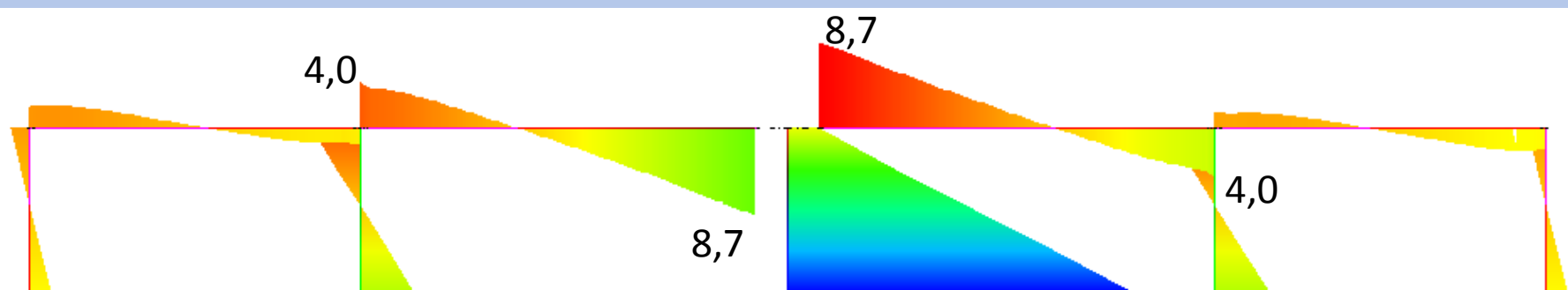
### MODELO 4



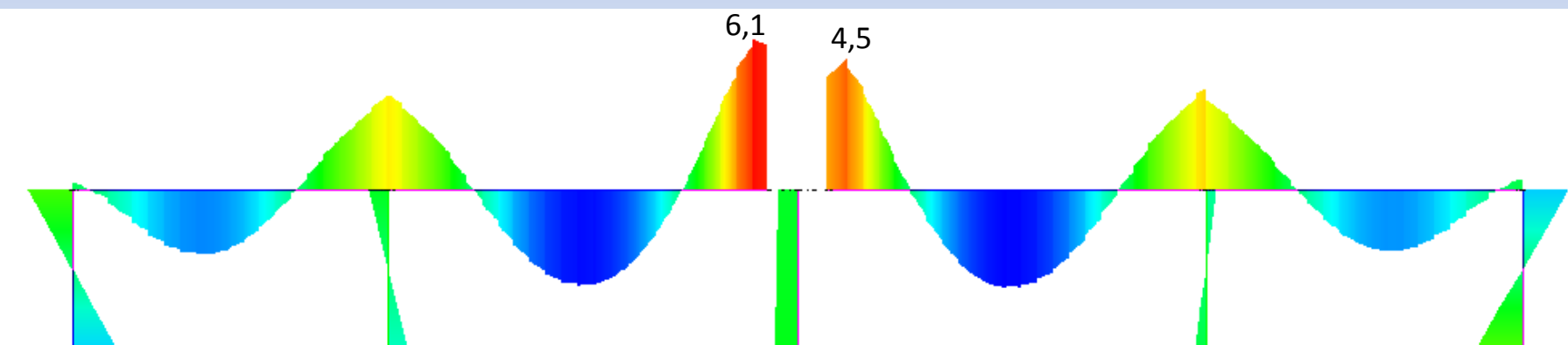
# ESTUDO DE CASO

## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA V6

### MODELO 6



VENTO X

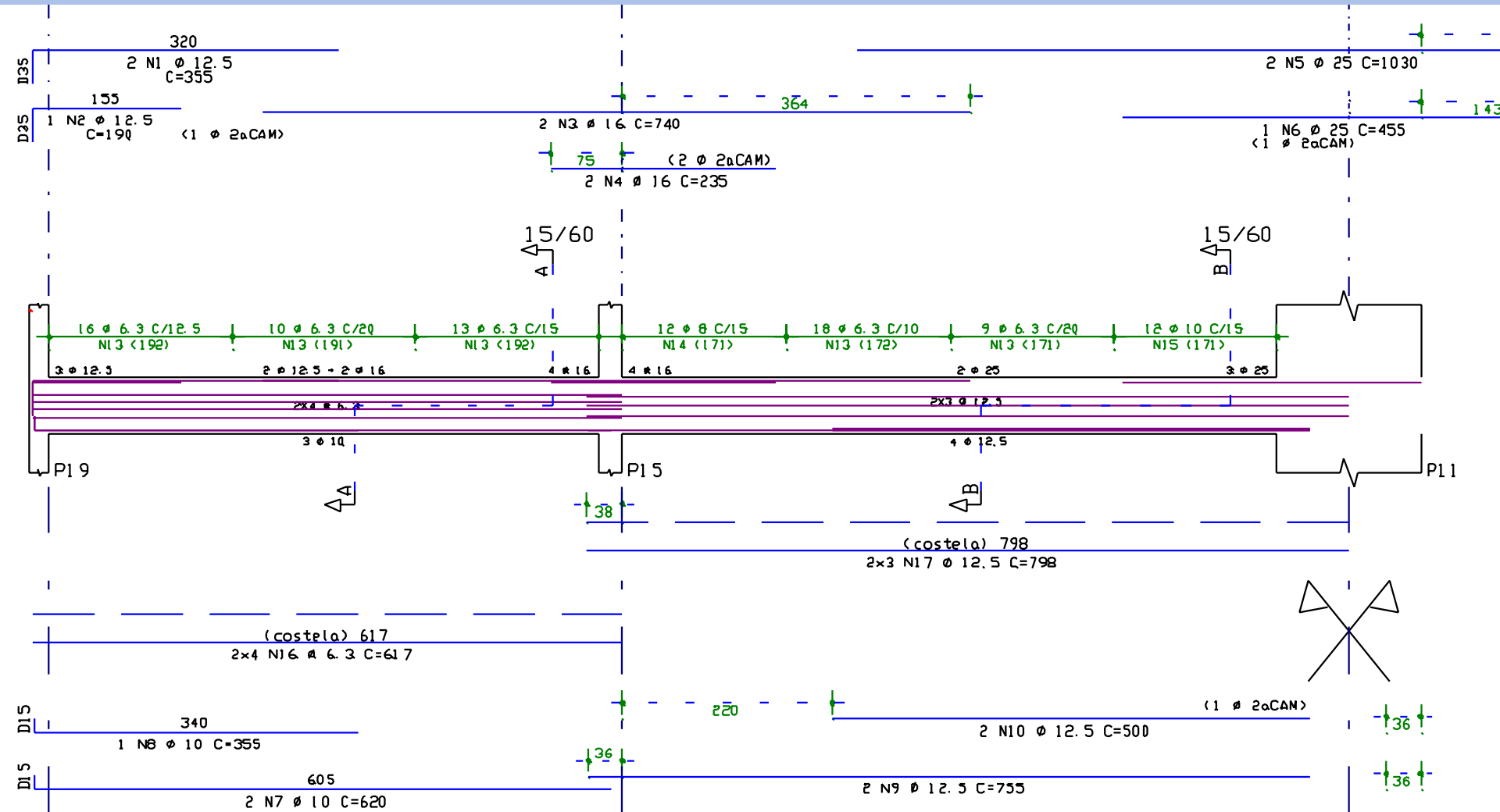


PERM+ACID

# ESTUDO DE CASO

## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA V6

### MODELO 6



# ESTUDO DE CASO

## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA V6

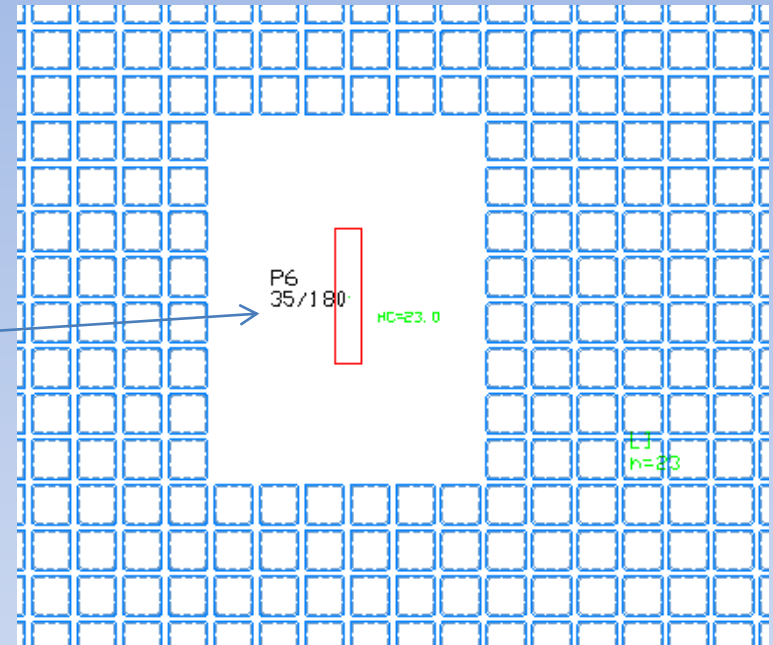
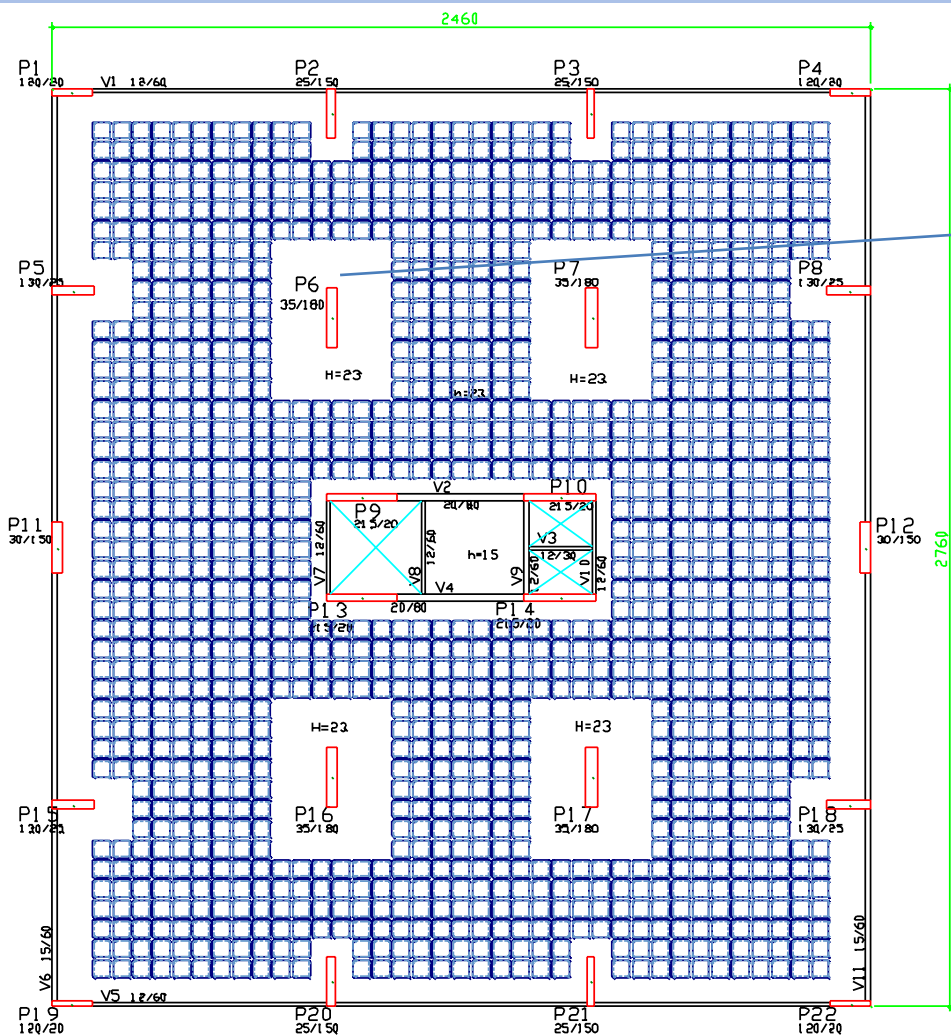
### DIFERENÇA NO CONSUMO DE AÇO TOTAL

MODELO 4 ➤ 695kg

MODELO 6 ➤ 441kg

*Analizando pontualmente, junto aos P5, P11 e P15 encontramos para o modelo 4 o dobro de armadura superior do modelo 6!*

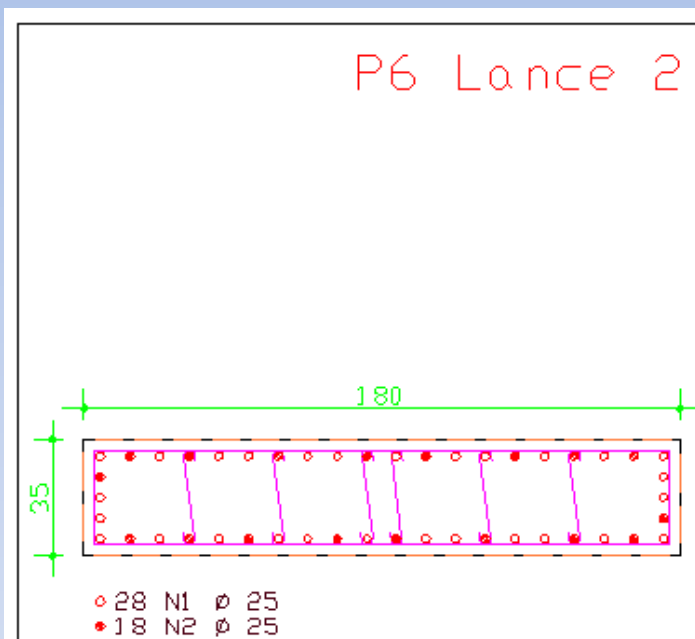
# ESTUDO DE CASO



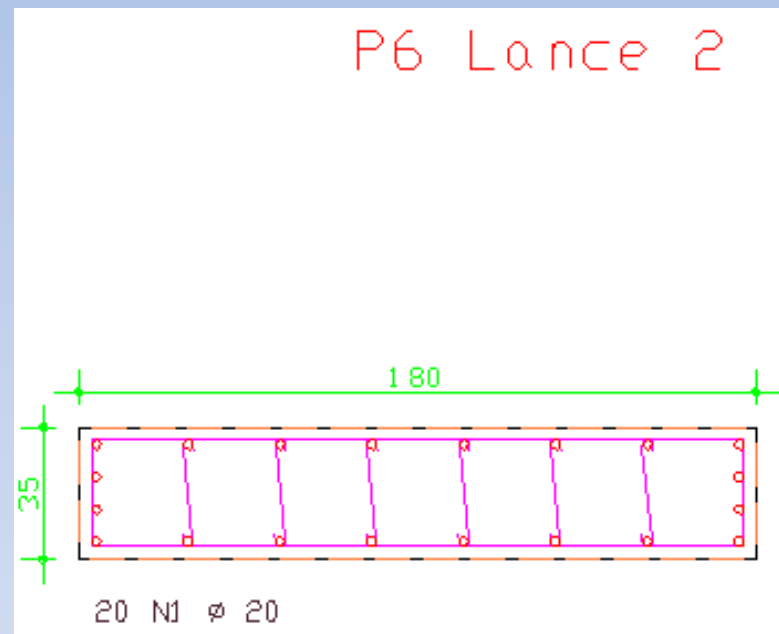
## *ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DO P6*

# ESTUDO DE CASO

## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DO P6- LANCE 2- TÉRREO AO 1º PAVIMENTO



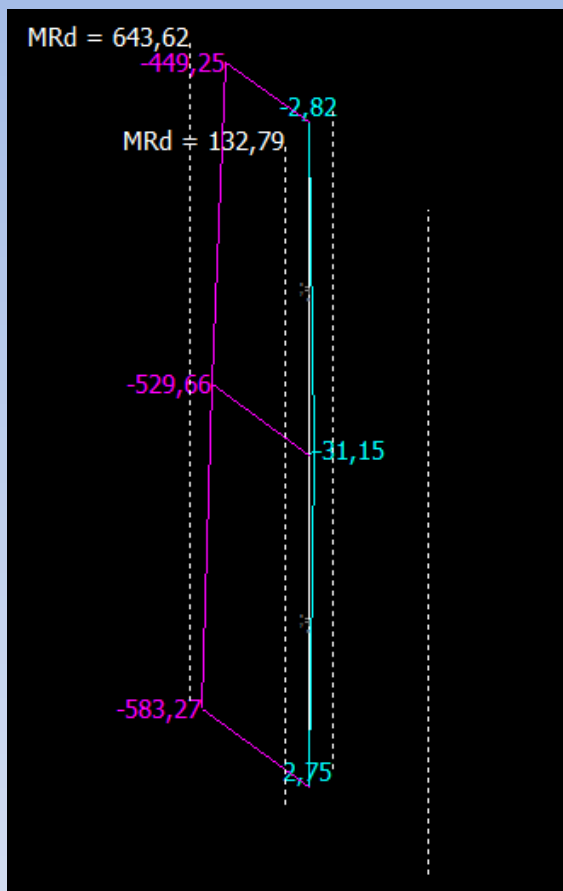
MODELO 4



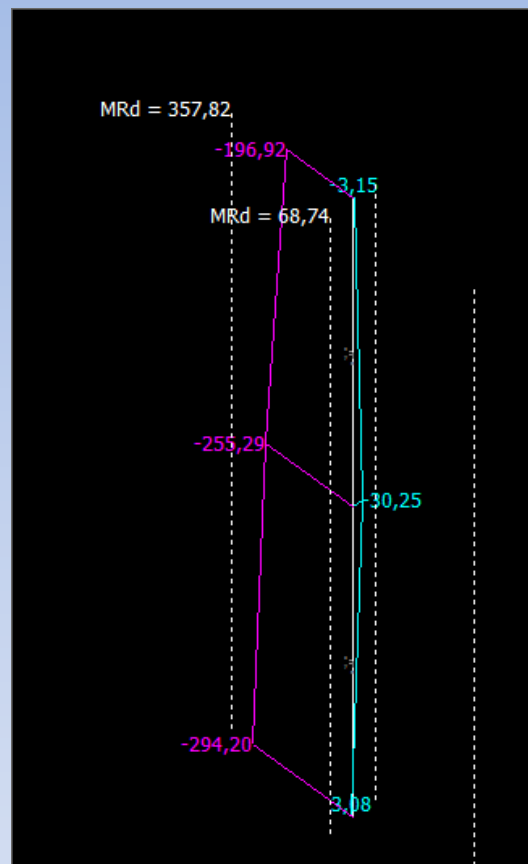
MODELO 6

A armadura obtida com o “MODELO 4” é  
3,6 vezes maior!

# ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DO P6- LANCE 2- TÉRREO AO 1PAVIMENTO



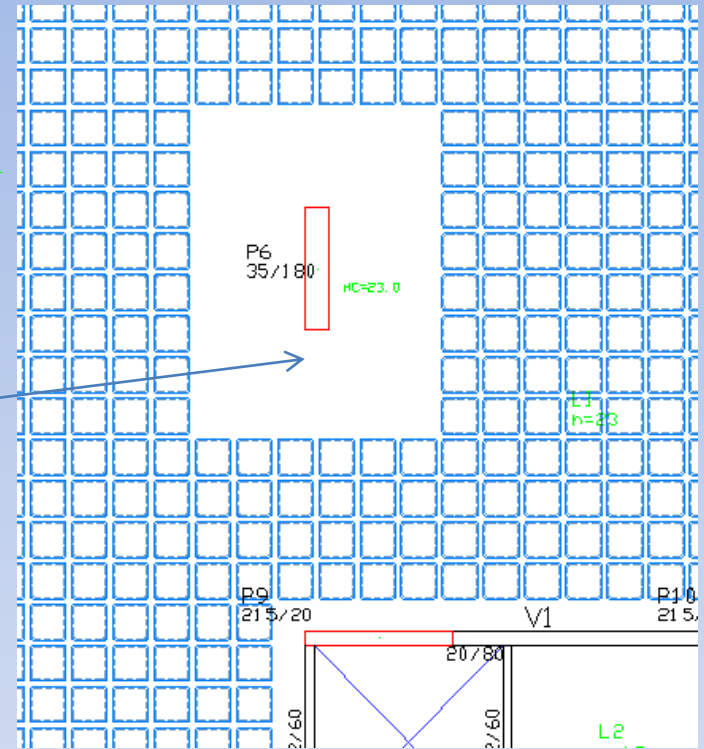
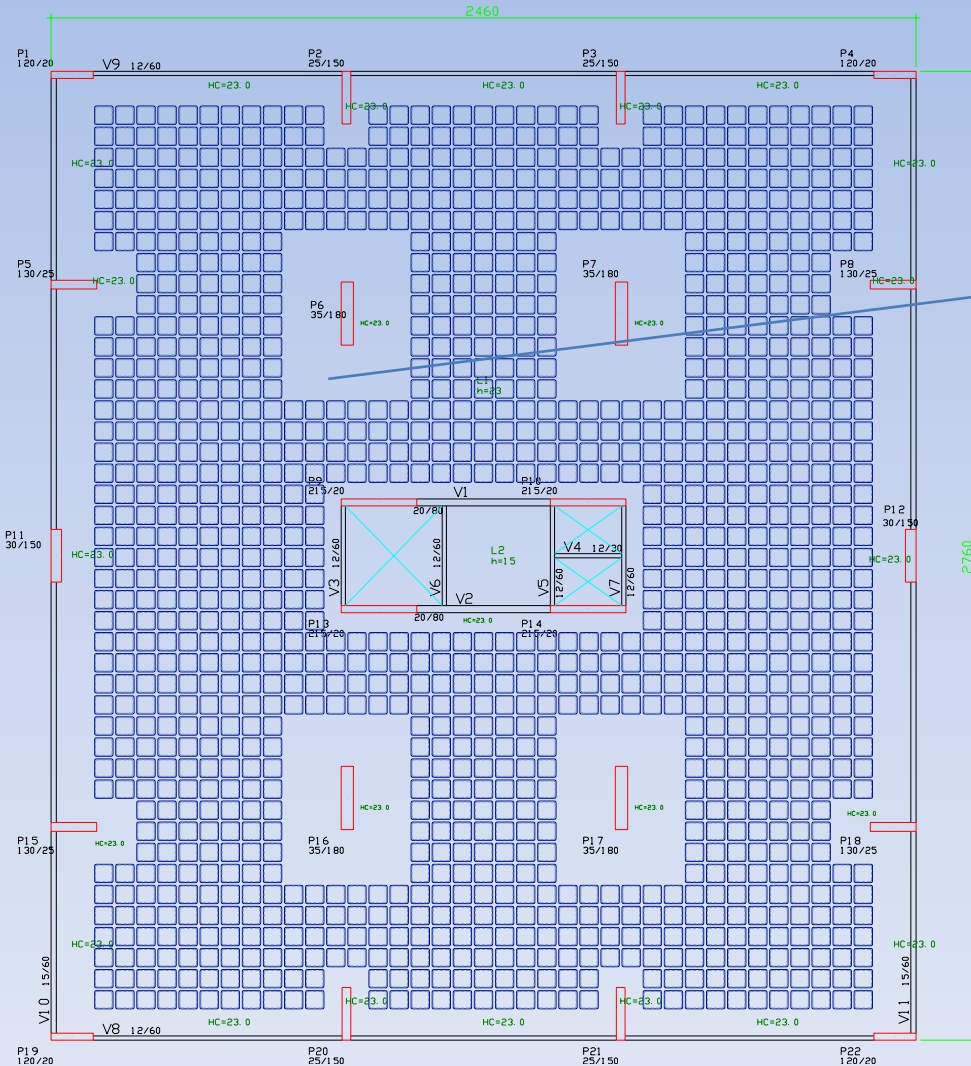
Momentos Resistentes e Solicitantes de dimensionamento-MODELO 4



Momentos Resistentes e Solicitantes de dimensionamento-MODELO 6

**OBSERVAÇÃO:**  
**ESFORÇOS**  
**OBTIDO COM**  
 **$\gamma_z > 1,3$**   
**(INVALIDO)**  
**ANÁLISE**  
**CORRETA**  
**POR P-DELTA**

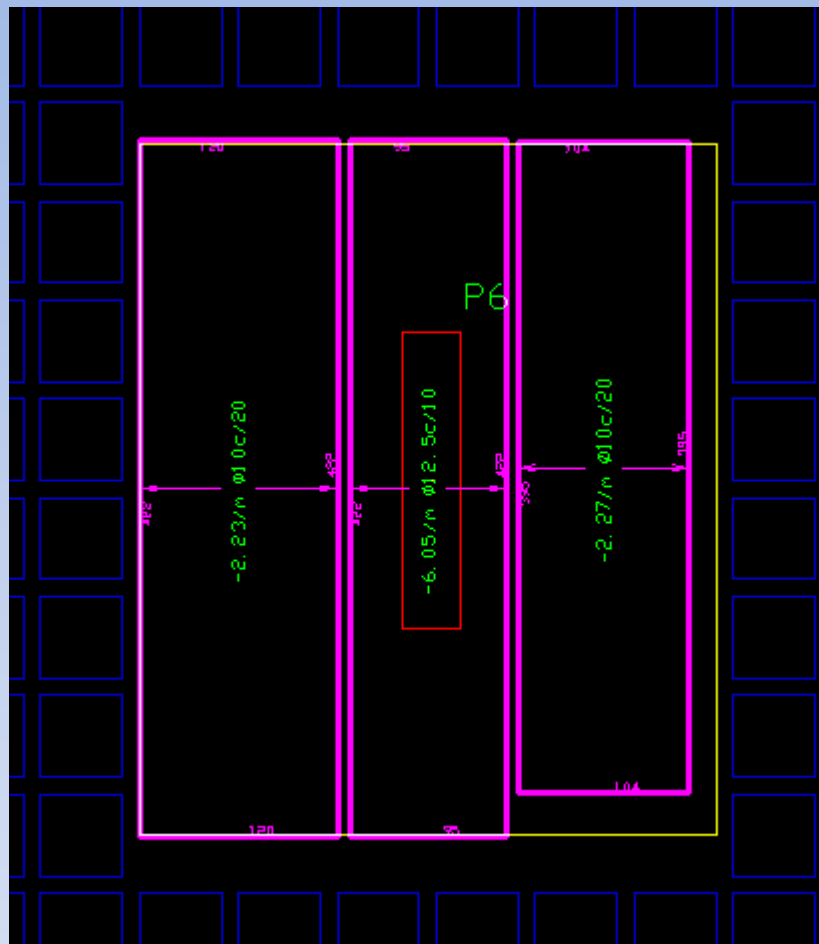
Esforços já majorados por  $\gamma_f=1,40$  e esforços horizontais majorados por  $0,95 \gamma_z$  (diferente em cada modelo)



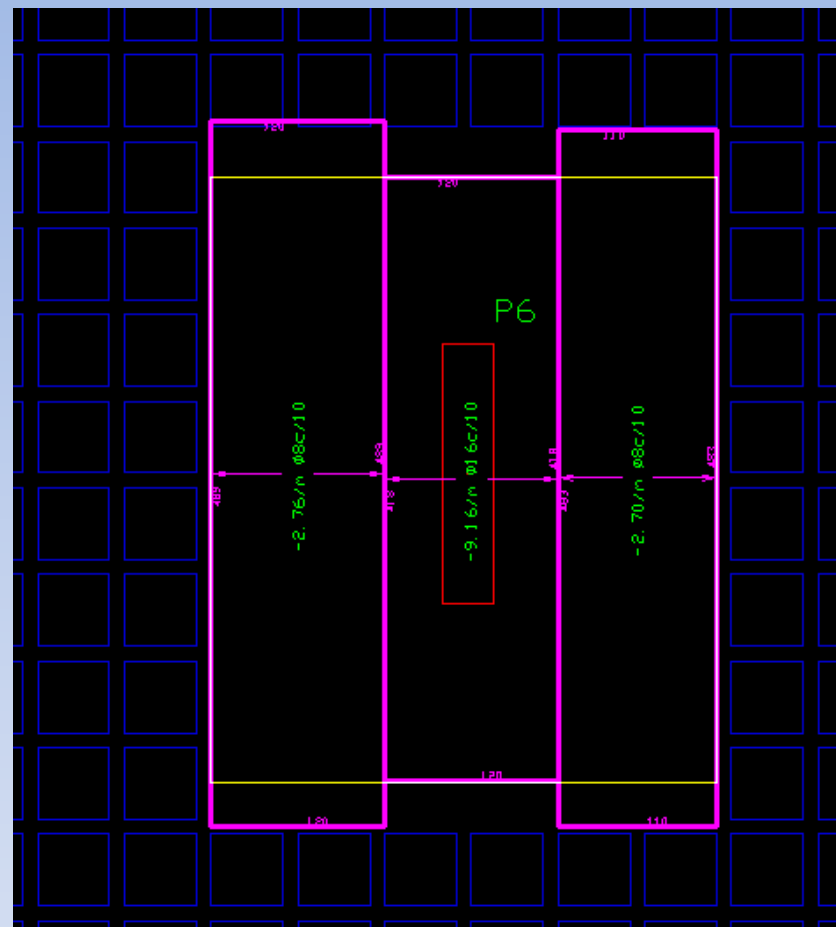
## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA FLEXÃO NEGATIVA JUNTO AO P6



# ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DAS LAJES- NEGATIVO JUNTO AO P6



Momentos fletores (Mk) e Armadura  
detalhada-MODELO 4



Momentos fletores(Mk) e Armadura  
detalhada-MODELO 6

## ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DAS LAJES- NEGATIVO JUNTO AO P6

MITO:

~~“A LAJE NÃO PASSA QUANDO SUA IMPORTÂNCIA É  
GRANDE NO CONTRAVENTAMENTO PARA ESFORÇO  
HORIZONTAIS”~~

DESMITIFICADO!

NESTE CASO OS ESFORÇO AUMENTARAM EM TORNO DE  
50%. OBVIAMENTE DEVEMOS ARMAR AS LAJES PARA  
COMBINAÇÕES ENVOLVENDO ESFORÇOS ORIUNDOS DE  
CARGAS HORIZONTAIS, MAS...

A LAJE PASSA!!!

# ANÁLISE DO CONSUMO DE AÇO

## COMPARATIVO DE CONSUMO DE AÇO(kg)

	Modelo 4	Modelo 6	Modelo 4/ Modelo 6
Lajes	220293	236239	0,93
Vigas	49257	40803	1,21
Pilares	74868	58010	1,29
<b>total</b>	<b>344418</b>	<b>335052</b>	<b>1,03</b>

## ÍNDICES-MODELO 6

Espessura média (m)	0.19
Taxa de formas (m2/m2)	0.56
Taxa de aço (kg/m2)	24.98
Taxa de aço (kg/m3)	132.07

## ÍNDICES-MODELO 4

Espessura média (m)	0.19
Taxa de formas (m2/m2)	0.56
Taxa de aço (kg/m2)	25.68
Taxa de aço (kg/m3)	135.76

# ANÁLISE NÃO-LINEAR

Concreto Armado:

Material  
comportamento  
essencialmente  
não-linear

ANÁLISE DE  
PAVIMENTOS



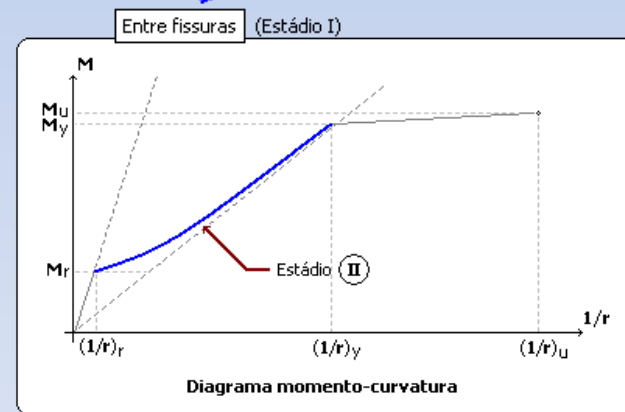
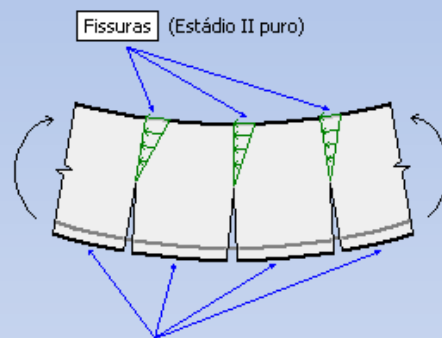
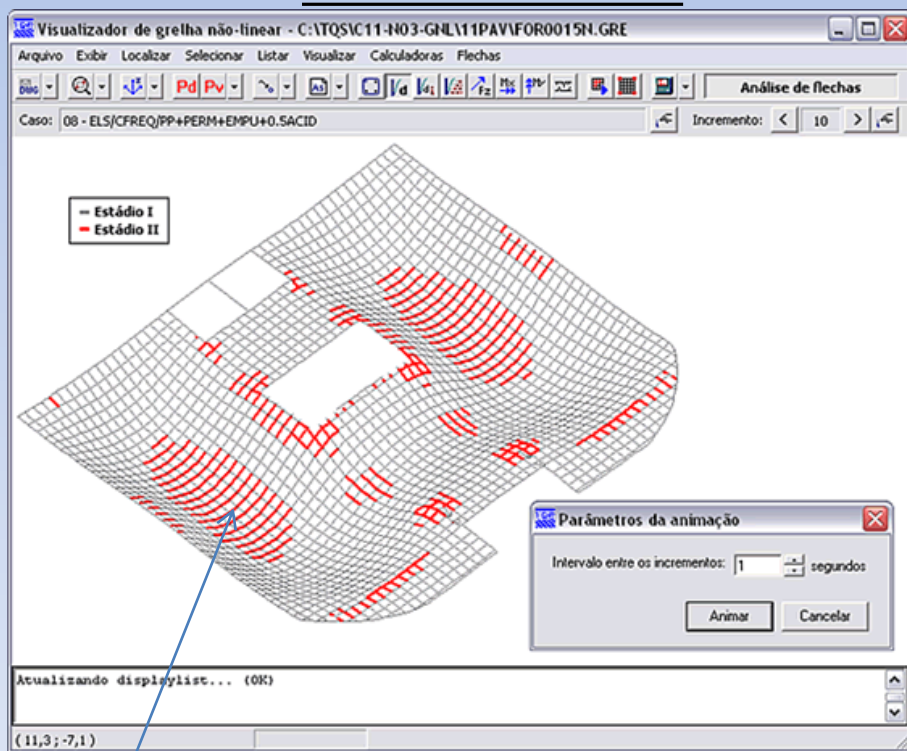
**É OBRIGATÓRIO**  
CONSIDERAR A REDUÇÃO  
DA RIGIDEZ DOS  
ELEMENTOS APÓS A  
FISSURAÇÃO

# CALCULO DE FLECHAS



MESMO COM OS ENORMES  
AVANÇOS A ESTIMATIVA DA  
FLECHA É UM GRANDE  
PARADIGMA

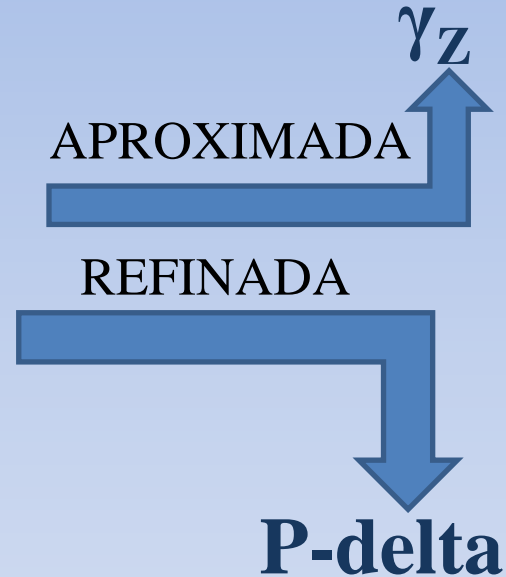
ENVOLVE ASPECTOS DE  
GRANDE COMPLEXIDADE



GRELHA NÃO-LINEAR : CALCULA FLECHAS CONSIDERANDO A  
ARMADURA E A FISSURAÇÃO EM CADA NÍVEL DE CARREGAMENTO

# CONSIDERAÇÃO DA NÃO- LINEARIDADE NA ANÁLISE DE PÓRTICOS

CONSIDERAÇÃO DA  
NÃO-LINEARIDADE  
GEOMÉTRICA

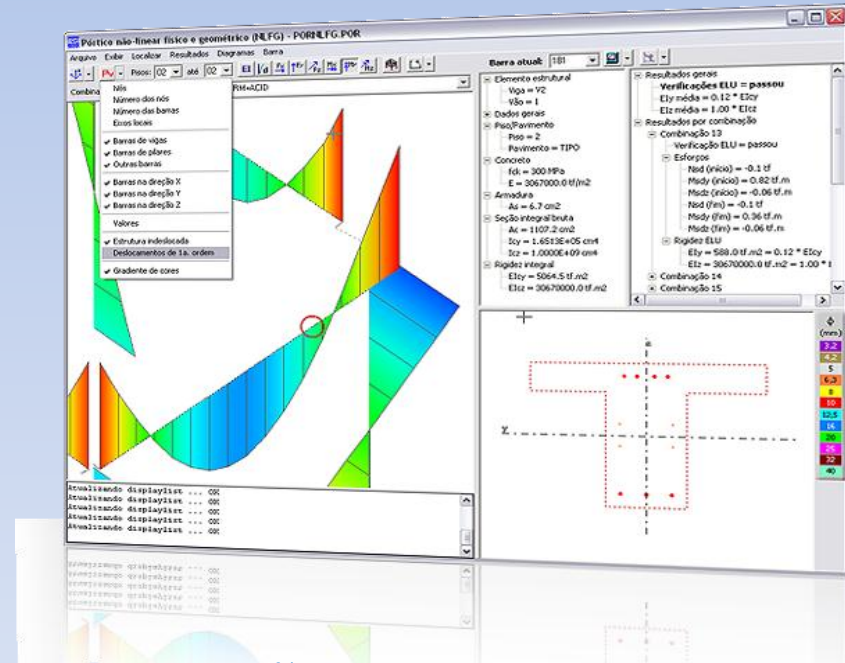
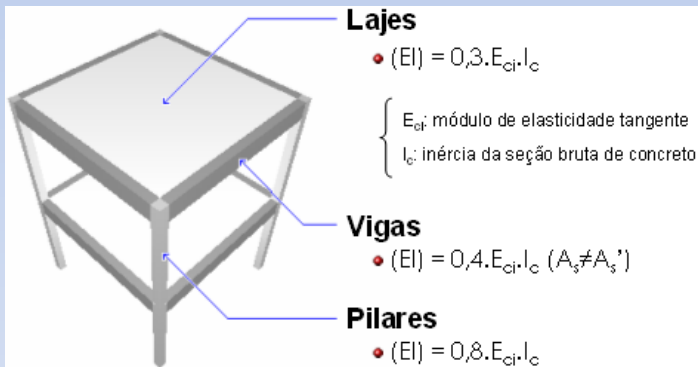


# CONSIDERAÇÃO DA NÃO-LINEARIDADE NA ANÁLISE DE PÓRTICOS

APROXIMADA

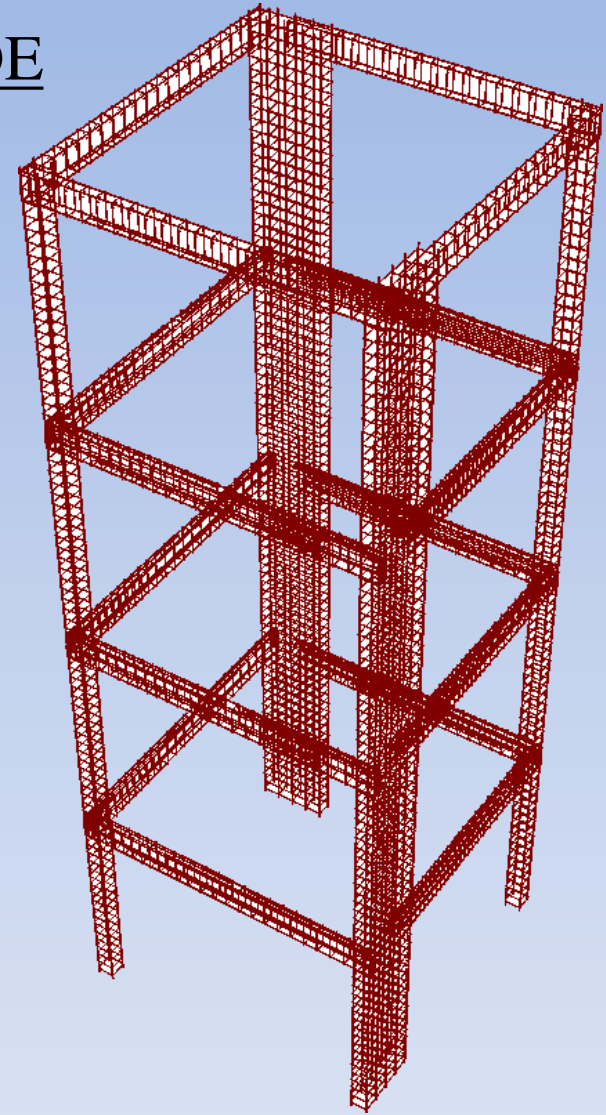
## CONSIDERAÇÃO DA NÃO-LINEARIDADE FÍSICA

REFINADA



## PÓRTICO NÃO LINEAR FÍSICO E GEOMÉTRICO

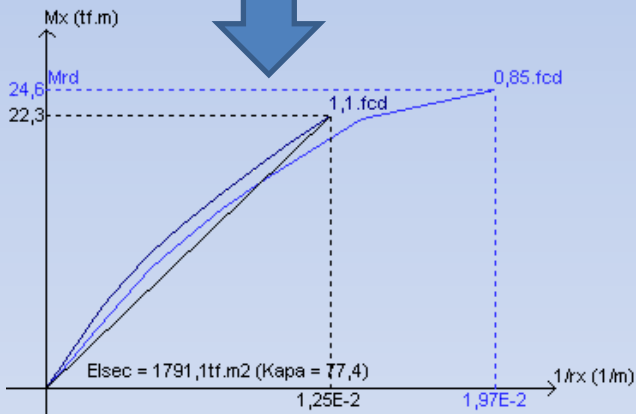
# CONSIDERAÇÃO DA NÃO- LINEARIDADE NA ANÁLISE DE PÓRTICOS



RIGIDEZ DAS VIGAS E PILARES



ARMADURAS  
CONHECIDAS



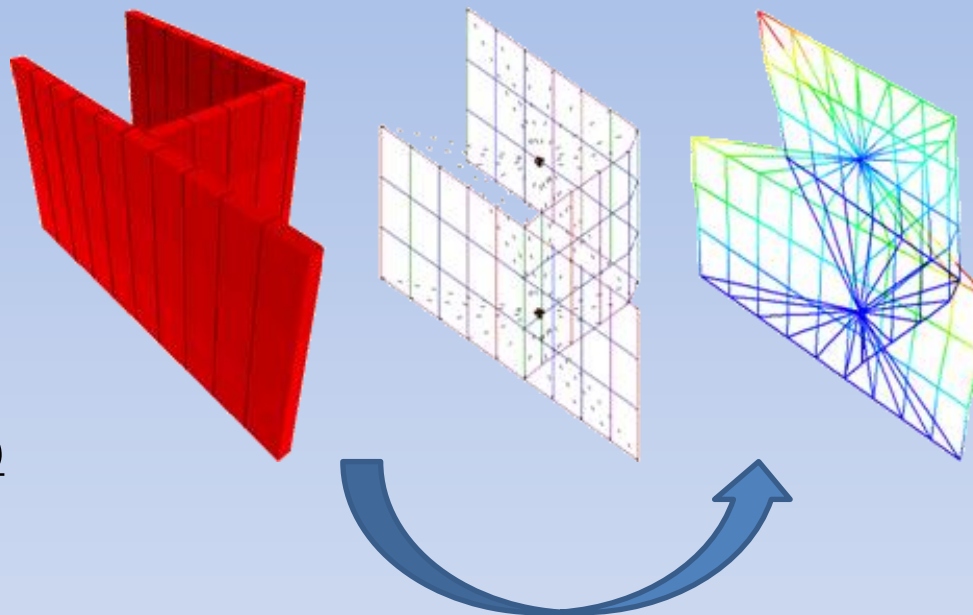
EM GERAL NÃO É VIÁVEL  
CONSIDERAR A LAJE!



# CONSIDERAÇÃO DE ELEMENTOS VERTICAIS DE SUPERFÍCIE

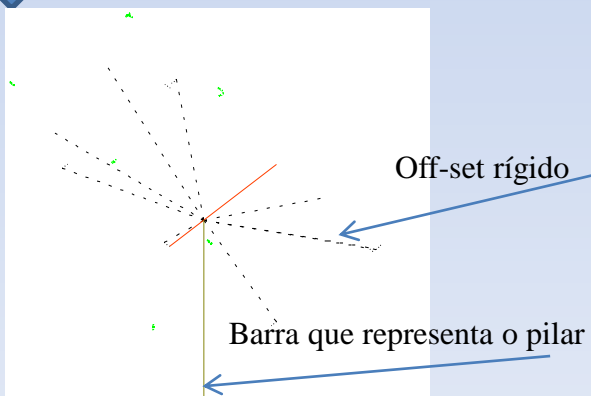
## CONSIDERAÇÃO NO MODELO GLOBAL

MODELO  
UNIFILAR ( PODE  
NÃO SER  
REPRESENTATIVO )



ANÁLISE DOS EFEITOS LOCALIZADOS REFINADO  
E CÁLCULO DA RIGIDEZ A TORÇÃO  
EQUIVALENTE

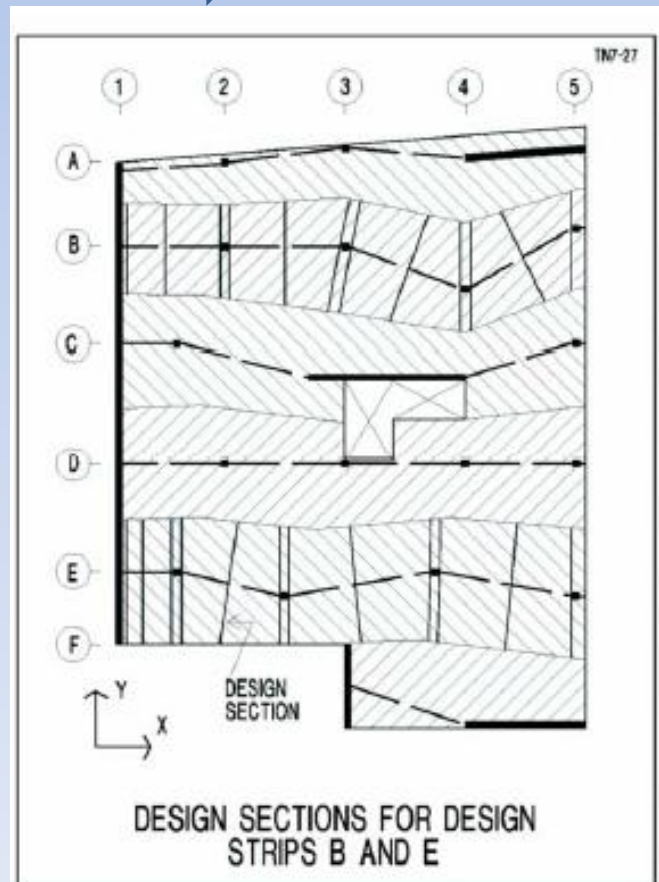
TEMOS QUE EVOLUIR PARA A  
CONSIDERAÇÃO MAIS PRECISA DESTES  
ELEMENTOS NO MODELO GLOBAL!!!(EM  
TODOS OS SISTEMAS INTEGRADOS)



## ANÁLISE DE PAVIMENTOS PROTENDIDOS

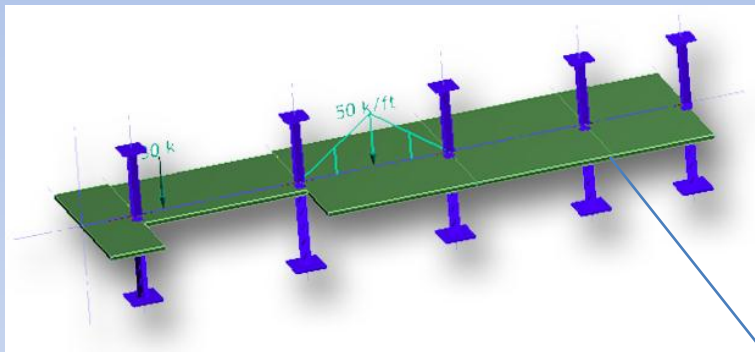
MÉTODOS SIMPLIFICADO → **PÓRTICO EQUIVALENTE**

UTILIZADO  
LARGAMENTE NOS  
EUA À MAIS DE 50  
ANOS, RESPALDADO  
POR ENSAIOS

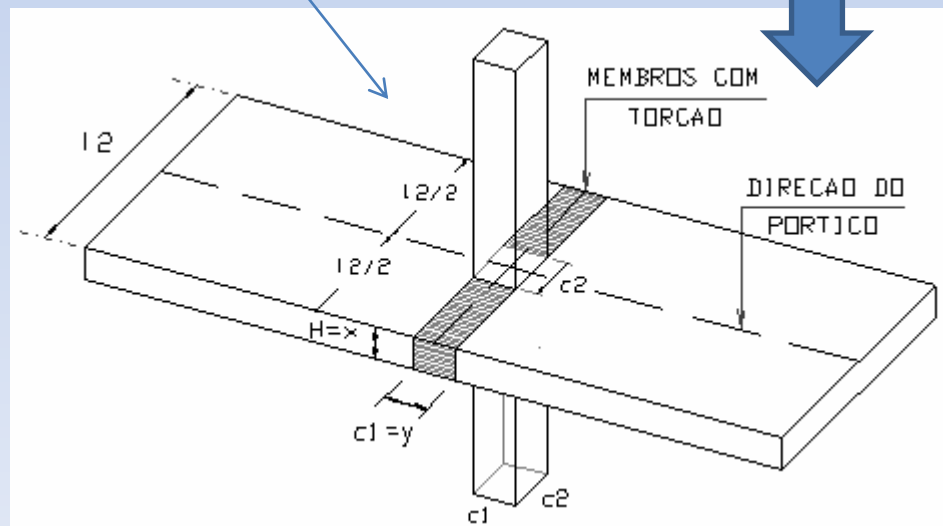


# ANÁLISE DE PAVIMENTOS PROTENDIDOS

## PÓRTICO EQUIVALENTE



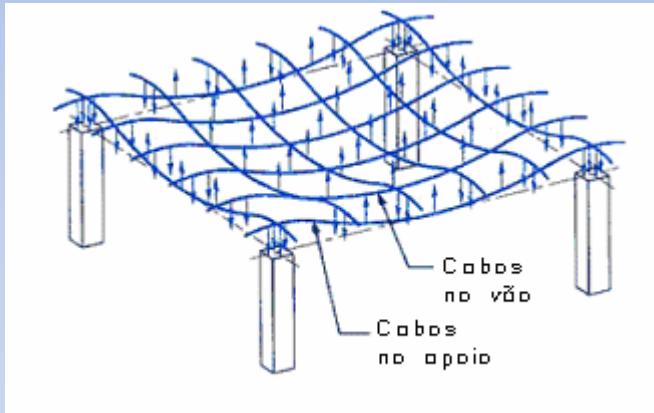
CORREÇÃO DA RIGIDEZ DOS  
PILARES PARA CONSIDERAR O  
FUNCIONAMENTO BI-DIRECIONAL  
DA LAJE ATRAVÉS DA DEFINIÇÃO  
DE MEMBROS COM TORÇÃO NA  
DIREÇÃO TRANSVERSAL



# ANÁLISE DE PAVIMENTOS PROTENDIDOS

## MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

CONSIDERA-SE O FUNCIONAMENTO DA ESTRUTURA TOTALMENTE INTEGRADA, OBTENDO-SE ESFORÇOS DEVIDO ÀS CARGAS GRAVITACIONAIS E CARGAS EQUIVALENTE ATRAVÉS DO MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS, COM A CONSIDERAÇÃO DO FUNCIONAMENTO BI-DIRECIONAL. O ELEMENTO DE MODELAGEM DAS LAJES PODE SER BARRA OU CASCA.



# ANÁLISE DE PAVIMENTOS PROTENDIDOS

## MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

SITUAÇÕES EM  
QUE INDICA-SE  
FORTEMENTE  
APLICAÇÃO DO  
MÉTODO DOS  
ELEMENTOS  
FINITOS

- PAVIMENTOS COM DISTRIBUIÇÃO DE CARGA E GEOMETRIA MUITO IRREGULARES
- PAVIMENTOS COM MECANISMO MIXTO DE LAJES COM VIGAS
- PAVIMENTOS COM GRANDES ABERTURAS
  - SITUAÇÕES PARTICULARES AONDE É NECESSÁRIO CONSIDERAR O ESPRAIMENTO DAS TENSÕES DE COMPRESSÃO (CONSIDERA-SE 90° NO PÓRTICO EQUIVALENTE).  
EX.: BALANÇOS COM CABOS CONCENTRADOS
  - OUTRAS SITUAÇÕES DE MECANISMOS ONDE MODELAGEM UNIFILAR NÃO SEJA REPRESENTATIVA



**MUITO OBRIGADO!!!**