

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PRODUÇÃO
CONCRETO PRÉ-MOLDADO

03 e 04/11/2005

Produção
Projeto
Pesquisa CPM

São Carlos - S
Brasil

ESTABILIDADE GLOBAL DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS: EFEITO DAS LIGAÇÕES SEMI-RÍGIDAS

Prof. Dr. Marcelo Ferreira - UFSCar

Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo - UFG

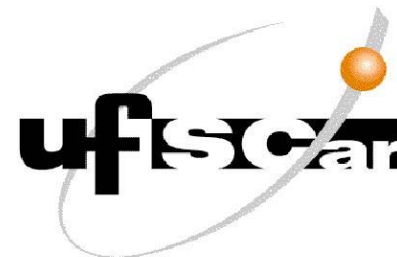
Eng. Antônio Carlos Jeremias Jr. – UFSCar

Eng^a. Bruna Catoia – UFSCar

Eng^a. Marcela Novischi Kataoka - UFSCar



Núcleo de Estudo e Tecnologia
em Pré-Moldados de Concreto



www.deciv.ufscar.br/netpre

- **Estabilidade Global**

- Evita a perda de estabilidade no ELU
- Estruturas de nós fixos e nós móveis
- Parâmetros de instabilidade NBR 6118 (ABNT, 2003)
 - Parâmetro α

$$\alpha = H_{TOT} \sqrt{\frac{N_k}{E_c I_c}}$$

$$\alpha_1 = 0,2 + 0,1 n \quad \text{se } n \leq 3$$

$$\alpha_1 = 0,6 \quad \text{se } n \geq 4$$

- **Coeficiente γ_z**

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

$$\gamma_z \leq 1,1$$

Estrutura Pré-Moldada em Esqueleto



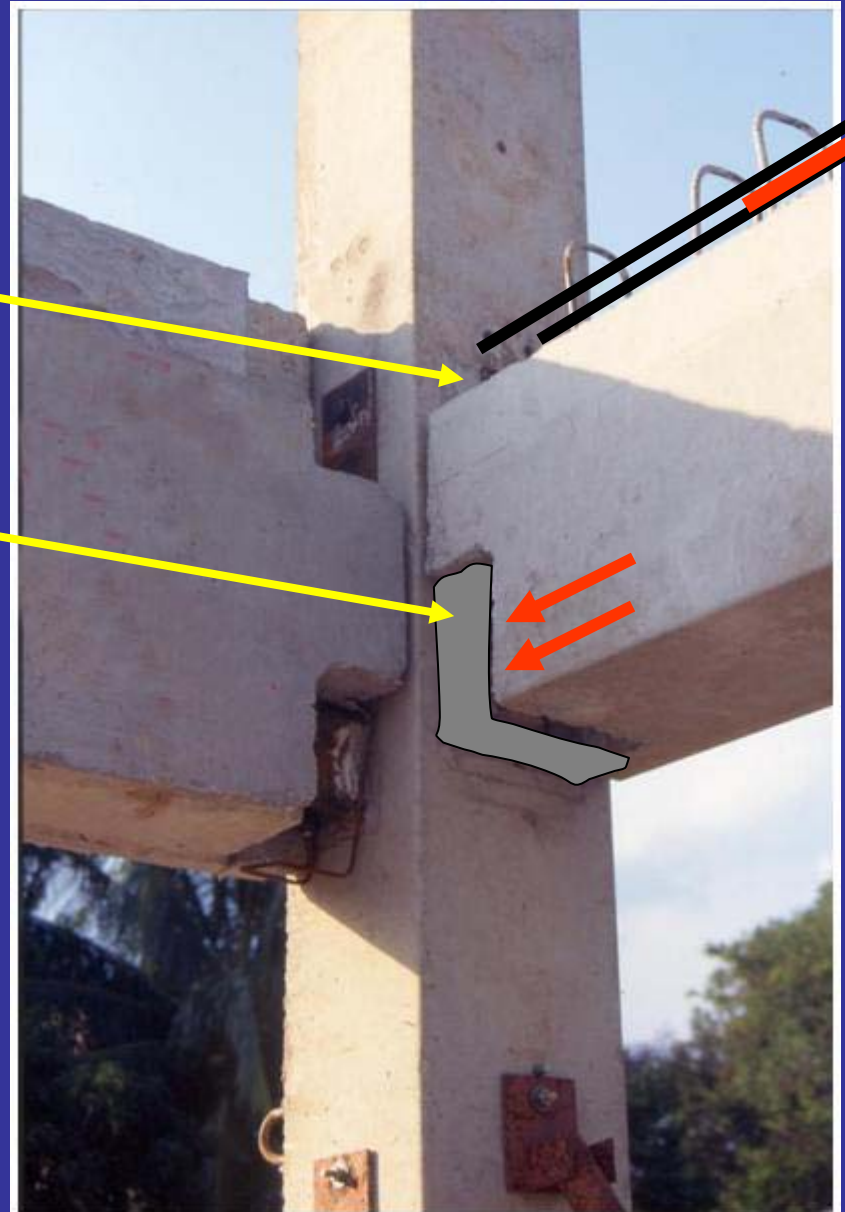
Estrutura Pré-Moldada em Esqueleto

Ligação projetada inicialmente como articulada



Estrutura Pré-Moldada em Esqueleto

**Adicionando
armadura de
continuidade no
nível da laje, com
preenchimento
com graute....**



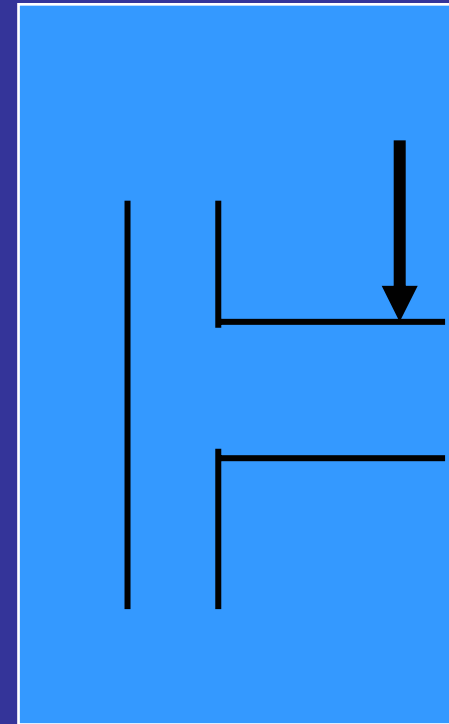
Estruturas Pré-Moldadas Semi-Rígidas



**Estruturas
Pré-Moldadas
Semi-Contínuas**

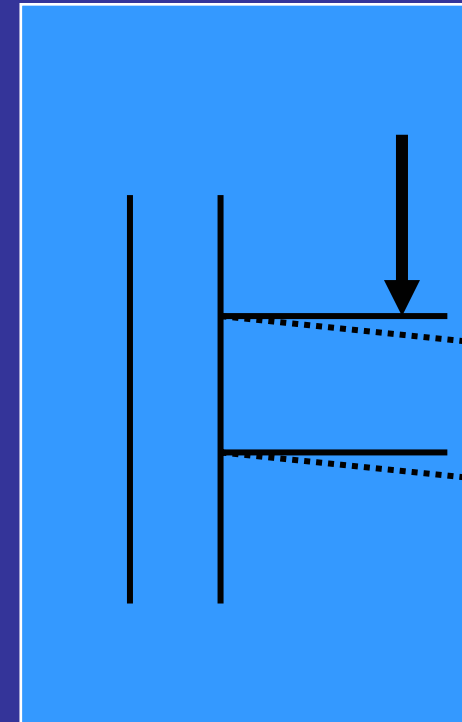
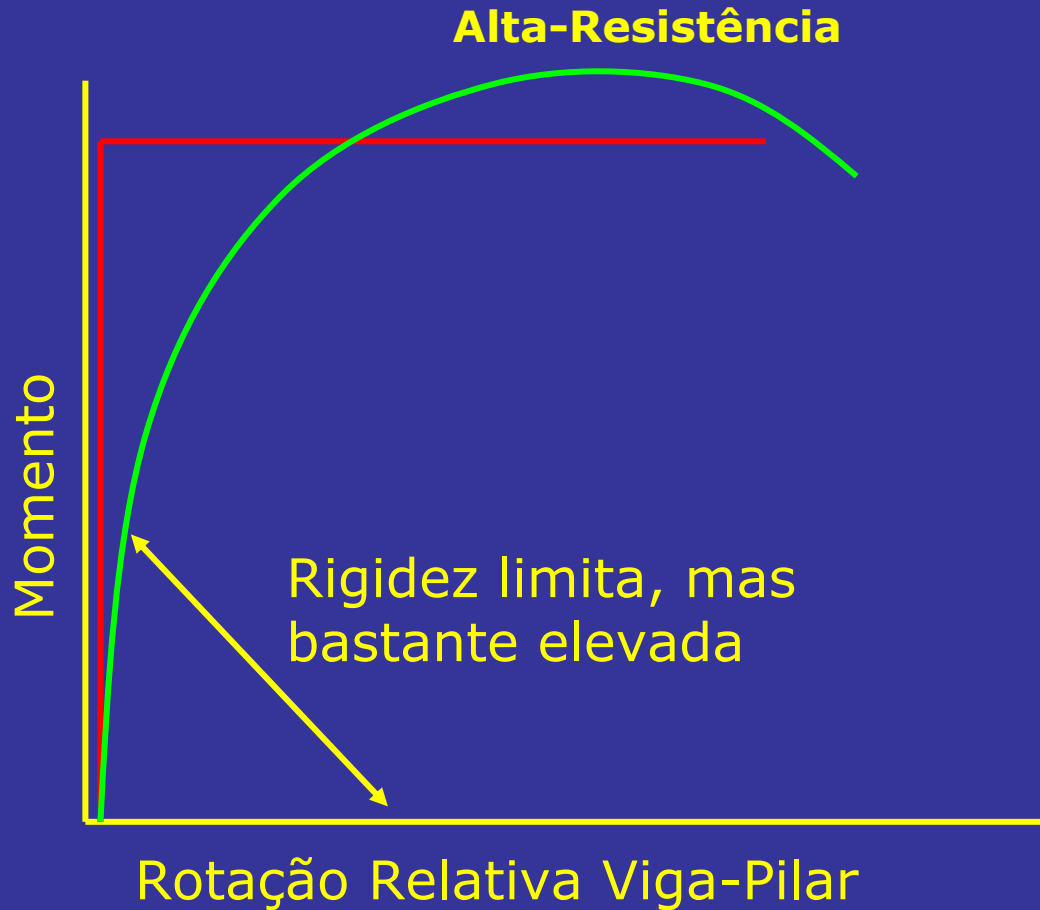
O que é uma ligação semi-rígida ?

• Idealização



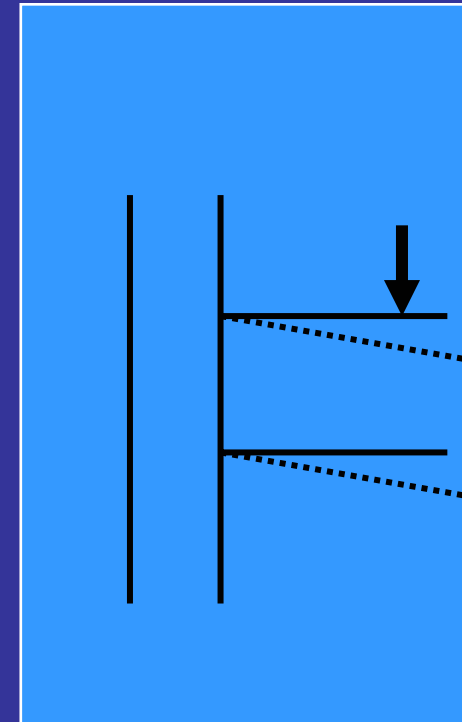
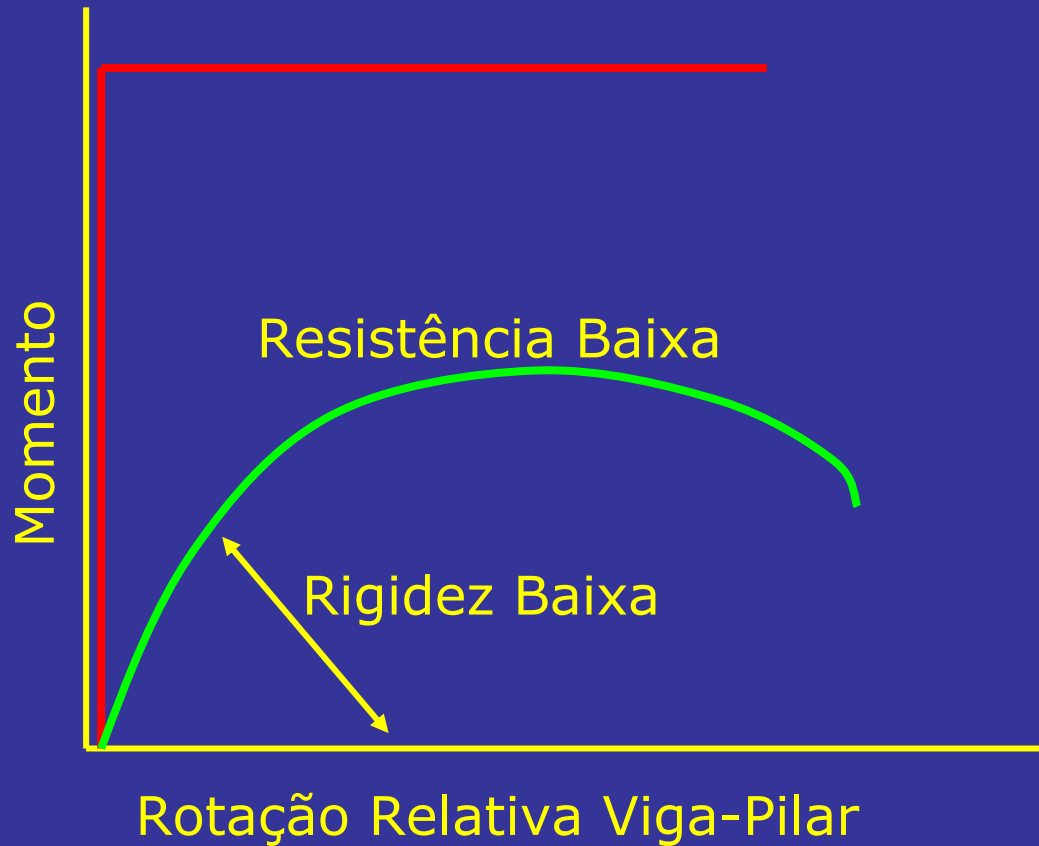
O que é uma ligação semi-rígida ?

- Ligação monolítica real



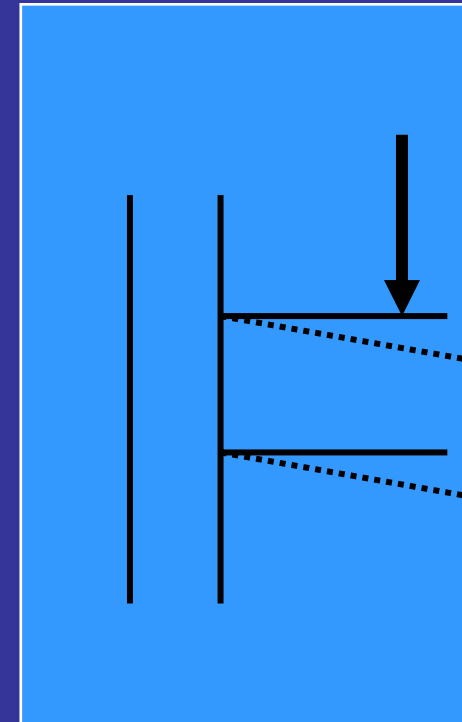
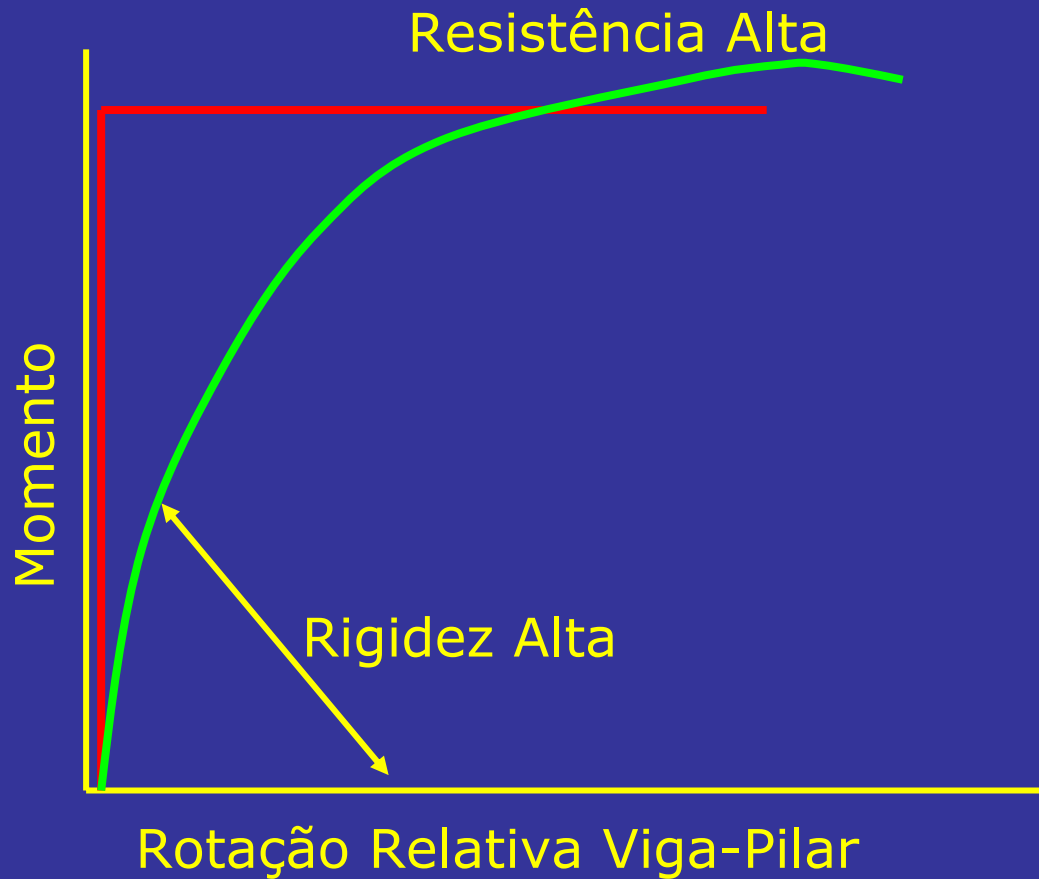
O que é uma ligação semi-rígida ?

- Ligação semirígida



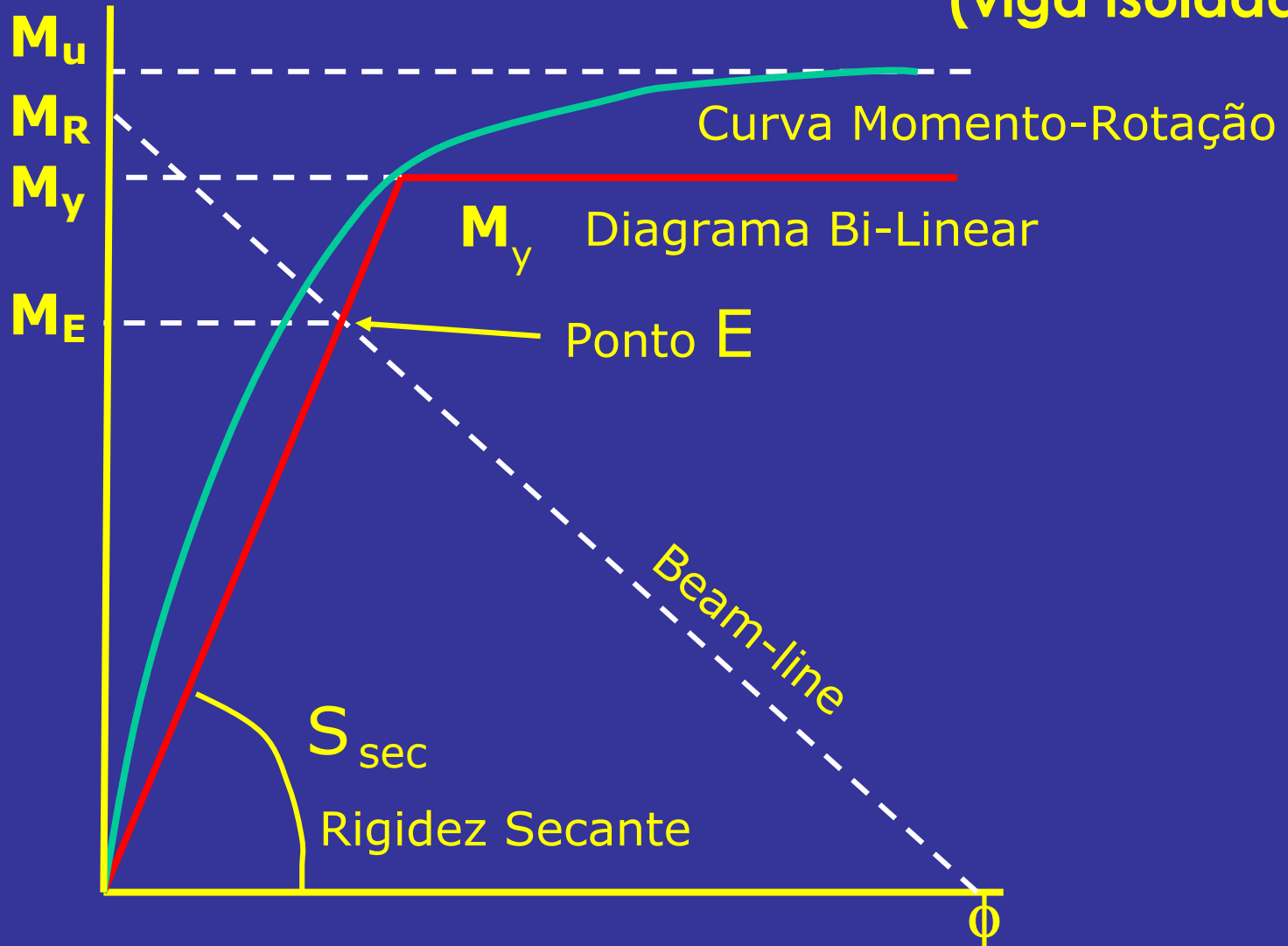
O que é uma ligação semi-rígida ?

- Ligação semirígida

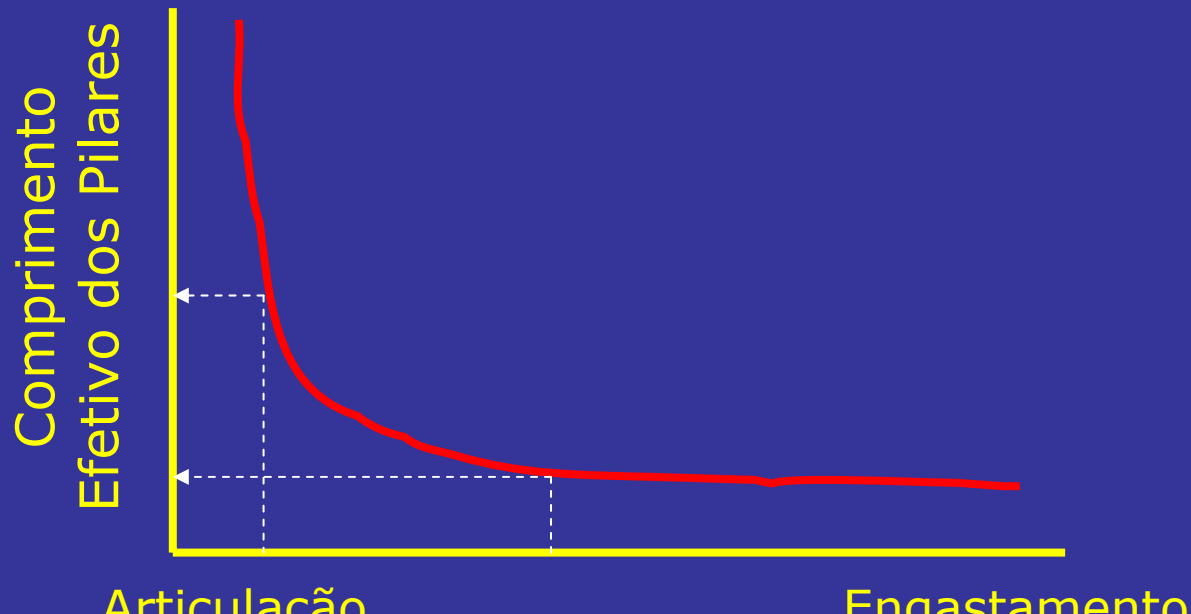
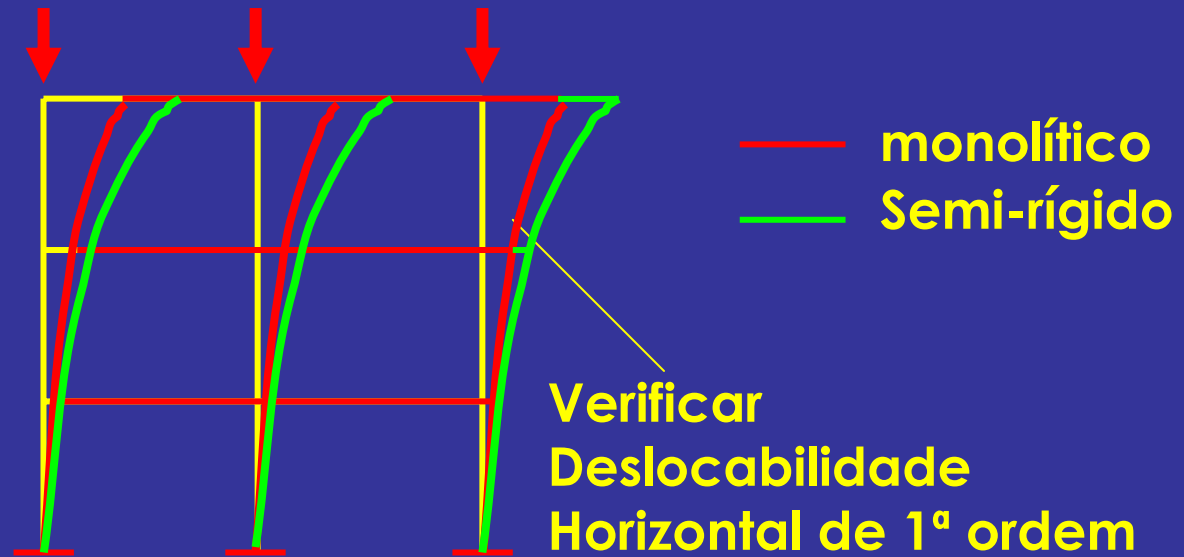


Rigidez à Flexão da Ligação PCI (1988)

Definindo Critérios de Resistência e Rigidez (viga isolada)



Influência da Ligação na estabilidade global



Rigidez à Flexão da Ligação semi-rígida

O “fator de restrição” α_R associa a rigidez à flexão da ligação viga-pilar, S_{sec} , com a rigidez da viga $E_c I_{viga}/L$

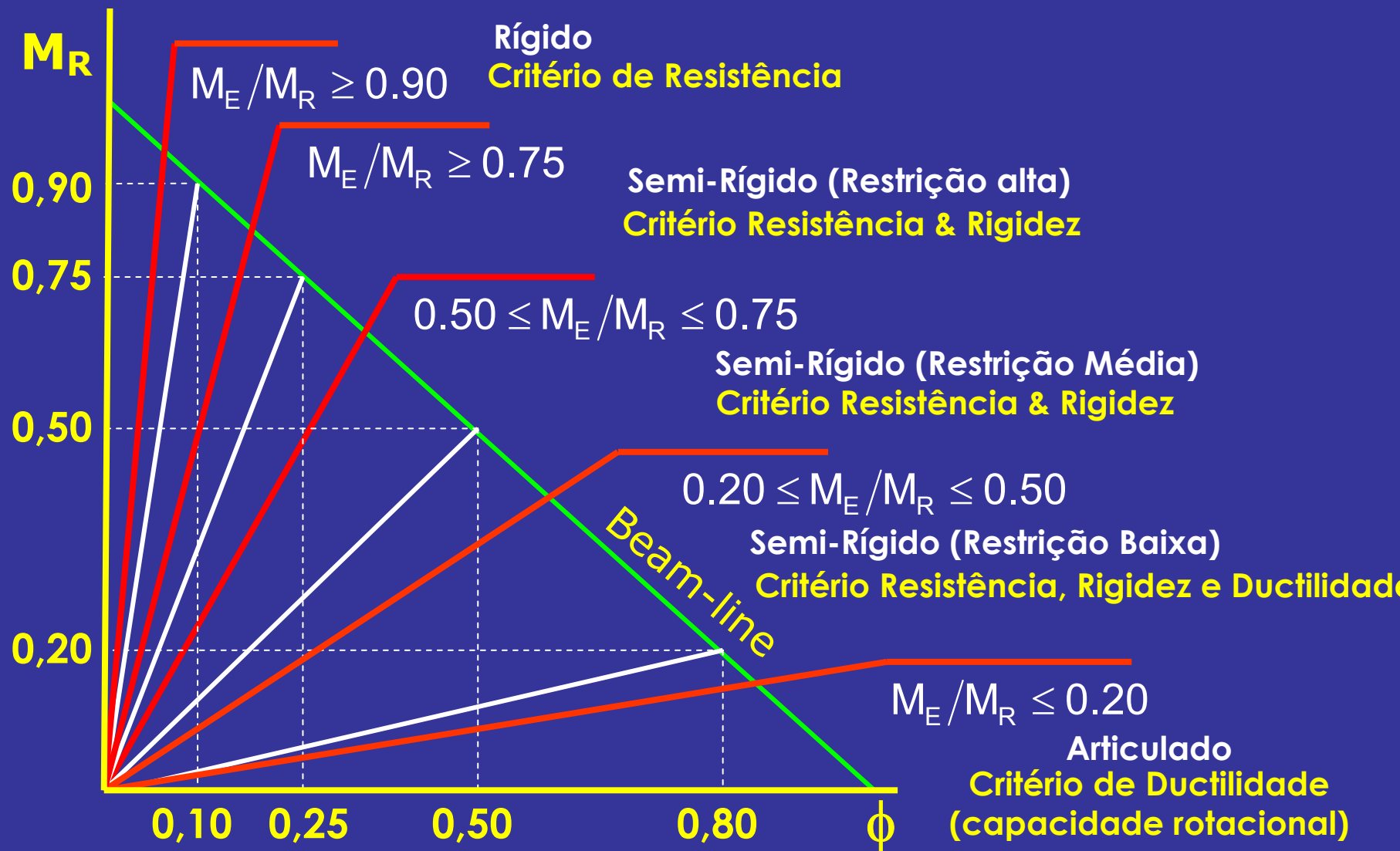
$$\alpha_R = 1 / \left[1 + \frac{3E_c I_{viga}}{S_{sec} L_{viga}} \right]$$

A relação entre a resistência e a rigidez (interação entre a curva momento-rotação e a BEAM-LINE) pode ser obtida em função do fator de restrição α_R

$$\frac{M_E}{M_R} = \left[\frac{3\alpha_R}{2 + \alpha_R} \right]$$

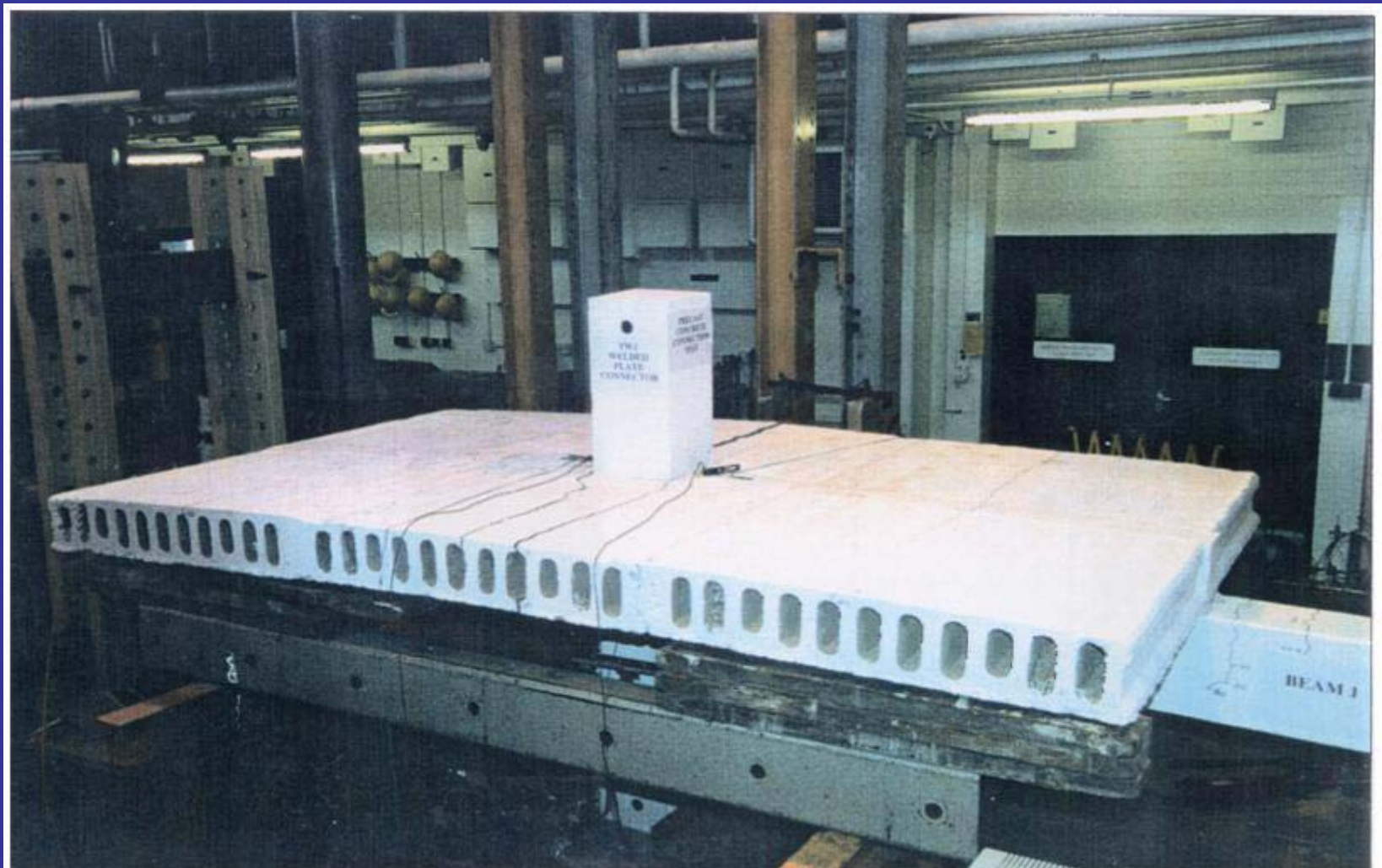
Classificação para Ligações Semi-Rígidas

FERREIRA & ELLIOTT (2002)



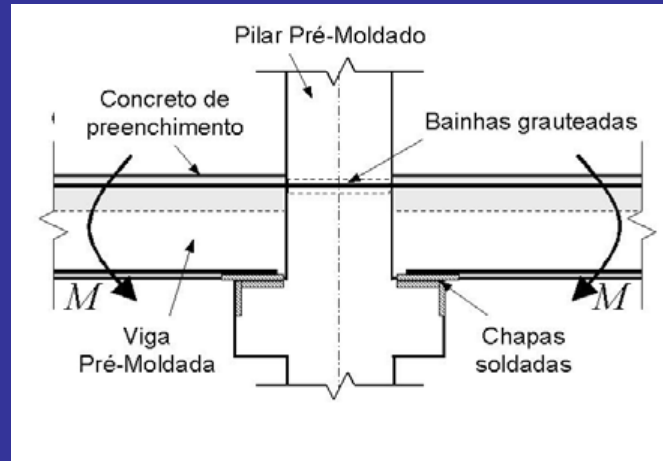
Estudo do Comportamento Semi-Rígido

Ensaio para obtenção da relação momento-rotação em ligações viga-pilar

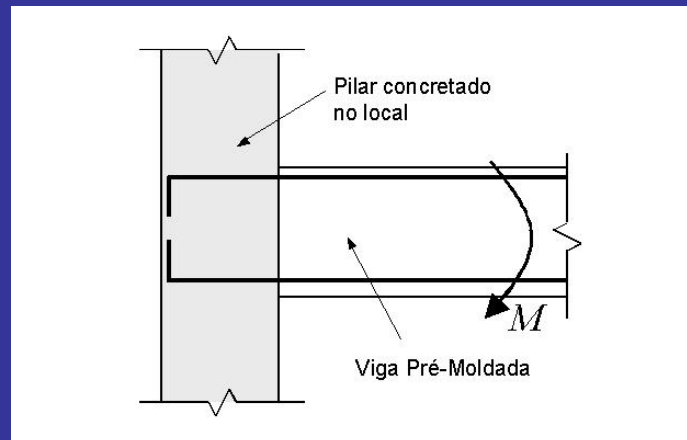


Estudo do Comportamento Semi-Rígido

- Armadura de continuidade e chapa soldada - STANTON et al (1999)

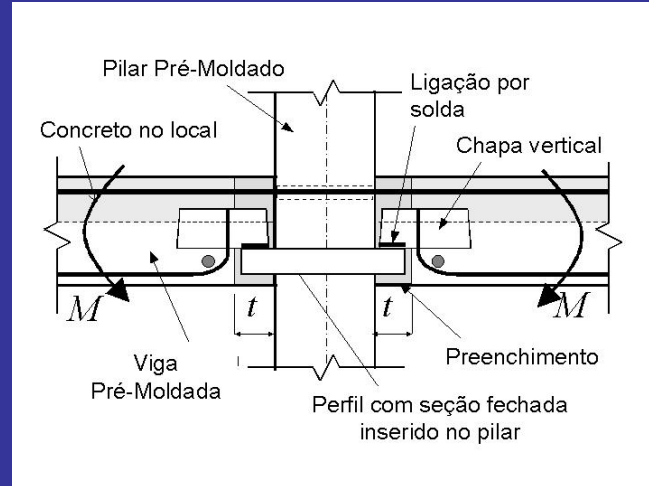


- Viga pré-moldada e pilar moldado no local - STANTON et al (1999)

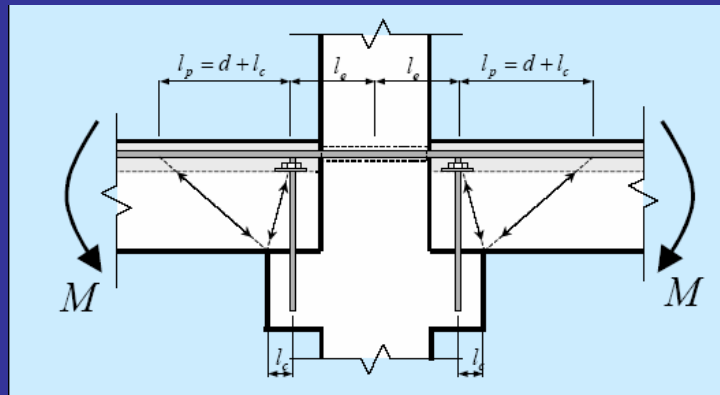


Estudo do Comportamento Semi-Rígido

• Armadura de continuidade e consolo metálico - GORGUN (1999)

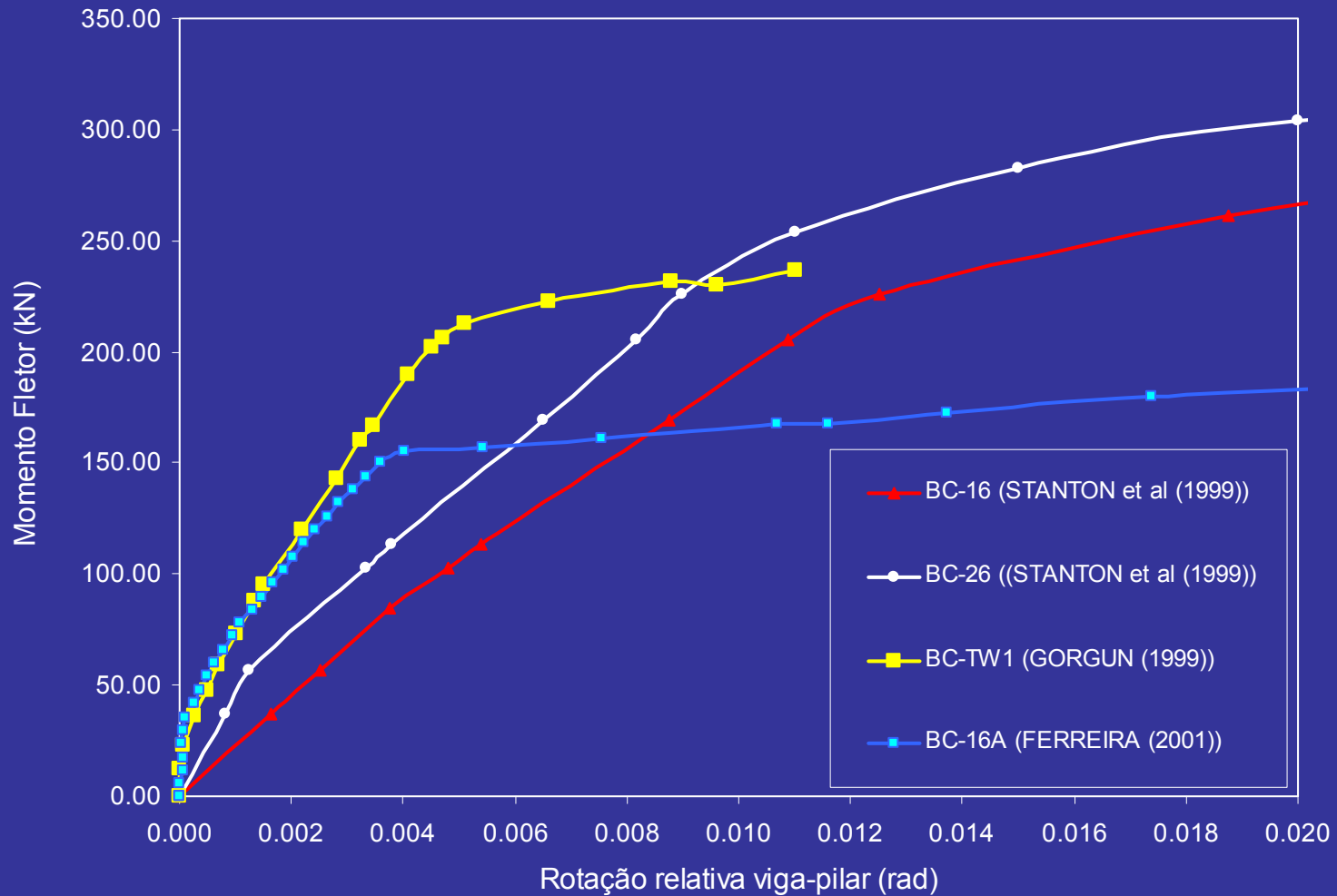


• Armadura de continuidade, consolo de concreto e chumbador - FERREIRA (2001)

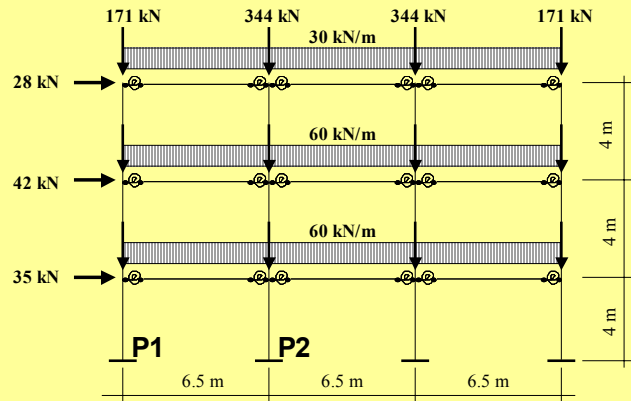


Estudo do Comportamento Semi-Rígido

• Resultados

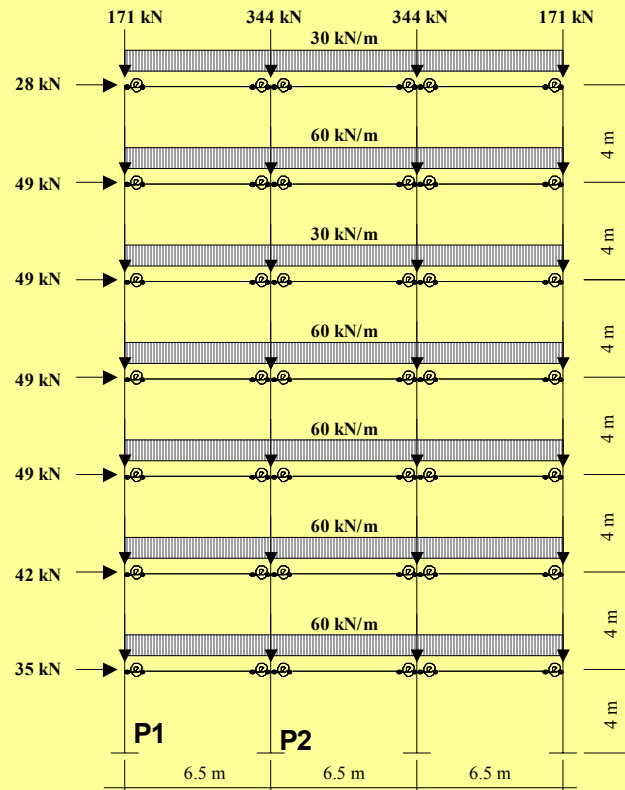
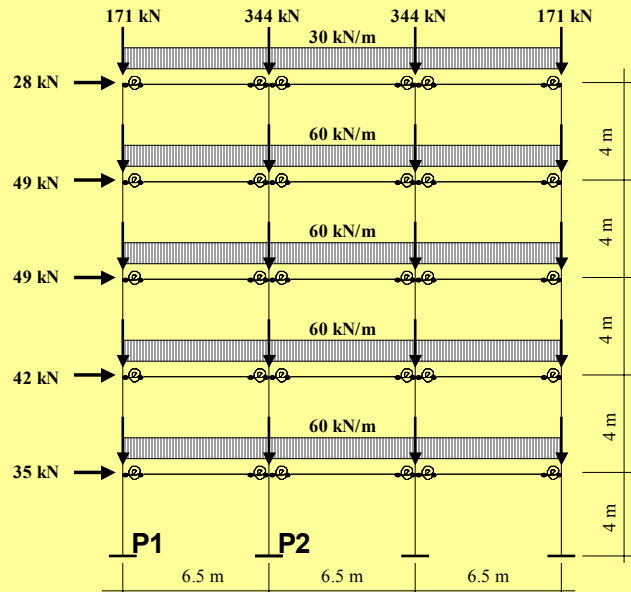


Exemplo Numérico



Combinação considerada

$$F_d = 1,3F_g + 1,4x(0,7F_q + F_{\text{vento}})$$



Não Linearidade Física (simplificada)

NBR 6118 (ABNT, 2003)

Vigas:

$$EI_{vigas,eq} = 0,4E_c I$$

Pilares:

$$EI_{pilar,eq} = 0,8E_c I$$

Dados:

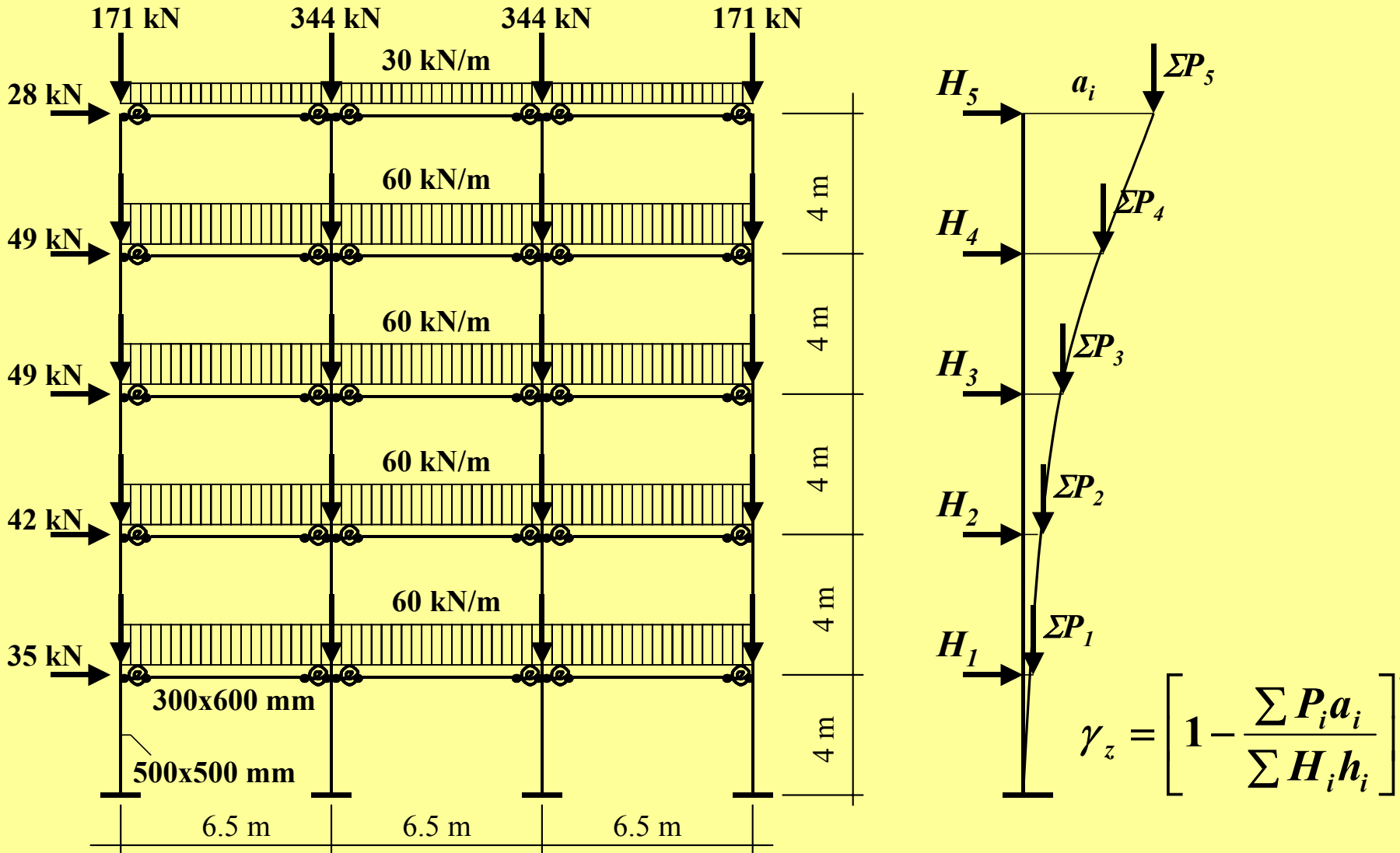
Vigas: 30 cm x 60 cm

Pilares: 50 cm x 50 cm

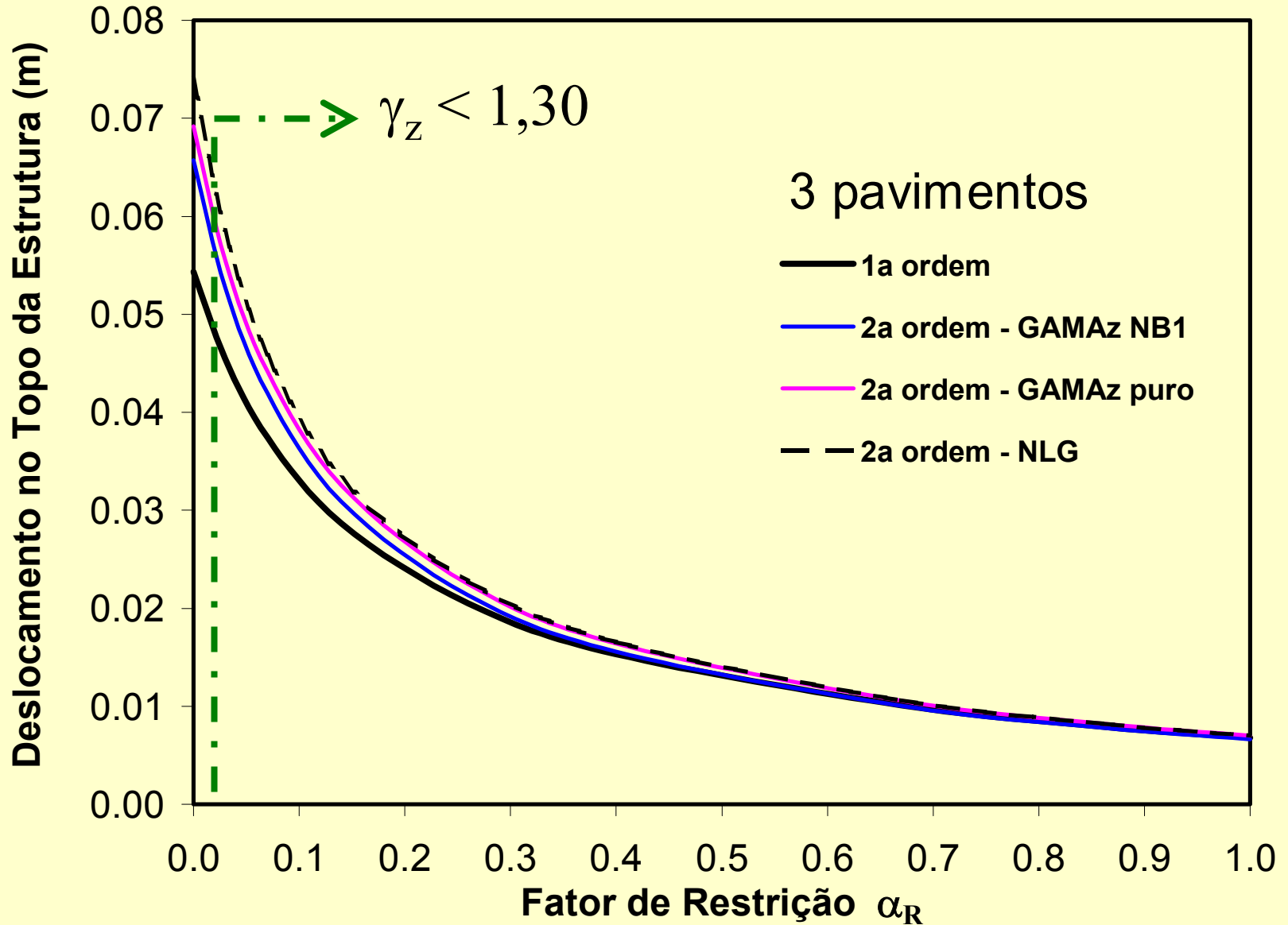
$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$E_c = 35 \text{ GPa}$

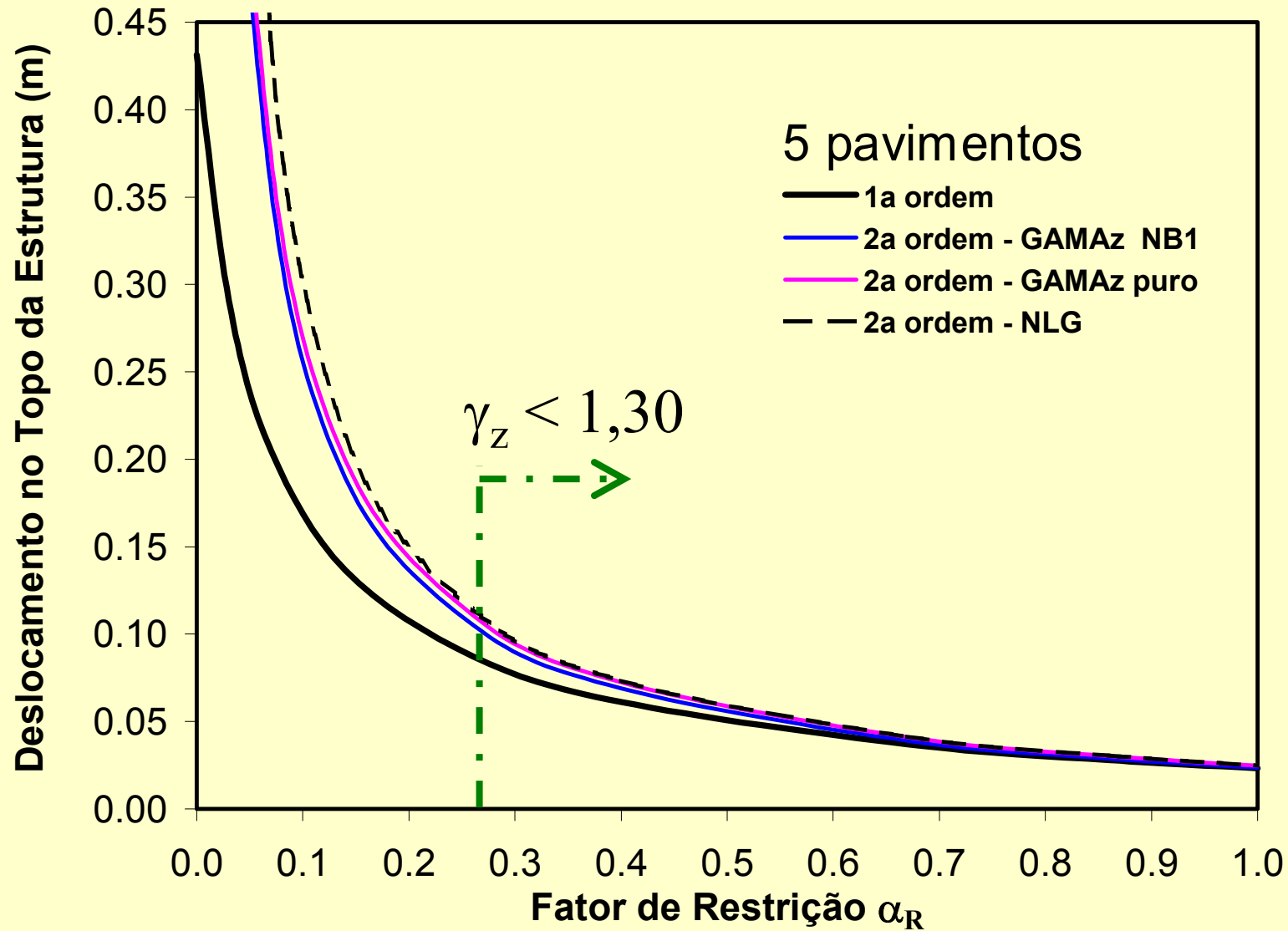
2ª ordem - Coeficiente γ_z



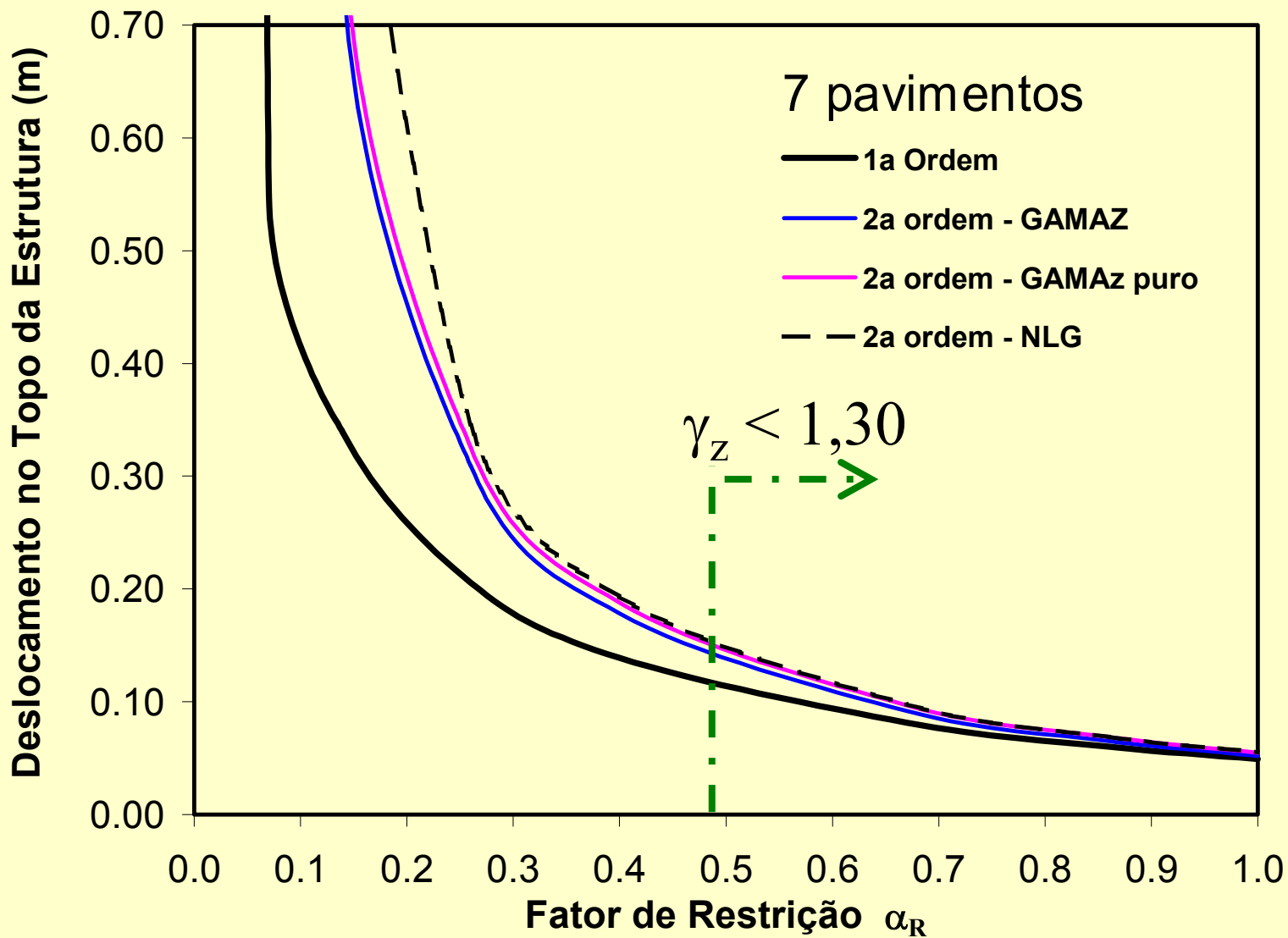
Deslocamento Horizontal vs. Fator de Restrição



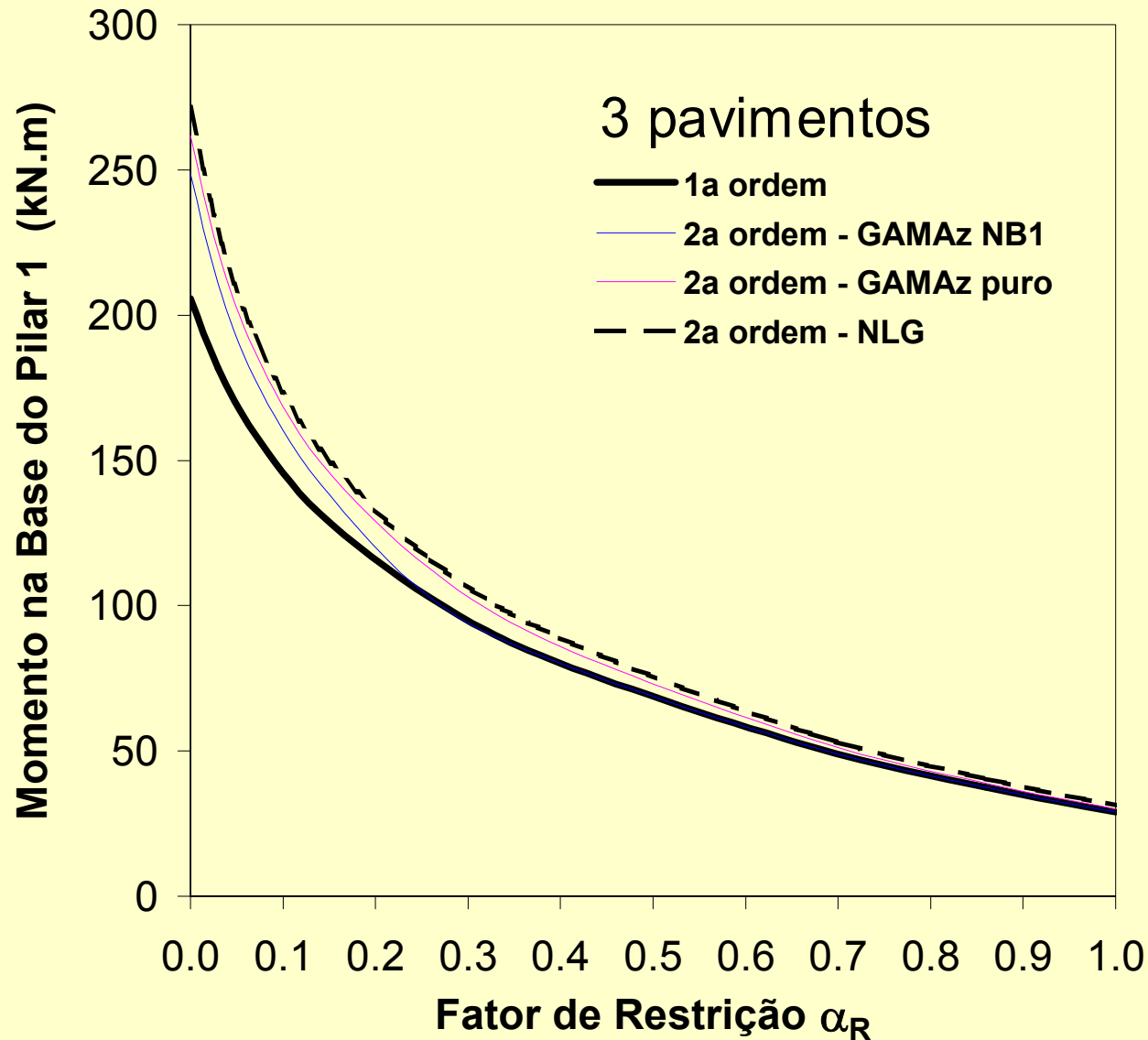
Deslocamento Horizontal vs. Fator de Restrição



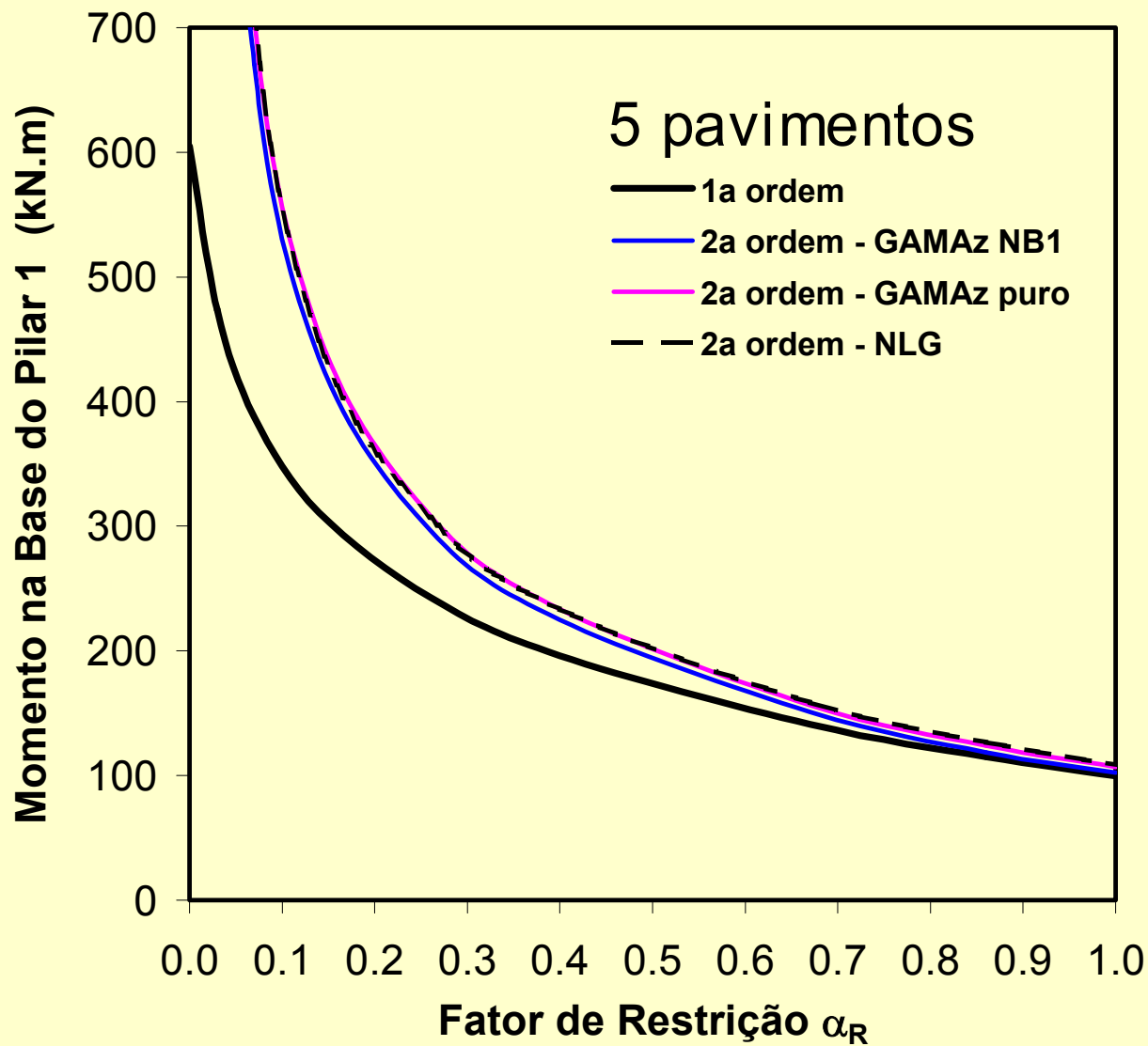
Deslocamento Horizontal vs. Fator de Restrição



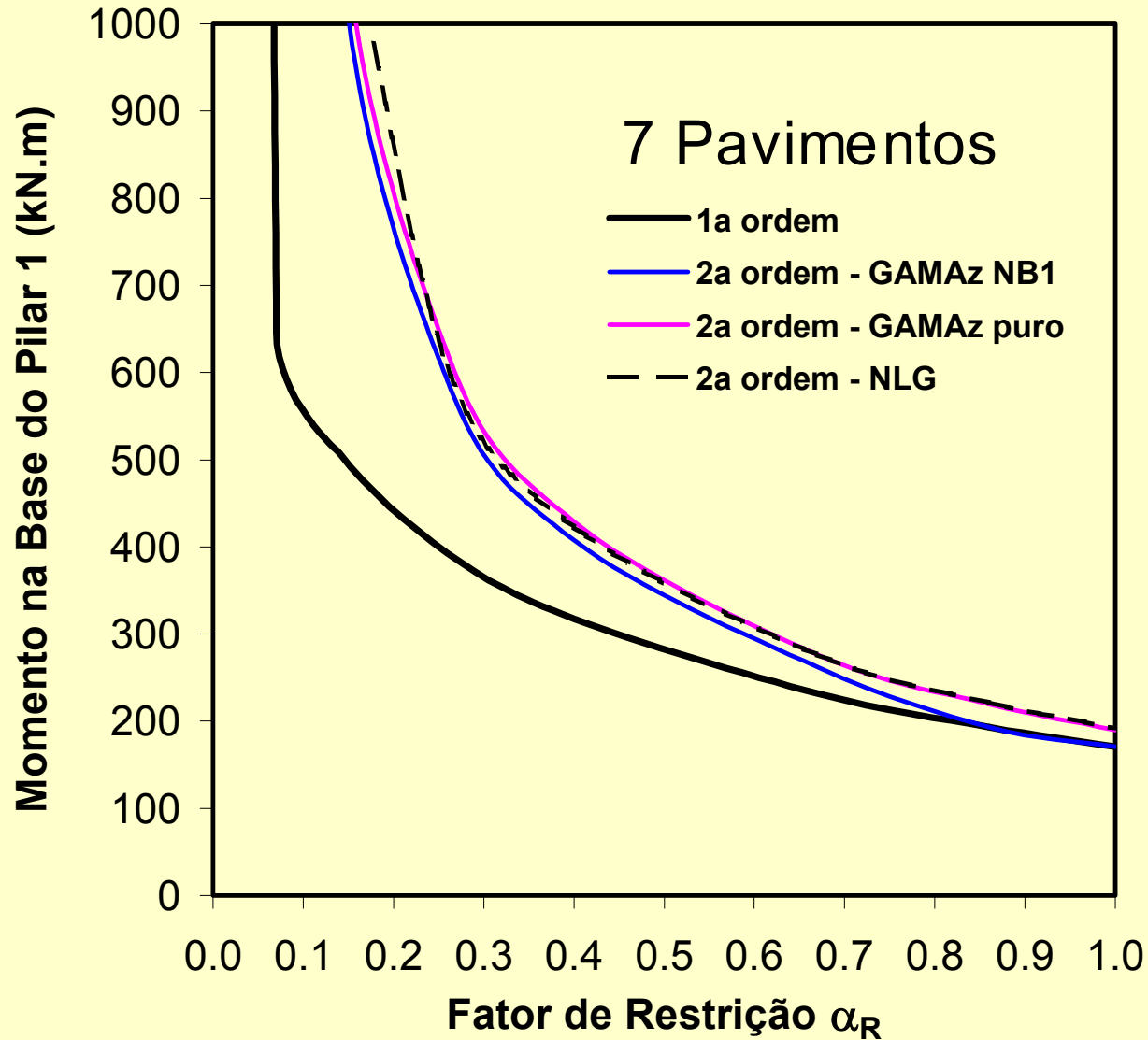
Momentos Fletores no Pilar P1 vs. Fator de Restrição



Momentos Fletores no Pilar P1 vs. Fator de Restrição

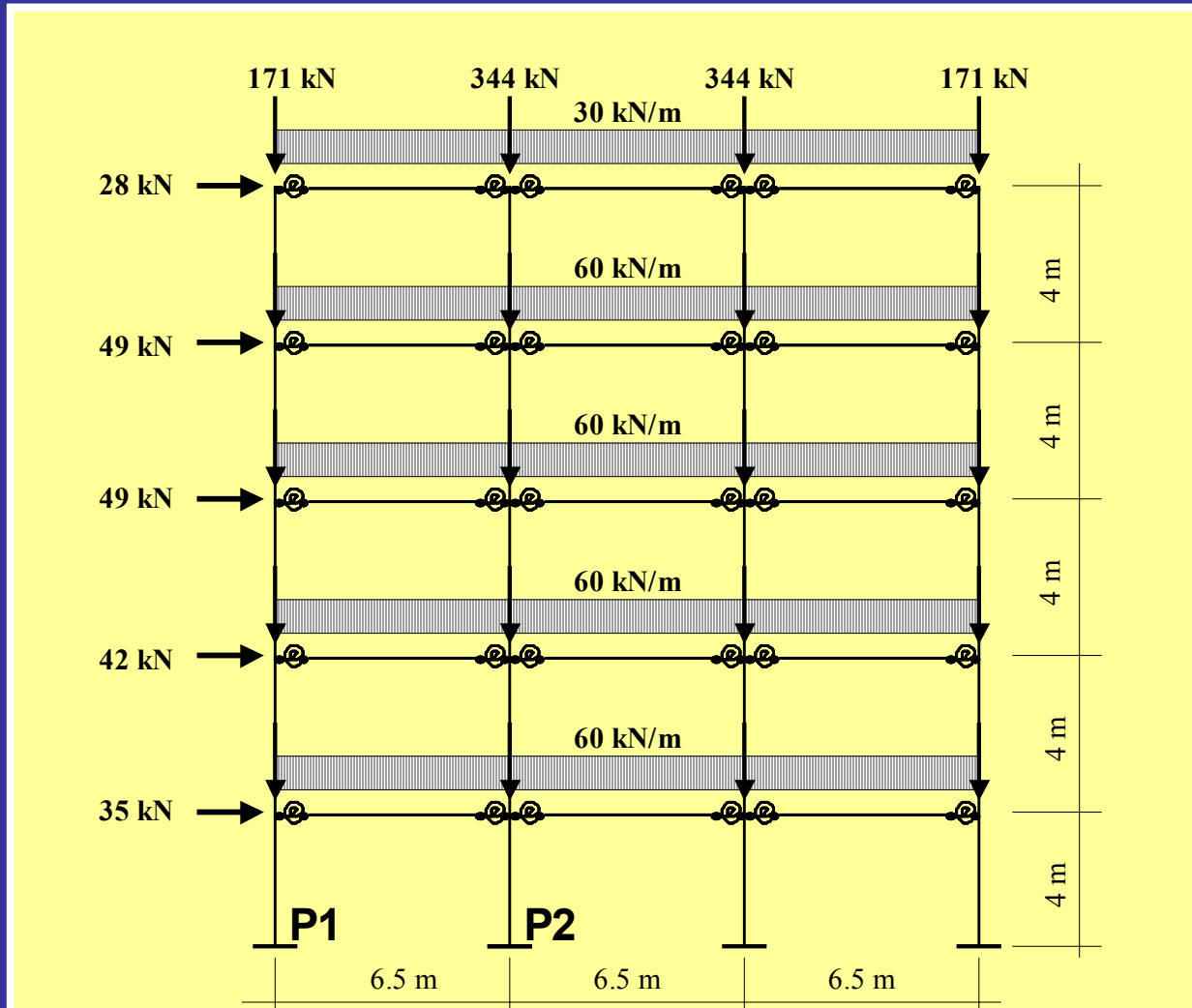


Momentos Fletores no Pilar P1 vs. Fator de Restrição

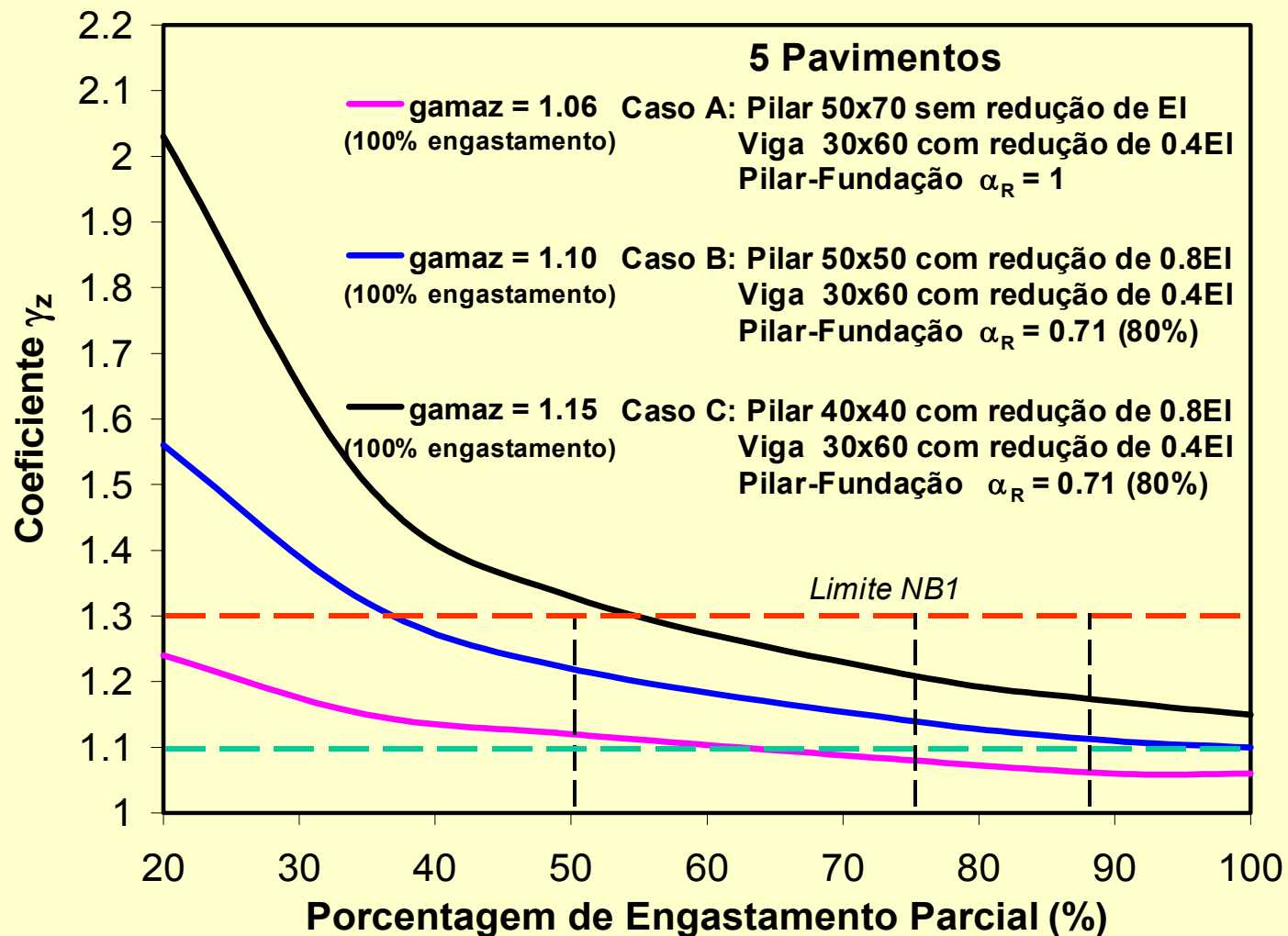


Exemplo Numérico

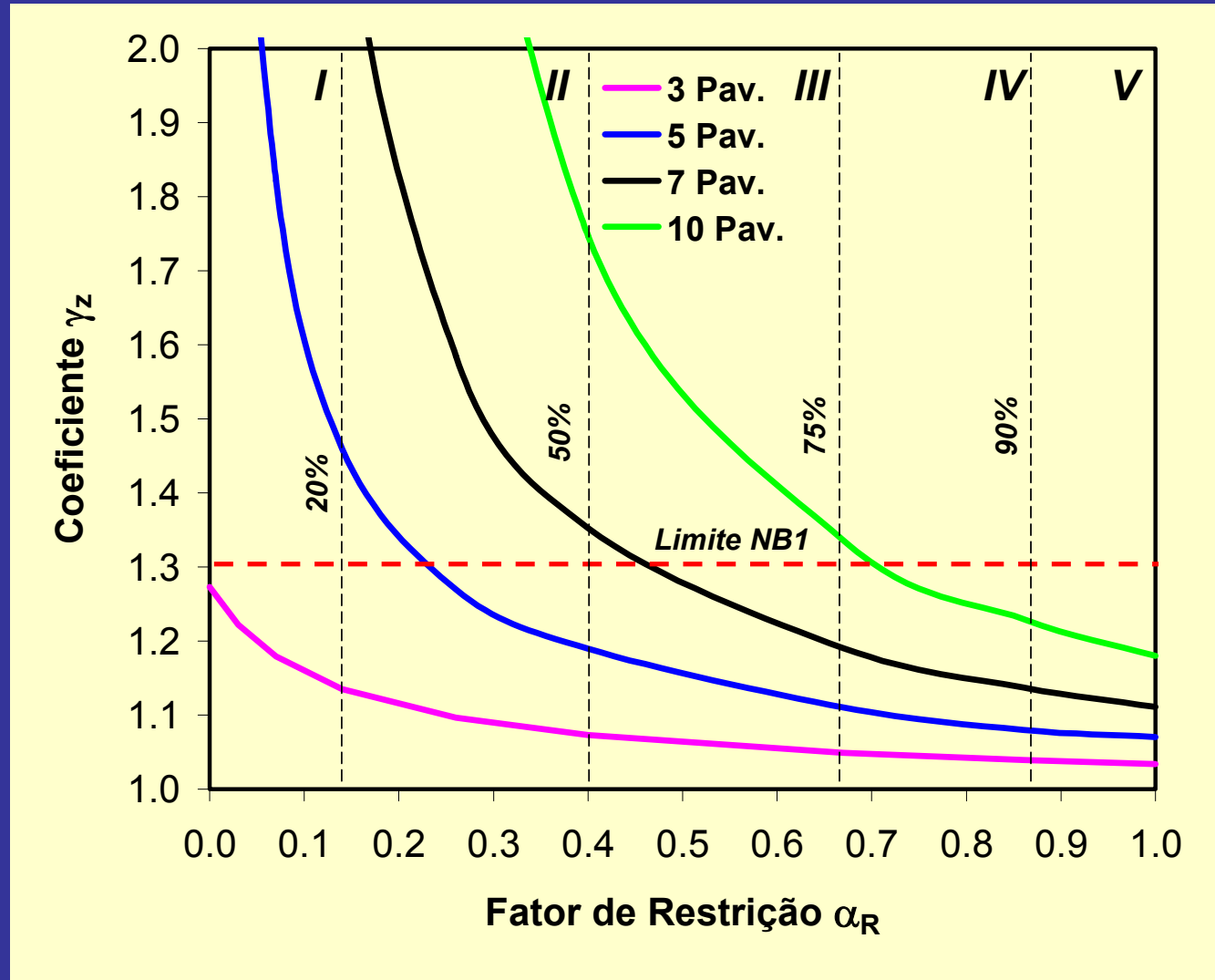
• Influência da rigidez dos pilares



Coefficiente γ_z vs. Momento de engastamento parcial



• Influência da altura do pórtico



- As estruturas analisadas deixaram de atuar como pórtico para engastamentos parciais inferiores a 20%, no caso de 3 e 5 pavimentos, e inferiores a 50% com mais de 7 pavimentos, o que confirma o *Sistema de Classificação para Ligações Semi-Rígidas*;
- A fim de garantir o comportamento de pórtico da estrutura pré-moldada, quando não se têm valores experimentais da rigidez da ligação viga-pilar, é necessário que a estrutura, para a situação perfeitamente rígida, apresente $\gamma_z < 1,10$;
- Os deslocamentos e esforços obtidos por meio do emprego do coeficiente γ_z apresentaram boa aproximação com os resultados obtidos da análise com não linearidade geométrica ($\alpha_r > 0,14$);
- O coeficiente γ_z é válido para pórticos com menos de 4 pavimentos;
- Os deslocamentos e esforços obtidos por meio da majoração dos esforços horizontais diretamente pelo coeficiente γ_z sem a redução do fator 0,95 apresentaram melhor aproximação com a NLG.



Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo