

ESTUDO NUMÉRICO E EXPERIMENTAL DA INTERAÇÃO PLACA-VIGA

Elias C. Carrijo

Departamento de Matemática e Física, Universidade Católica de Goiás
Av. Universitária, 1440 setor Universitário, Goiânia, Goiás, Brasil

João B. de Paiva

Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465, São Carlos, São Paulo, Brasil

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se um estudo numérico e experimental da interação placa-viga. Na parte experimental foi ensaiada uma placa de acrílico de 90cmx90cm por 0.88cm de espessura, enrijecida por vigas de secção transversal 0.82cmx4cm. Na parte numérica o conjunto foi analisado inicialmente como um modelo tridimensional, utilizando elementos de membrana. Na sequência o modelo foi analisado como placa e vigas considerando-se ou não a excentricidade da viga em relação à placa. Os resultados numéricos e experimentais são finalmente comparados, permitindo-se avaliar o erro cometido em cada modelagem numérica. Nas análises numéricas foram usadas malhas bem refinadas, objetivando eliminar a questão do refinamento das malhas na análise dos resultados.

ABSTRACT

This work presents a numerical and experimental study of the plate-beam coupling. A slab model made in acrylic with 90cmx90cm stiffened with beams of 0.82cmx4.00cm cross section was submitted to distributed loading and the results were compared with those obtained from numerical analysis. The slab was initially model as a tridimensional body, using shell elements and later it was model as a plate, in the stiffness considering or not its excentricity

INTRODUÇÃO

Na análise de pavimentos de edifícios, a consideração da excentricidade das vigas em relação à placa é um fator relevante, já que ela implica no enrijecimento da estrutura como um todo. Numericamente a melhor forma de se modelar um pavimento é considerá-lo como uma estrutura

tridimensional formada por lâminas trabalhando em flexão e tensão e utilizar elementos finitos de casca na análise numérica. Obviamente tal solução torna-se pouco viável na prática, dessa forma foram desenvolvidas formulações para a consideração da referida excentricidade. Mesmo assim, devido ao fato de que o deslocamento axial das vigas é relacionado aos deslocamentos do plano médio da placa, esta última precisa ser modelada com o elemento de casca. Esta modelagem entretanto não garante a compatibilidade de deformações na ligação placa-viga e assim sempre existe algum erro de modelagem, [1], [2]. Finalmente o pavimento pode ser calculado negligenciando as excentricidades das vigas, o que representa uma maior flexibilidade da estrutura e, obviamente, fornecendo resultados mais distantes dos reais.

Neste trabalho pretende-se avaliar o erro cometido em cada tipos de análise, considerando-se apenas o comportamento elástico do pavimento. Com esse objetivo foi ensaiado um modelo reduzido de pavimento, construído em acrílico, que, posteriormente, foi modelado por elementos finitos .

MODELO DE ANÁLISE

O modelo reduzido de pavimento foi elaborado em acrílico e tem dimensões de 90cmx90cm com espessura de 0.88cm e é enrigecido por 8 vigas de secção transversal 0.82cmx4cm, conforme indicado na figura 1. O modelo foi apoiado nos quatro cantos e submetido a um carregamento uniformemente distribuído. O módulo de elasticidade do acrílico foi obtido a partir de amostras do material efetivamente utilizado no modelo e o coeficiente de Poisson foi retirado de bibliografia sobre o acrílico. No ensaio de tensão x deslocamento o acrílico demonstrou um comportamento, praticamente, elástico-linear até a ruptura. O ensaio foi feito em corpos de prova padrão para ensaios de tração. O módulo de elasticidade usado nas análises numéricas foi 250kN/cm^2 e o valor do coeficiente de Poisson adotado foi de 0.36. O resultado desse ensaio está indicado na figura 2. Na análise numérica foi usado o software FEA(Finite Element Analysis-LUSAS). Utilizou-se malhas bem refinadas, com a finalidade de se eliminar erros nas modelagens.

Na análise numérica utilizou-se os seguintes elementos finitos :

- Elemento QSI4: é um elemento de casca plano com seis parâmetros nodais($u, v, w, \theta_x, \theta_y, \theta_z$).
- Elemento RPI4; é um elemento de placa com cinco parâmetros nodais ($u, v, w, \theta_x, \theta_y$). Este elemento permite a consideração da excentricidade em relação à viga.
- Elemento BRP2: é um elemento finito de viga que permite a consideração da excentricidade da mesma em relação à placa. O elemento tem cinco parâmetros nodais($u, v, w, \theta_x, \theta_y$).

As modelagens usadas foram:

- TRID: O pavimento foi modelado como estrutura tridimensional, formada por elementos planos trabalhando à flexão e em tensão. O elemento finito utilizado foi o QSI4.
- GRIL1: O pavimento foi modelado como uma placa associada a elementos de vigas, sem considerar a excentricidade. Foram usados os elementos RPI4 e BRP2.

- GRIL2: O pavimento foi modelado como em GRIL1 mas considerando-se a excentricidade da viga.

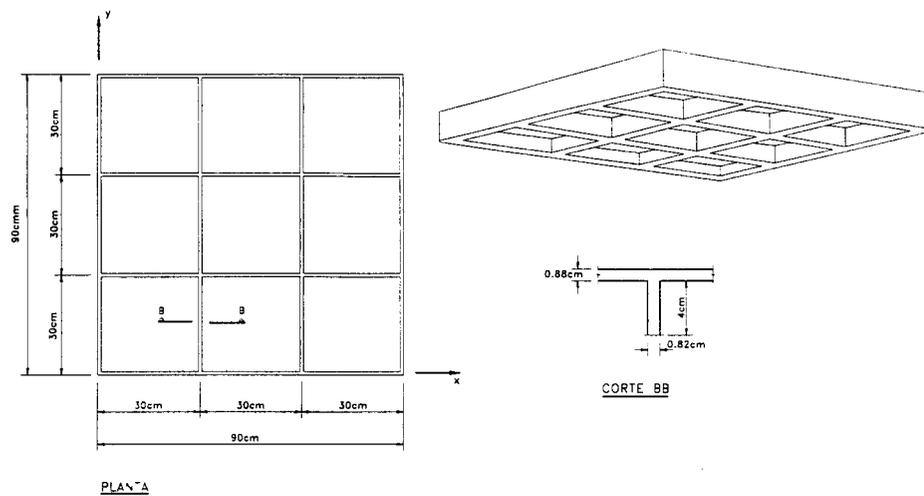


Figura 1

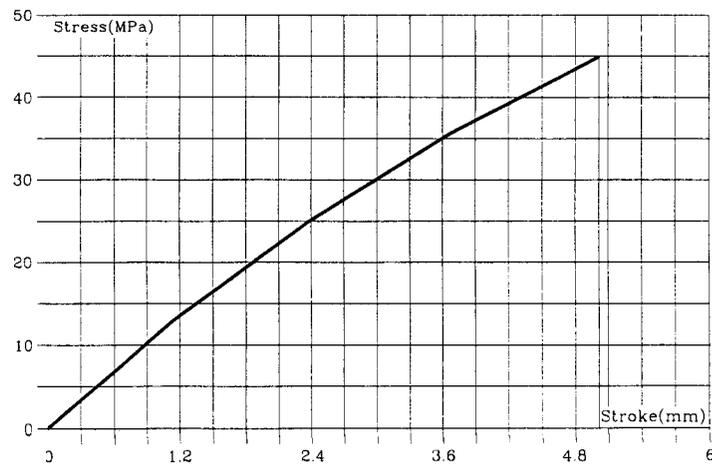
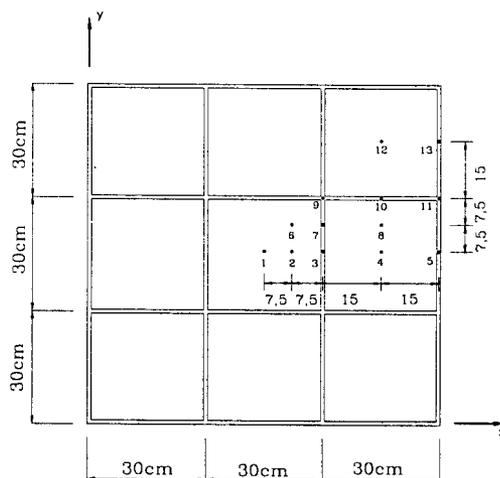


Figura 2

Para todas as análises o número de elementos finitos definidos na placa do pavimento foi o mesmo, e para todas as análises onde foi utilizado elementos finitos de vigas, o número destes elementos também foi o mesmo.

Com relação às vigas, foram utilizadas duas modelagens: a primeira considera a altura da viga até face inferior da placa (GRIL2-V1) e a segunda considera a altura até a face superior da placa (GRIL2-V2).

Na figura 3 estão indicados os pontos onde foram colocados os defletômetros para as medidas dos deslocamentos e na tabela 1 estão indicados os valores numéricos e experimentais dos deslocamentos (em mm) nestes pontos. O carregamento aplicado nesta fase do ensaio foi de 0.00962 kN/cm^2 .



PLANTA

Figura 3

Nas figuras 4 a 11 estão os diagramas de momentos M_x e M_y (10^{-3} KN.cm/cm) para os pontos dados na figura 3 e seus respectivos simétricos. Assim o eixo 1 corresponde aos pontos 1 a 5, eixo 2 pontos 2, 6, 7 e 8, eixo 3, pontos 3, 7, 9, 10 e 11 e eixo 4 pontos 4, 8, 10, 12 e 13, cotados em cm.

Pode-se notar que a modelagem do pavimento como estrutura tridimensional é a que melhor se aproxima dos resultados experimentais para deslocamentos. Os resultados obtidos com a consideração da excentricidade também representam adequadamente o comportamento do pavimento, inclusive para os momentos fletores, como pode ser observado nas figuras 4 a 11.

Observa-se também que, a não consideração da excentricidade leva a erros que podem chegar a 129% para os deslocamentos, indicando que este tipo de modelagem não é adequada por ser muito flexível em relação ao comportamento real da estrutura.

TABELA 1: Deslocamentos transversais (em mm) obtidos experimental e numericamente.

Ponto	Experimental	TRID	GRIL1	GRIL2-V1	GRIL2-V2
1	6,22	6,24	14,26	6,02	6,00
2	6,13	6,14	14,04	5,92	5,90
3	5,86	5,89	13,42	5,66	5,63
4	4,80	5,19	11,43	4,90	4,90
5	3,15	4,09	8,53	3,81	3,71
6	6,11	6,05	13,82	5,83	5,80
7	5,87	5,80	13,21	5,58	5,54
8	4,67	5,08	11,17	4,83	4,77
9	5,72	5,57	12,60	5,35	5,30
10	4,54	4,73	10,42	4,50	4,44
11	3,77	3,56	7,40	3,31	3,22
12	3,72	3,67	7,87	3,47	3,41
13	2,60	2,05	4,26	1,90	1,85

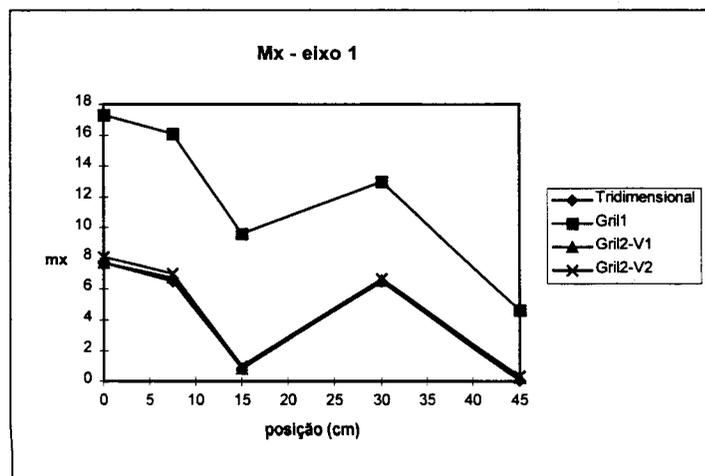


Figura 4

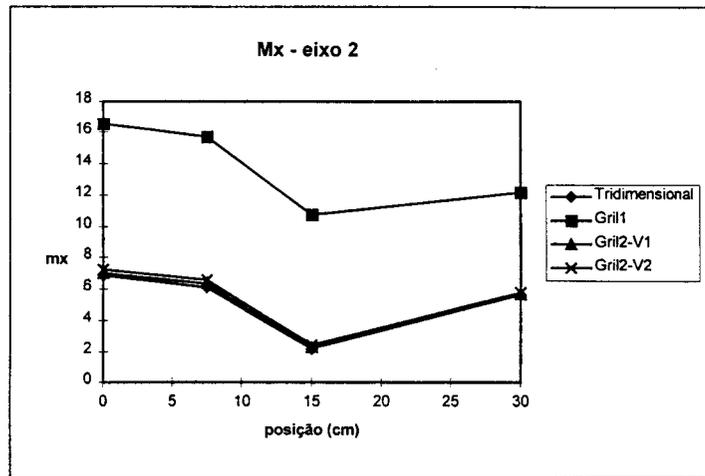


Figura 5

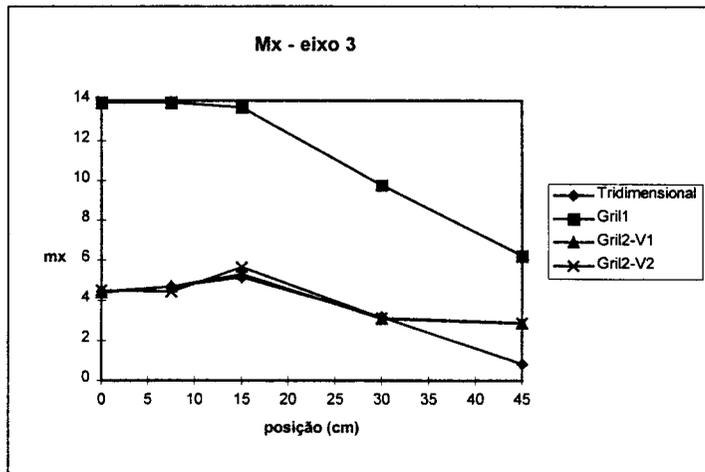


Figura 6

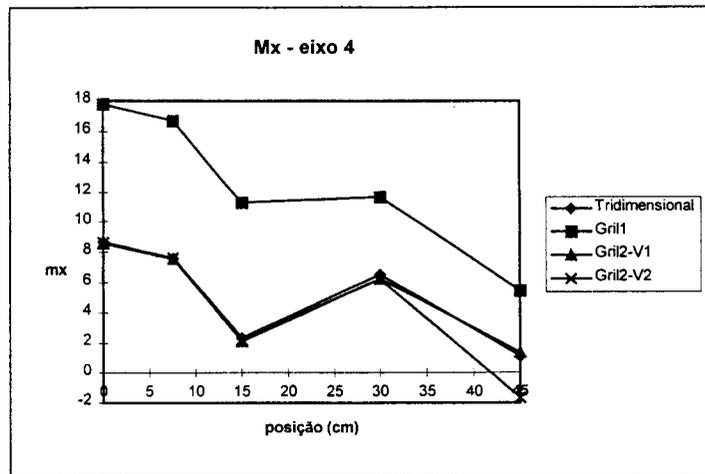


Figura 7

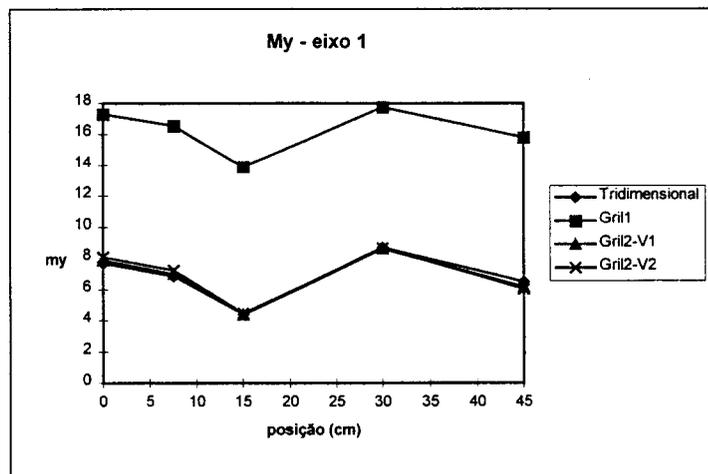


Figura 8

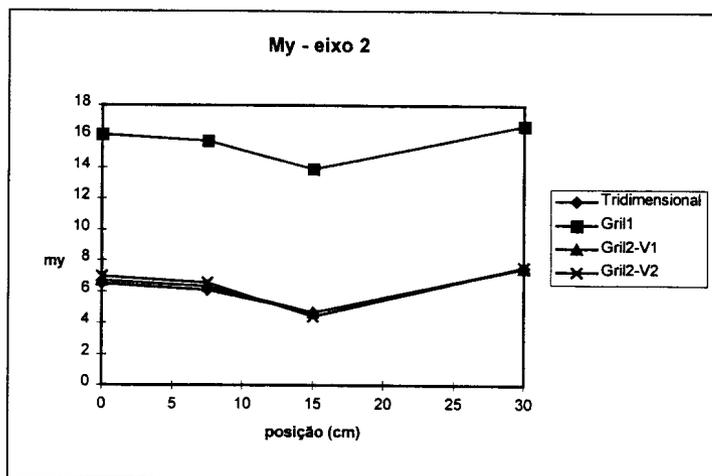


Figura 9

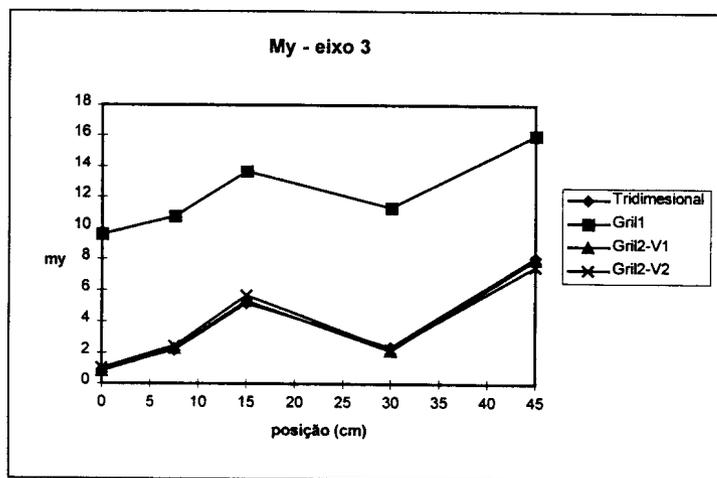


Figura 10

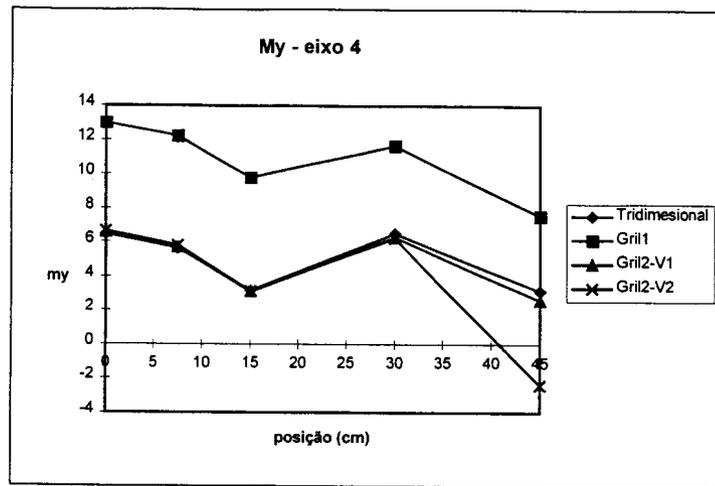


Figura 11

CONCLUSÕES

Embora seja na maioria dos casos inviável, a melhor forma de se modelar um pavimento de edifícios seria como uma estrutura tridimensional, pois isso permitiria o estudo de todas as interações envolvidas. A alternativa de se considerar as vigas como elementos lineares sem excentricidade é, por outro lado, a pior forma de se modelar pavimentos. A consideração da excentricidade das vigas em relação à placa conduz a resultados bem próximos dos obtidos na análise tridimensional. Deformações e tensões serão objeto de análises posteriores.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R.E. Miller(1980) Reduction of the error in eccentric beam modelling, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 15, p. 575-582
- [2] A.K. Gupta & P.S. Ma (1977) Error in eccentric beam formulation, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 11, p. 1473-1483
- [3]Finite Element Analysis (FEA). Manuais do Usuário.

