



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

**INFLUÊNCIA DA INÉRCIA NA DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS
DE LAJES RETANGULARES**

Renato Dias Godinho Junior

Belo Horizonte

Junho de 2016

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais, exemplos maiores de amor e paciência; meu maior bem, meu amigo e pai; grande companheiro na minha caminhada acadêmica; e minha mãe por todo amor e cuidado.

À minha família e amigos pelo apoio e paciência.

Ao Professor Ney Amorim Silva que ao longo da especialização mostrou-se sempre disponível e paciente, engrandecendo a minha formação acadêmica.

Aos professores do curso de Especialização em Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais pelos ensinamentos prestados ao longo desses dois anos.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso trata de uma análise feita na influência da rigidez dos apoios no cálculo dos esforços de lajes retangulares.

entre os métodos de dimensionamento de pilares lecionados durante o curso de Engenharia Civil, e o método comercial desenvolvido pela ferramenta computacional *CAD/TQS*[®].

No primeiro capítulo é apresentado o projeto base e suas características de dimensões e sua simetria.

Em seguida, o método de dimensionamento acadêmico é explicitado ao mesmo passo que se faz a aplicação dele à situação do projeto. Determinam-se, primeiramente, as cargas de projeto com o auxílio da ferramenta computacional *FTOOL*, para cada pilar. Obtidas as cargas, podem-se calcular os momentos de primeira e de segunda ordem, e finalmente, determinam-se as áreas de aço para cada situação de cálculo: topo, centro e base, com as combinações de momentos recomendadas pela NBR 6118 (ABNT, 2003).

No capítulo seguinte, é feita a apresentação do software *CAD/TQS*[®], explicitando as considerações feitas pelo mesmo, bem como o projeto de dimensionamento desenvolvido por essa ferramenta.

Tendo em mãos os resultados de ambos os dimensionamentos, é feita a análise dos resultados comparando as áreas de aço e os esforços solicitantes encontrados em cada método.

Por fim, são apresentadas as dificuldades enfrentadas no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, a fim de discutir os métodos lecionados durante o curso e apresentar sugestões quanto à didática posta em prática no ensino da engenharia.

INFLUÊNCIA DA RIGIDEZ DAS VIGAS NO CÁLCULO DOS ESFORÇOS E DESLOCAMENTOS DE LAJES RETANGULARES

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. DIMENSIONAMENTO.....	6
2.1. DETERMINAÇÃO DAS CARGAS DE PROJETO.....	6
2.1.1. LAJES	6
2.1.2. VIGAS.....	7
3. INFLUÊNCIA DA INÉRCIA.....	8
3.1. CÁLCULO DA ESTRUTURA	8
3.1.1. EXEMPLO 1	8
3.1.2. EXEMPLO 2	12
3.1.3. EXEMPLO 3	15
3.1.4. EXEMPLO 4	18
3.1.5. EXEMPLO 5	21
4. CONCLUSÃO.....	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

O trabalho de conclusão de curso, tem como finalidade mostrar e comparar a influência da inércia na determinação de esforços nas lajes retangulares. Para isso, apresentaremos cinco modelos de estruturas, com variações nos apoios e nas seções transversais das vigas.

Será realizada uma análise mais qualitativa, pois não estamos preocupados com o valor dos esforços, e sim, a sua natureza. Utilizaremos o programa PLENOR, desenvolvido no DEEs (Departamento de Engenharia de Estruturas da EE-UFMG), utilizando o MEF (Método dos Elementos Finitos) para calcular e detalhar a estrutura.

2. DIMENSIONAMENTO

2.1. DETERMINAÇÃO DAS CARGAS DE PROJETO

2.1.1. LAJES

A determinação exata das cargas que atuam em um edifício é praticamente impossível de ser determinada, uma vez que não se pode prever com exatidão a quantidade de pessoas, mobília e paredes. Sendo assim, a NBR 6120 (ABNT, 1980) estabelece valores fixos, com base em critérios estatísticos, para as cargas a serem usadas em diversas situações de projeto.

Serão observadas as seguintes cargas nas lajes:

- a. Permanentes: são as que não apresentam variações significativas ao longo da vida útil da construção em questão. (Exemplo: peso próprio da estrutura, paredes, revestimento e instalações permanentes);
- b. Acidentais (ou sobrecarga): são aquelas que variam significativamente ao longo do tempo. (Exemplo: peso de pessoas, móveis, veículos etc.).

De acordo com a NBR 6120 (ABNT, 1980), o peso específico do concreto armado (material da estrutura do projeto) é de 25 KN/m³.

Para o revestimento, a NBR 6120 (ABNT, 1980) determina que o seu valor mínimo seja de 1 KN/m², valor este usado nos cálculos aqui desenvolvidos.

Finalmente, a mesma norma define os valores mínimos para as cargas acidentais nos mais diversos locais de edificações. A NBR 6120 (ABNT, 1980) recomenda que, para os valores mínimos das cargas acidentais em cômodos como dormitório, sala, copa, cozinha e banheiro sejam consideradas iguais a 1,5KN/m². Para o projeto, utilizou-se os valores mínimos para as sobrecargas nas lajes o valor de 1,5 KN/m² que supostamente contém os cômodos descritos.

Tendo estas informações, foram determinadas as cargas nas lajes como a soma das cargas do peso próprio, sobrecarga e revestimento, totalizando 5 KN/m².

2.1.2. VIGAS

Determinadas todas as cargas nas lajes, segue-se a sequência antes estabelecida de cálculo: cálculo das solicitações nas vigas. Para isso, é necessária a determinação das reações de apoio das lajes. A tabela 3.8 (Tepedino) da apostila de Concreto armado mostra os coeficientes para cálculo das reações de apoio, conforme a recomendação da NBR 6118 (ABNT, 2014).

3. INFLUÊNCIA DA INÉRCIA

3.1. CÁLCULO DA ESTRUTURA

As estruturas em grelha, mostradas esquematicamente nos exemplos, terão seus esforços e deslocamentos calculados com o auxílio do programa PLENOR, desenvolvido no DEEs (Departamento de Engenharia de Estruturas da EE-UFMG), utilizando o MEF (Método dos Elementos Finitos).

Os deslocamentos foram calculados considerando o módulo de elasticidade secante $E_{cs} = 0,85 \times 5600 \times \sqrt{30} = 26.072 \text{ Mpa} = 260.700 \text{ Kg/cm}^2$, coeficiente de Poisson $\nu = 0,2$ e cargas nominais definidas anteriormente. O detalhamento de deformação e esforços, dos cinco exemplos, serão apresentados a seguir.

Cada exemplo apresentado consiste em um pequeno pavimento. Os pilares possuem dimensões de (20x20) cm², as lajes com espessura de 10 cm e as quantidades e seções das vigas serão detalhadas nas plantas esquemáticas.

3.1.1. EXEMPLO 1

No exemplo um a edificação possui nove pilares, quatro lajes e seis vigas com seções transversais mostradas na figura 1.

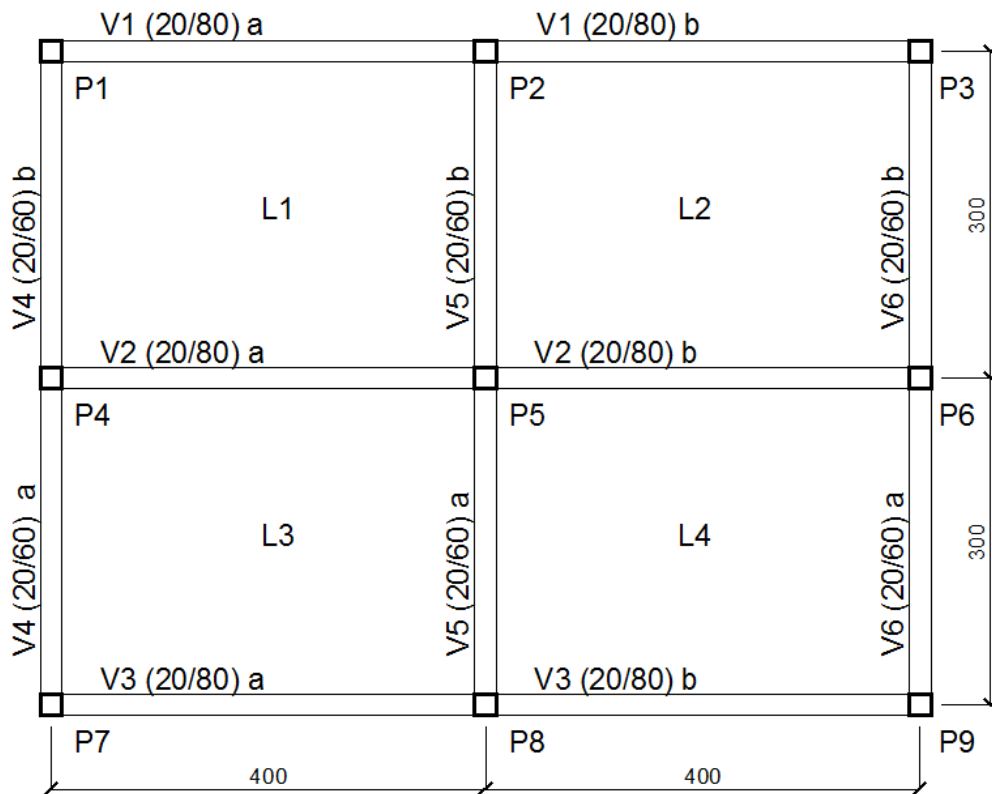


Figura 1 – Exemplo 1 - Planta esquemática da forma do pavimento.

A estrutura foi dividida em 192 elementos quadrados de placa, 84 elementos de barras, com 221 nós, conforme figura 6.



Figura 6 – Exemplo 1 - Discretização das placas (PLENOR)

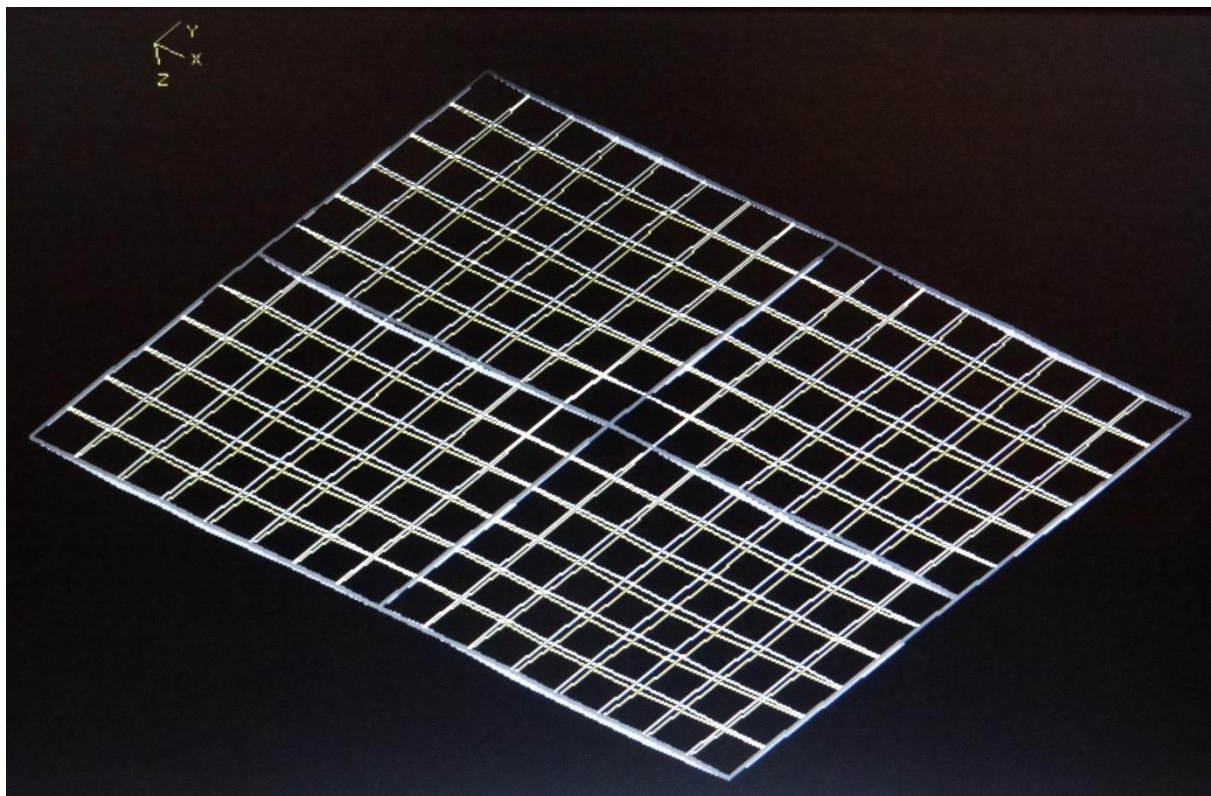


Figura 7 – Exemplo 1 - Placa deformada e indeformada superposta (fator de ampliação 100x)

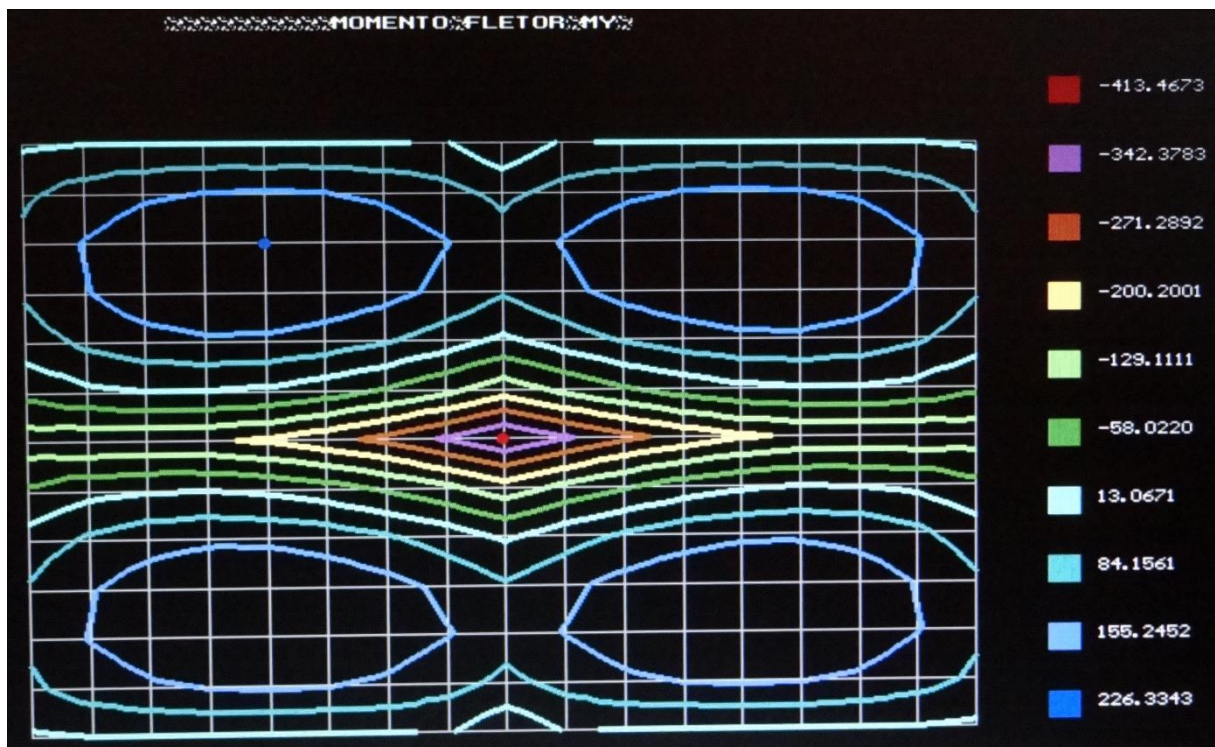
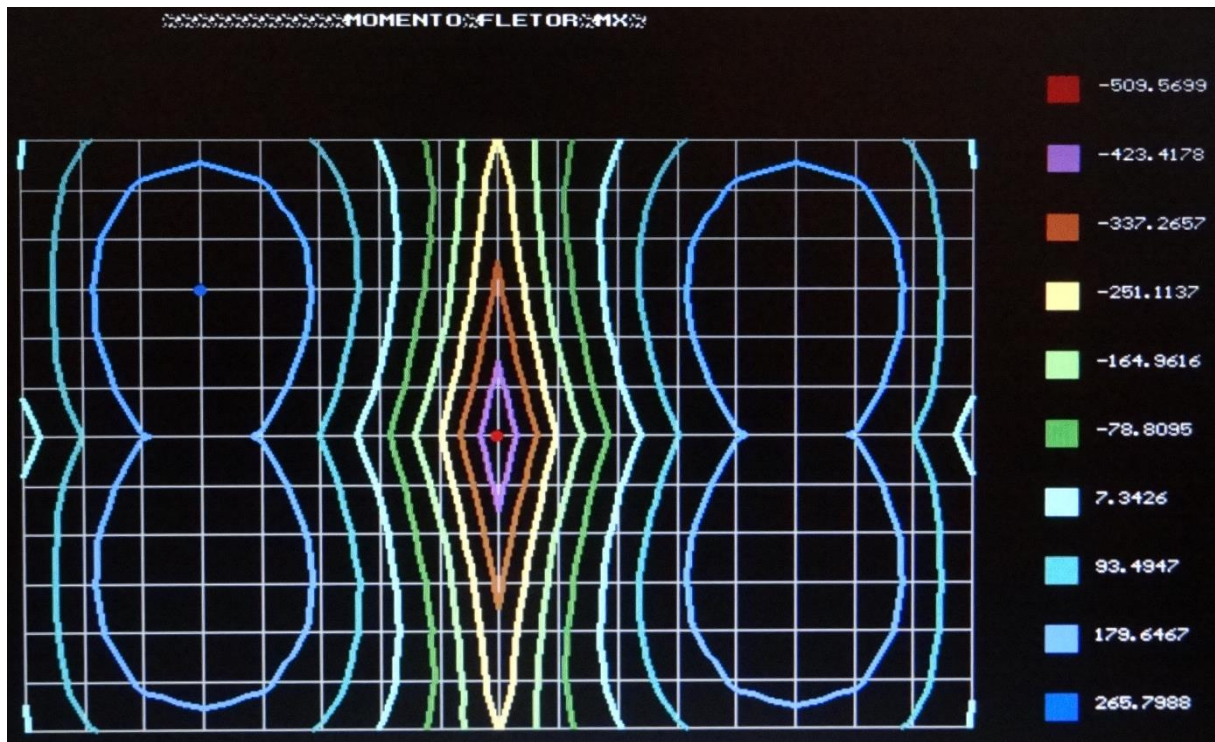


Figura 8 – Exemplo 1 - Curvas de iso-momentos M_x e M_y

3.1.2. EXEMPLO 2

No exemplo dois, eliminamos o pilar central, conforme mostrada na figura 2.

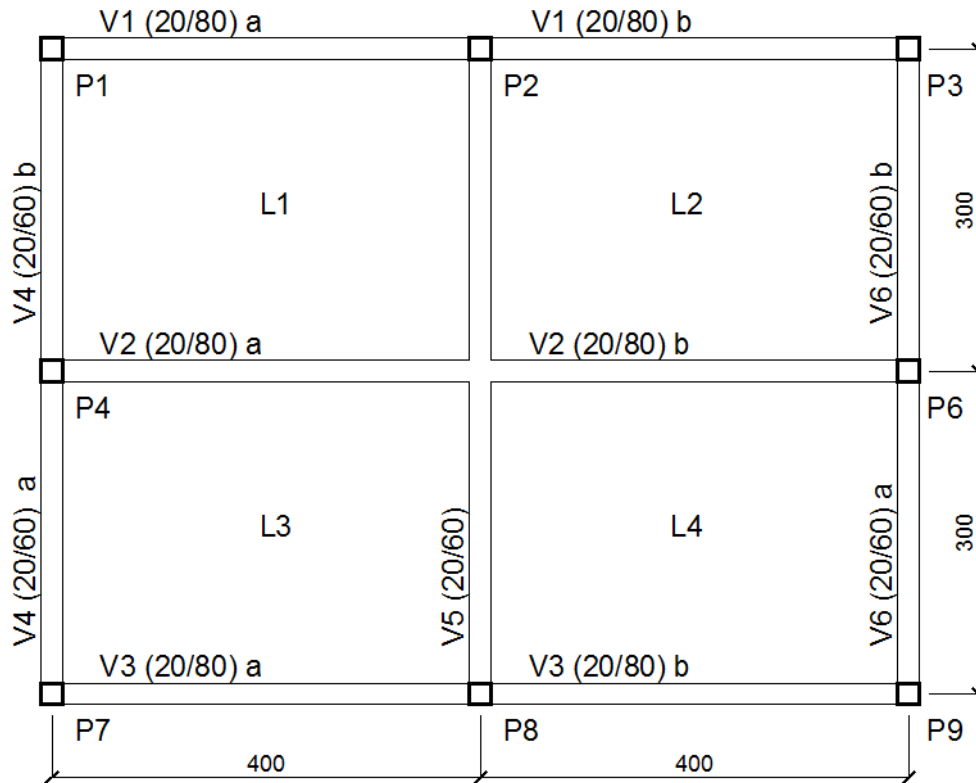


Figura 2 – Exemplo 2 - Planta esquemática da forma do pavimento.

A estrutura foi dividida em 192 elementos quadrados de placa, 84 elementos de barras, com 221 nós, conforme figura 9.



Figura 9 – Exemplo 2 - Discretização das placas (PLENOR)

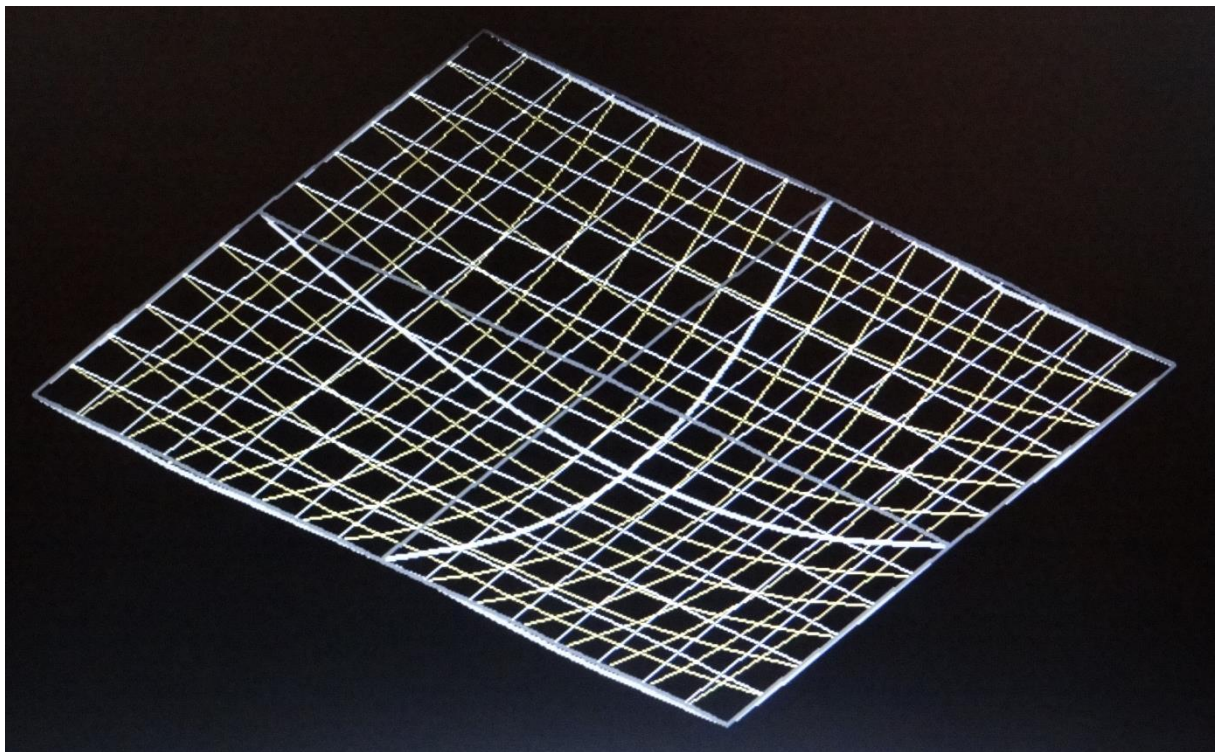


Figura 10 – Exemplo 2 - Placa deformada e indeformada superposta (fator de ampliação 100x)

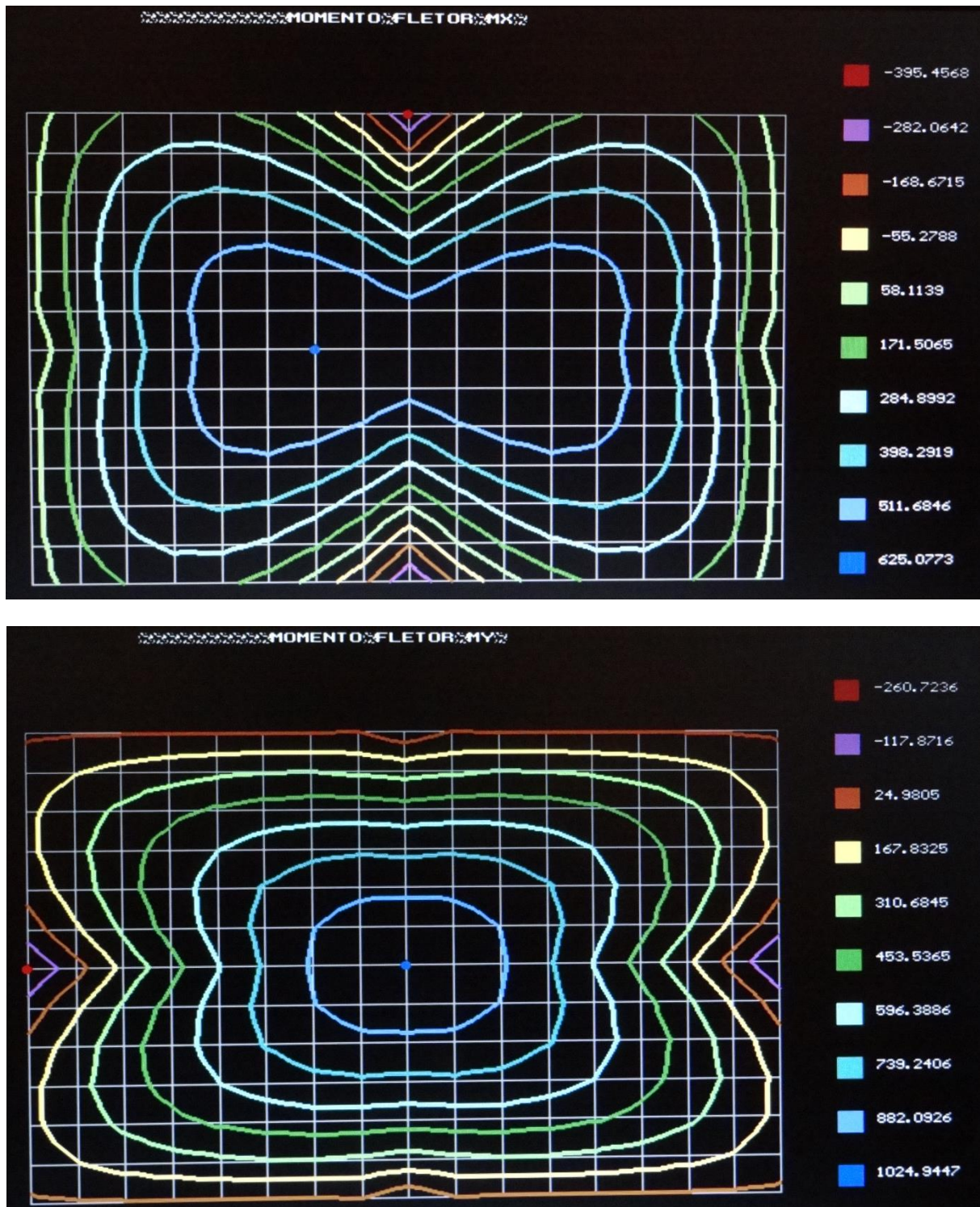


Figura 11 – Exemplo 2 - Curvas de iso-momentos Mx e My

Falar algo.

3.1.3. EXEMPLO 3

No exemplo três, além de eliminar o apoio central, eliminamos os apoios centrais das vigas externas, conforme figura 3.

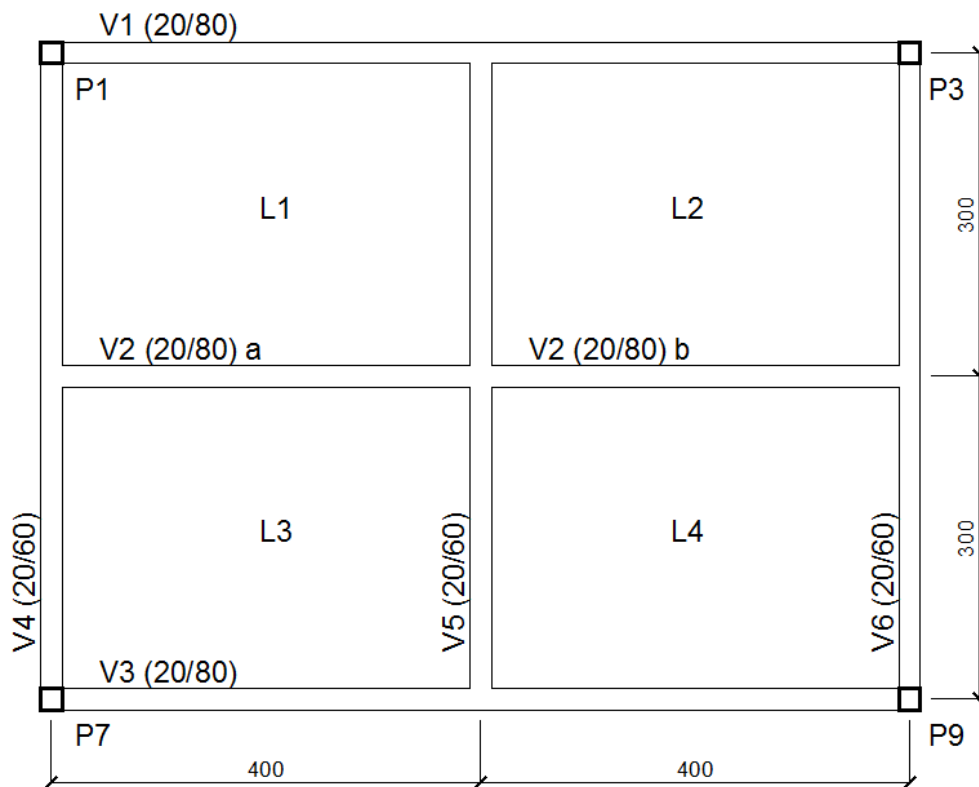


Figura 3 – Exemplo 3 - Planta esquemática da forma do pavimento.

A estrutura foi dividida em 192 elementos quadrados de placa, 84 elementos de barras, com 221 nós, conforme figura 12.



Figura 12 – Exemplo 3 - Discretização das placas (PLENOR)

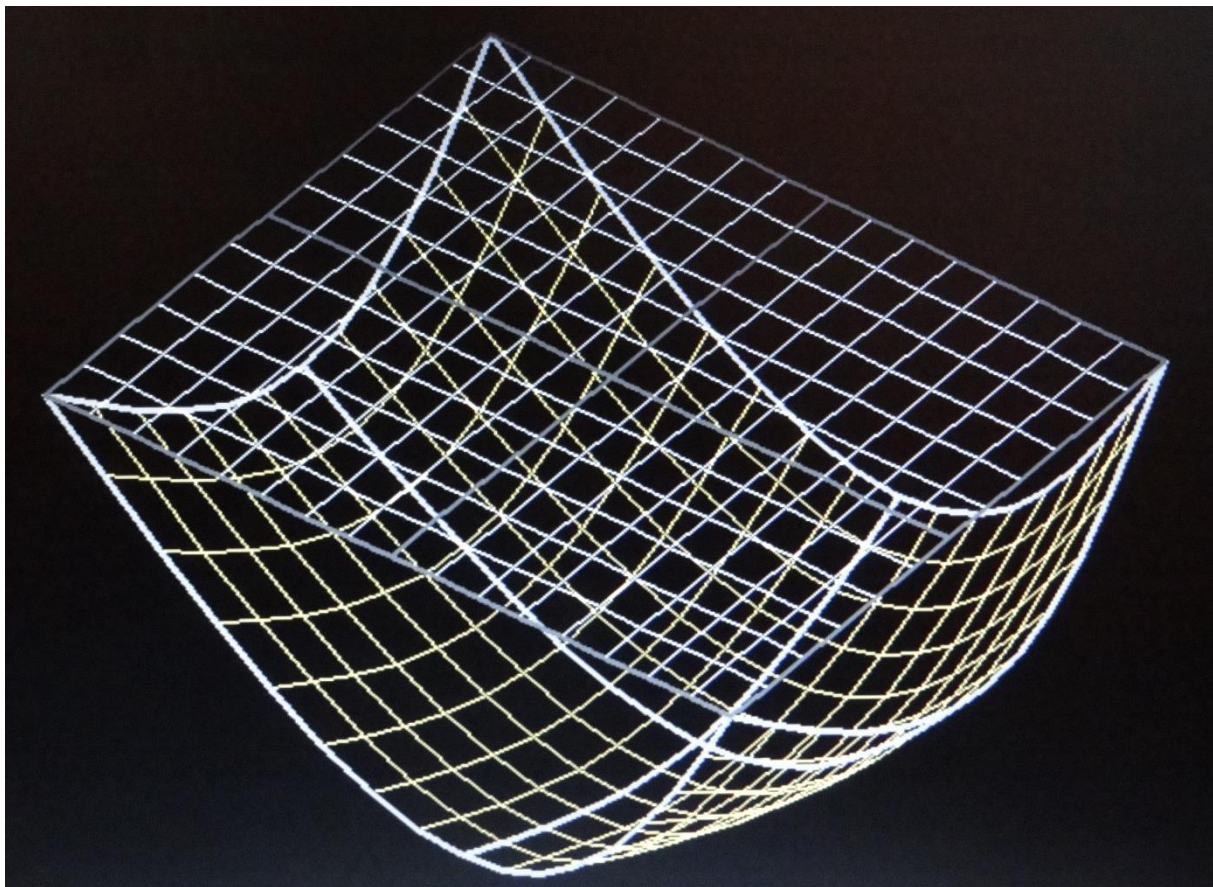


Figura 13 – Exemplo 3 - Placa deformada e indeformada superposta (fator de ampliação 100x)

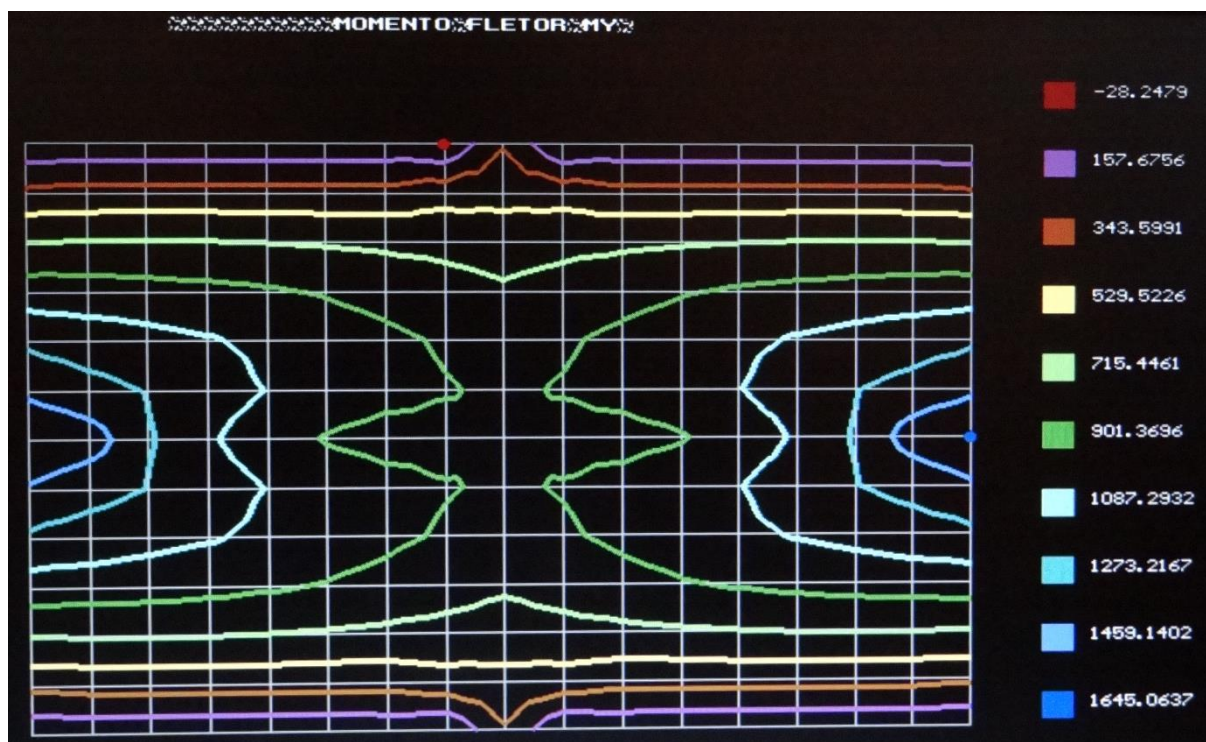
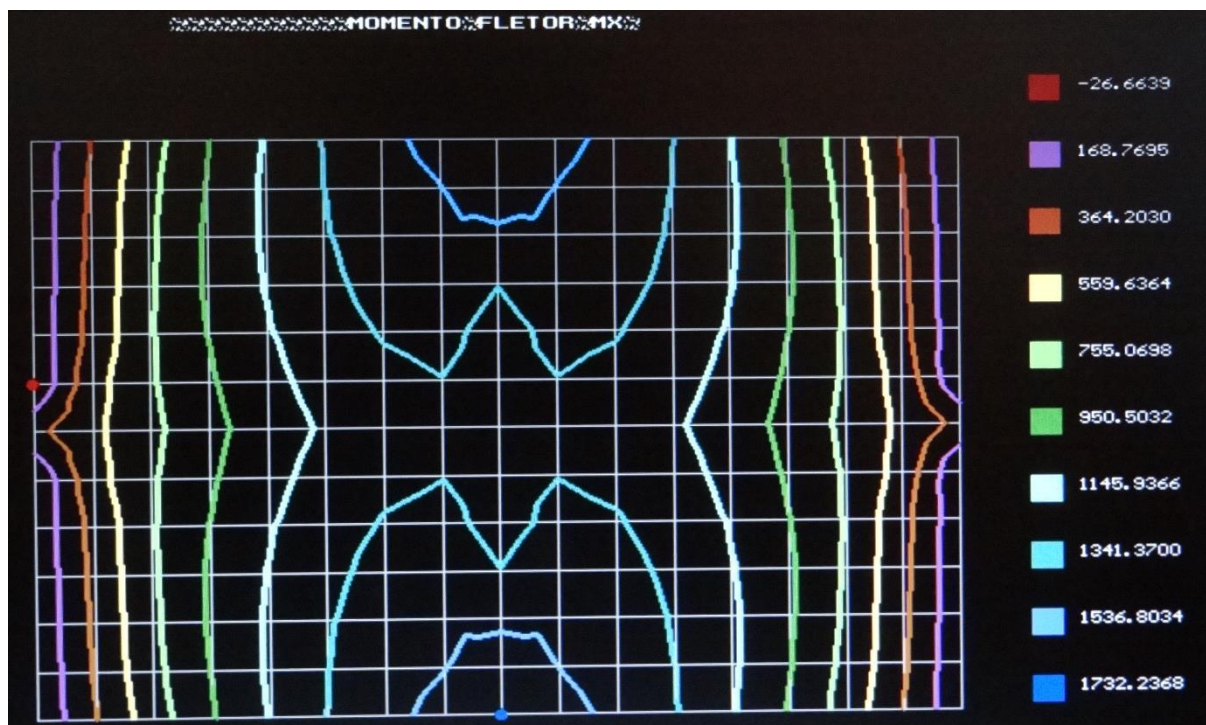


Figura 14 – Exemplo 3 - Curvas de iso-momentos Mx e My

3.1.4. EXEMPLO 4

No exemplo quatro, alteramos a inércia da viga V5, conforme figura 4.

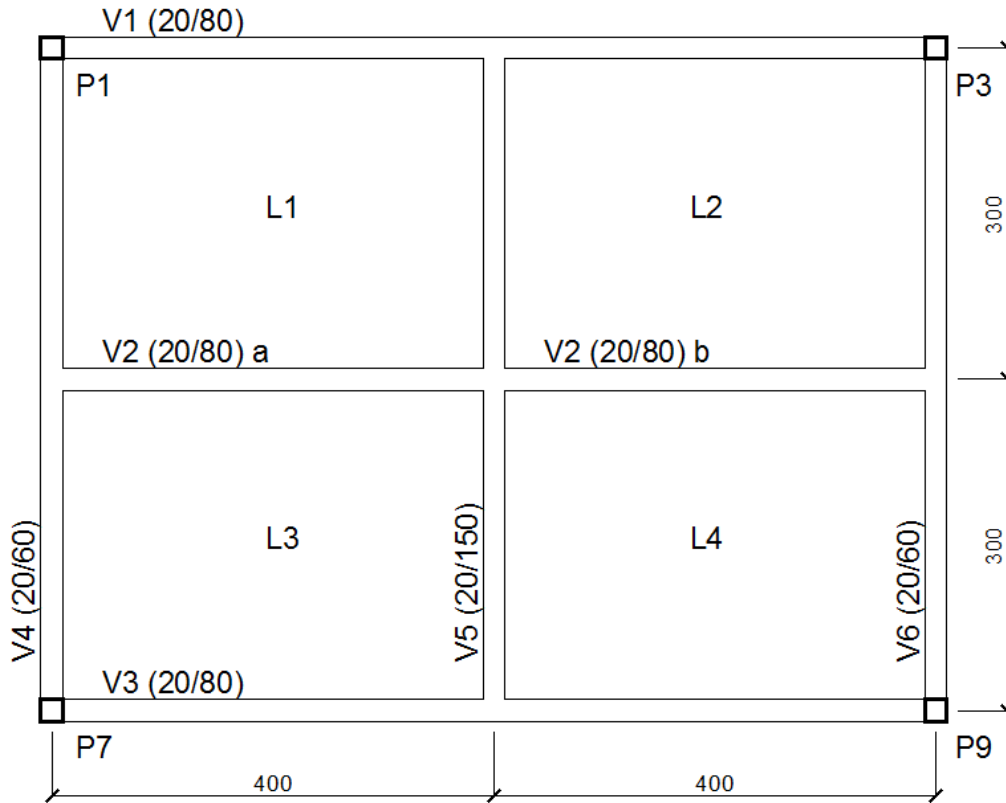


Figura 4 – Exemplo 4 - Planta esquemática da forma do pavimento.

A estrutura foi dividida em 192 elementos quadrados de placa, 84 elementos de barras, com 221 nós, conforme figura 15.



Figura 15 – Exemplo 4 - Discretização das placas (PLENOR)

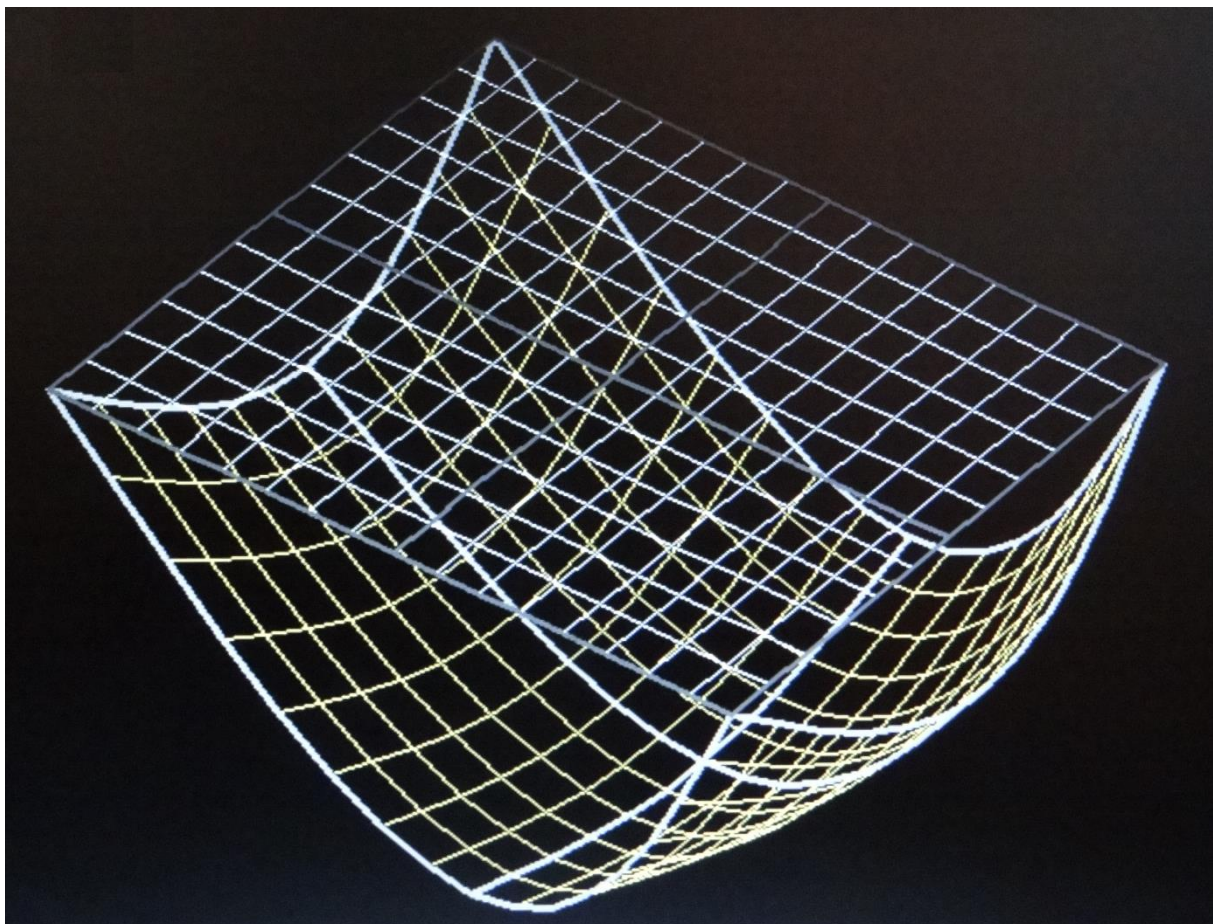


Figura 16 – Exemplo 4 - Placa deformada e indeformada superposta (fator de ampliação 100x)

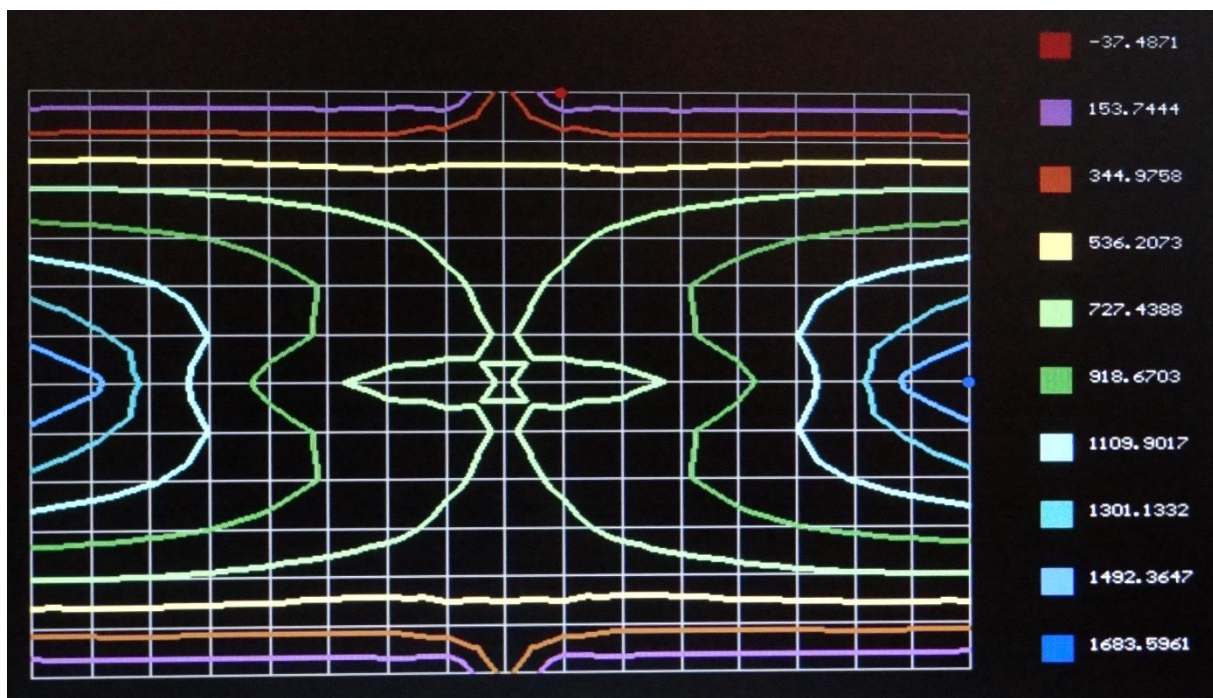
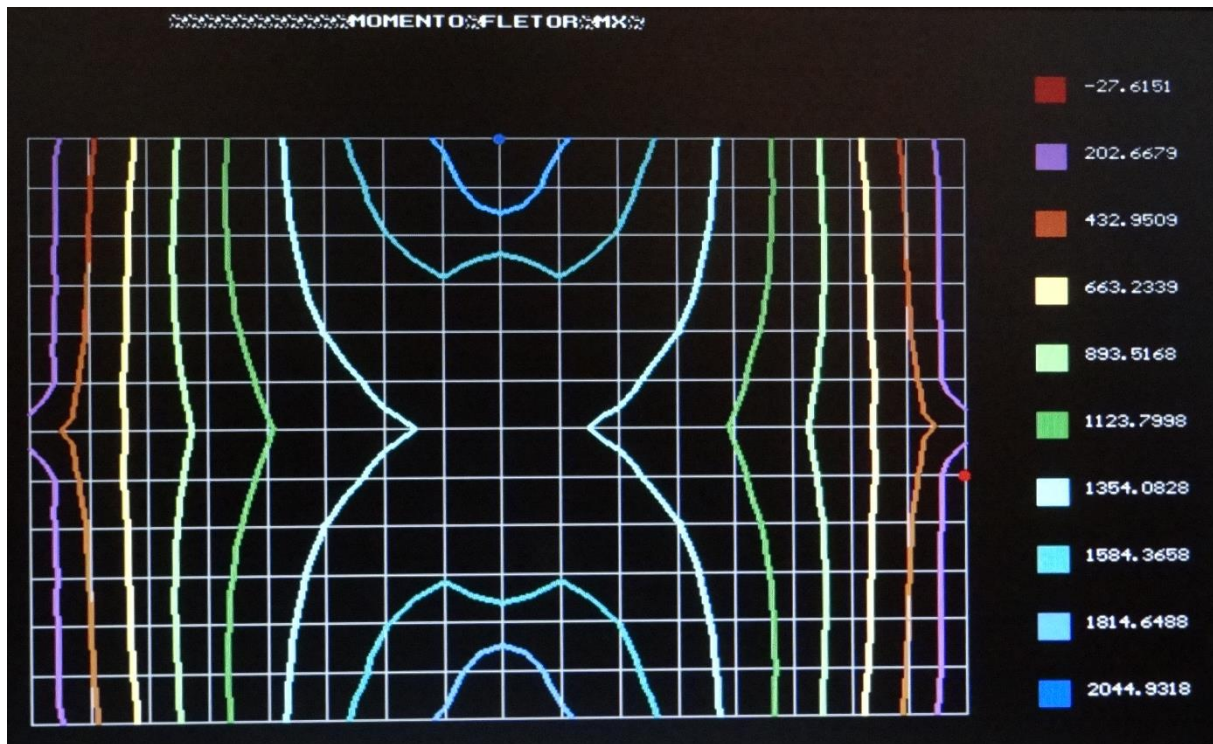


Figura 17 – Exemplo 4 - Curvas de iso-momentos Mx e My

3.1.5. EXEMPLO 5

No exemplo cinco, retiramos todas as vigas centrais, conforme figura 5.

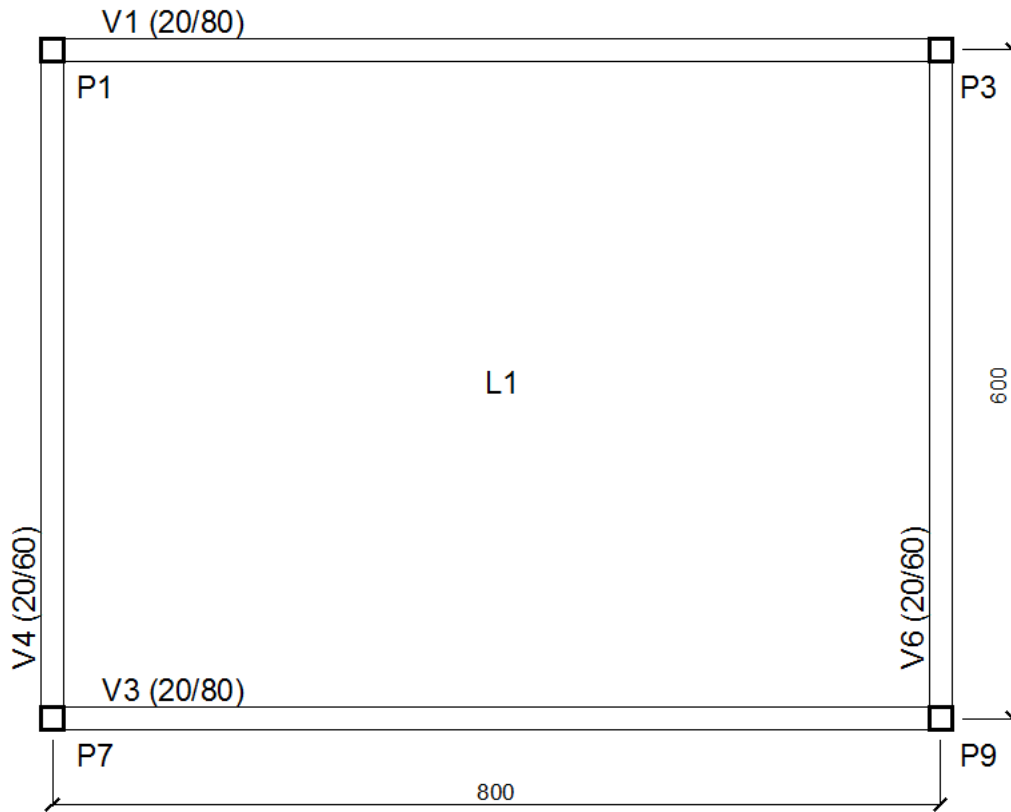


Figura 5 – Exemplo 5 - Planta esquemática da forma do pavimento.

A estrutura foi dividida em 192 elementos quadrados de placa, 56 elementos de barras, com 221 nós, conforme figura 18.



Figura 18 – Exemplo 5 - Discretização das placas (PLENOR)

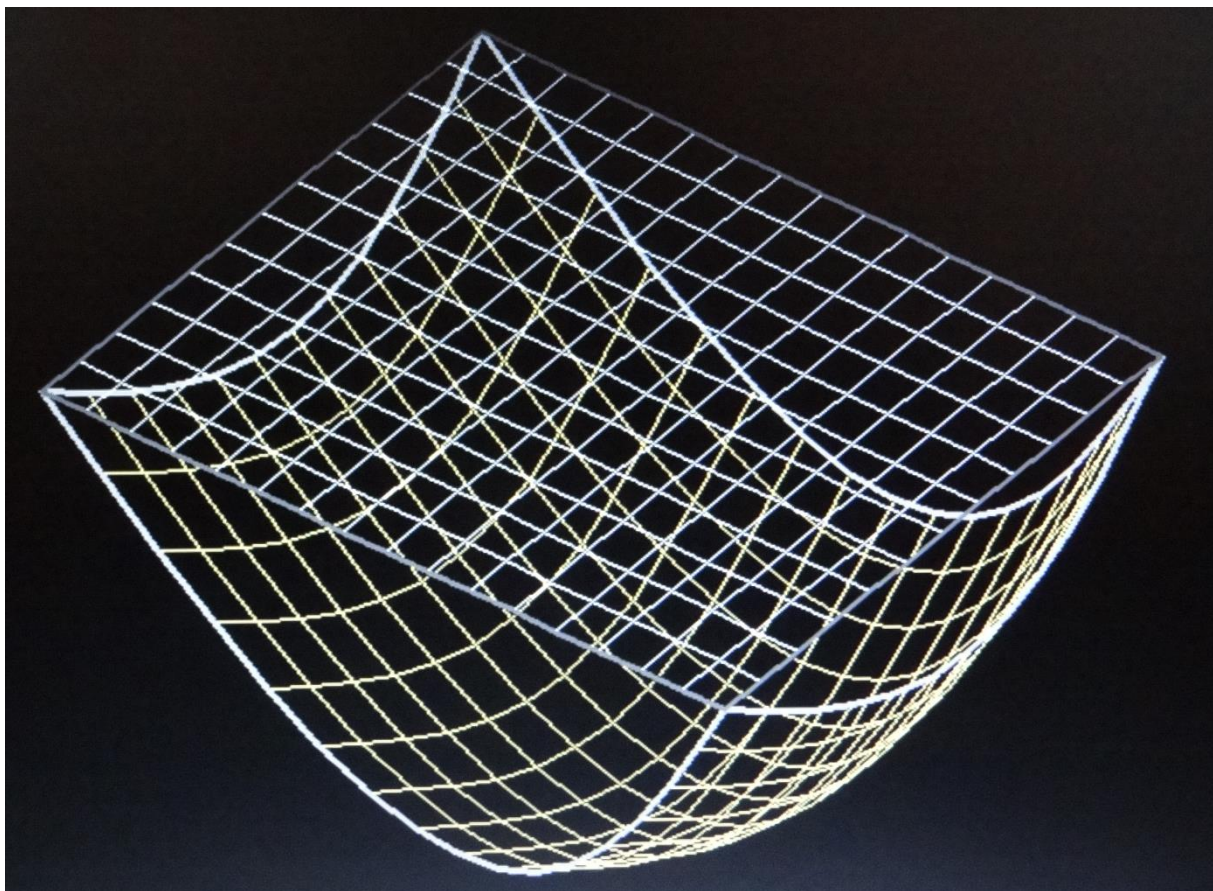


Figura 19 – Exemplo 5 - Placa deformada e indeformada superposta (fator de ampliação 100x)

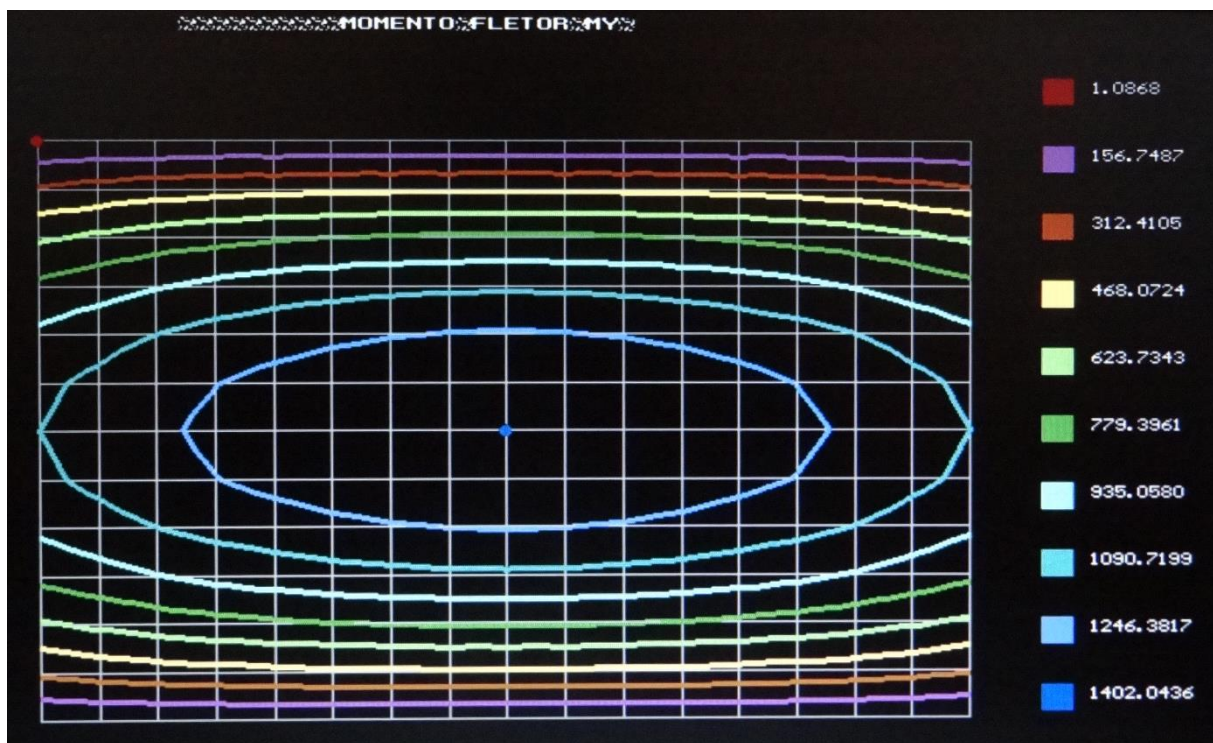
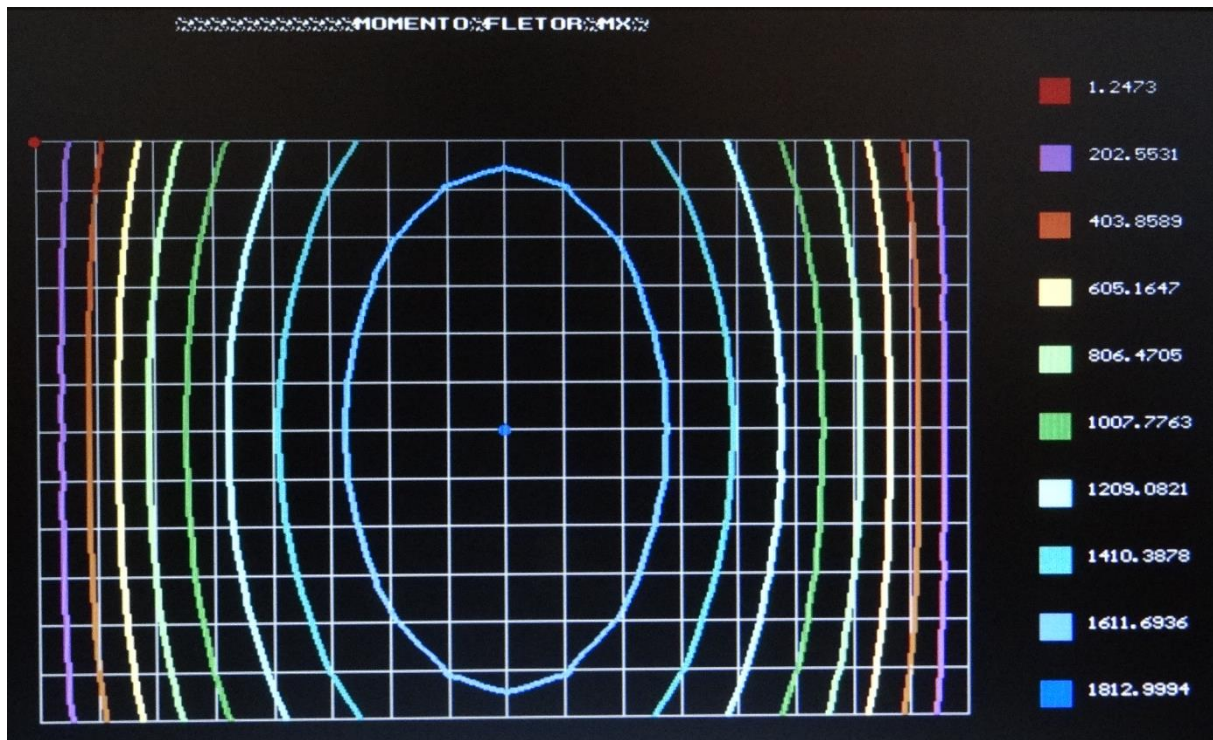


Figura 20 – Exemplo 5 - Curvas de iso-momentos M_x e M_y

4. CONCLUSÃO

Quando as lajes são grandes e tem cruzamento de vigas, ou seja, a estrutura é uma grelha com vãos grandes, na hora de detalhar seria aconselhável fazer essa análise com programa numérico para saber onde realmente precisa combater momento negativo e positivo só pra mostrar que tem uma influência da inércia nos esforços.

Em função das variações de inércia, vimos que que em alguns pontos e situações o que eu imaginava que seria momento negativo, passa a ser positivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

BOTELHO, M. H. C., MARCHETTI, O. Concreto armado eu te amo. 6ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2010. Volume I.

UFMG, ESCOLA DE ENGENHARIA, Departamento de Engenharia de Estruturas, Concreto Armado I, Ney Amorim Silva.