



## **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE LAJES ALVEOLARES DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO – ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO E AO CISCALHAMENTO**

Gabriela Pereira Roéféro (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Anamaria Malachini Miotto Farah (Orientadora), e-mail: gabrielaroefero@gmail.com.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Departamento de Engenharia Civil / Maringá, PR.

### **Engenharias, Engenharia Civil, Estruturas**

**Palavras-chave:** lajes alveolares, protensão, simulação

#### **Resumo:**

O presente trabalho consiste em um estudo e uma simulação numérica do comportamento de três tipos de lajes alveolares protendidas já ensaiadas experimentalmente por Catóia (2011) por meio do software ABAQUS, versão 6.12. Através dos resultados obtidos com a simulação e os resultados experimentais, foi possível realizar uma comparação entre estes para que o modelo numérico possa ser calibrado e representar adequadamente o modelo físico.

#### **Introdução**

As primeiras lajes alveolares foram desenvolvidas na década de 1950, quando evoluíram as técnicas de protensão em longas pistas, correspondendo a um dos mais avançados tipos de unidade pré-moldadas. Segundo Catóia (2011), por mais de trinta anos após seu surgimento, os tipos de pré-fabricados não mudaram. Atualmente, dezenas de milhões de metros quadrados são fabricadas todo ano ao redor do mundo. Tendo conhecimento da ascendência do uso de pré-moldados na construção e as vantagens do uso de lajes alveolares para cumprir grandes vãos, o presente trabalho visa a obtenção de um modelo numérico capaz de representar os ensaios experimentais realizados por Catóia (2011).





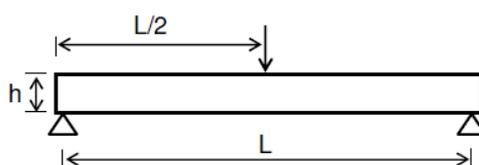
## Materiais e métodos

Para a realização dos ensaios, foi necessário um estudo sobre o programa ABAQUS 6.12, através do manual ABAQUS Conceitos Básicos (2006), e sobre as lajes alveolares ensaiadas por Catóia (2011). As lajes foram simuladas adaptando a área dos alvéolos e das cordoalhas de forma circular para a forma quadrada, a fim de facilitar os cálculos. A laje L10-S-20-5-D12,7-Z-F foi modelada de acordo com os dados da Tabela 01, para simular o momento de fissuração experimental de 95,00 kN.m e ensaiada à flexão conforme a Figura 01:

**Tabela 01** – Características da laje L10-S-20-5-D12,7-Z-F

$E_c$ (MPa)	B (cm)	H (cm)	L (m)	$\Phi_c$ (mm)	$\Phi_a$ (mm)	$\sigma_P$ (MPa)	PP(kN)	V (kN)
29200	125,0	20,0	6,10	12,7	150,0	899,9275	21,9556	51,3173

Sendo  $E_c$ =módulo de elasticidade do concreto, B=largura da base da laje, H=altura da laje, L=largura da laje,  $\Phi_c$ =diâmetro das cordoalhas,  $\Phi_a$ =diâmetro dos alvéolos,  $\sigma_P$ =tensão de protensão nas cordoalhas, PP= peso próprio da laje e V=carga aplicada.



**Figura 01** – Esquemática do ensaio modelado no ABAQUS 6.12

A laje L5-S-20-5-D12,7-Z-F foi modelada de acordo com os dados da Tabela 02 para simular o momento de fissuração experimental de 101,22 kN.m e ensaiada à flexão conforme a Figura 01:

**Tabela 02** – Características da laje L5-S-20-5-D12,7-Z-F

$E_c$ (MPa)	B (cm)	H (cm)	L (m)	$\Phi_c$ (mm)	$\Phi_a$ (mm)	$\sigma_P$ (MPa)	PP (kN)	V (kN)
29200	125,0	20,0	3,10	12,7	150,0	899,9275	11,1578	125,0276

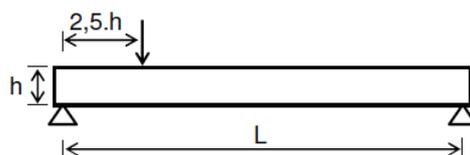




A laje L12-S-20-5-D12,7-Z-C foi modelada de acordo com os dados da Tabela 3 para simular o momento último experimental de 60,39 kN.m e ensaiada ao cisalhamento conforme a Figura 02:

**Tabela 03 – Características da laje L12-S-20-5-D12,7-Z-C**

$E_c$ (MPa)	B (cm)	H (cm)	L (m)	$\Phi_c$ (mm)	$\Phi_a$ (mm)	$\sigma_P$ (MPa)	PP (kN)	V (kN)
29200	125,0	20,0	3,10	12,7	150,0	899,9275	11,1578	138,4280



**Figura 02 – Esquematização do ensaio modelado no ABAQUS 6.12**

## Resultados e Discussão

Com a simulação, foi possível obter um valor numérico para a flecha máxima das lajes no programa e, assim, pode-se realizar uma comparação com o valor experimental obtido por Catóia (2011), mostrado na Tabela 04.

**Tabela 04 – Resultados obtidos**

Laje	Experimental (mm)	Simulação (mm)
L5	8,40	1,82
L10	15,00	6,13
L12	7,40	0,18

Foram também realizadas simulações retirando-se a protensão das cordoalhas e comparando com o modelo de viga teórico proposto por Hibbeler (2010). Os valores são mostrados na tabela 05 abaixo:

**Tabela 05 – Resultados obtidos desconsiderando a protensão**

Laje	Teórico (mm)	Simulação (mm)
L5	4,18	4,23
L10	15,70	15,39
L12	1,50	2,35





## Conclusões

Por meio da análise dos resultados, foi possível observar que a laje de maior comprimento apresentou um resultado na simulação mais próximo ao experimental do que as outras lajes com menores vãos. A laje ensaiada ao cisalhamento obteve um valor para flecha na simulação muito distante do experimental em comparação aos valores obtidos para as lajes ensaiadas à flexão. Comparando a análise realizada sem levar em conta a protensão com o modelo de viga proposto por Hibbeler (2010), pode-se justificar a validade da simulação, tendo vista que os valores ficaram bem próximos. As diferenças do resultado da simulação com protensão para a situação real pode ser justificada devido ao valor do módulo de elasticidade do concreto real ser diferente do obtido ao romper o corpo de prova retirado na sua moldagem, efeito que pode ocorrer devido à microfissuração.

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, à Professora Doutora Anamaria Malachini Miotto Farah, pelos conhecimentos repassados e por toda atenção e dedicação durante a elaboração deste trabalho, à Universidade Estadual de Maringá e à Fundação Araucária pela oportunidade e pelos investimentos fornecidos a esta pesquisa, ao colega Gabriel Hora Cardoso pela colaboração e por fim, à minha família pelo incentivo e apoio incondicional fornecido.

## Referências

CATOIA, B. (2011). **Lajes alveolares protendidas: cisalhamento em região fissurada por flexão**. São Carlos 323p. Dissertação (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

VERÍSSIMO, G. S. (2006). **Abaqus Conceitos Básicos. Tradução do manual eletrônico “Getting Started with Abaqus”** – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

HIBBELER, R.C. (2010). **Resistência dos Materiais**. 7. Ed. São Paulo.

