

DIMENSIONAMENTO DE LAJE COGUMELO

Orientador : FOLLETO, Evandro Paulo

Pesquisador : FACCO, Heron Gabriel

Resumo

Lajes planas são lajes de concreto armado que não se apoiam em vigas, mas diretamente nos pilares da estrutura. Nos pontos de ligação entre pilar e laje, elevadas tensões de cisalhamento culminam na tendência do pilar “furar” a laje, o que se denomina “efeito de punção”. Uma das maneiras de aumentar a resistência à punção das lajes planas é a utilização do capitel, um elemento estrutural auxiliar que confere à laje a denominação de “laje cogumelo”. Neste trabalho, é apresentado como a bibliografia se refere quanto à utilização do capitel, e como seu dimensionamento é realizado. Para a realização do proposto foi estabelecido o dimensionamento de um modelo de laje plana através do método de cálculo manual intitulado Método dos Pórticos Planos Equivalentes, e realizada as demais verificações prescritas pela ABNT NBR 6118:2014. Para o modelo testado neste trabalho, verificou-se a necessidade de reforço para as ligações entre pilar e laje, de forma que foi adotado capitel para todos os pilares.

Palavras chaves: Capitel; Concreto; Punção; Lajes Planas.

1 INTRODUÇÃO

Os capitéis são elementos estruturais utilizados no combate à punção nas ligações entre pilar e laje em lajes planas, conferindo-lhes a denominação de lajes “cogumelo”, e aumentando a capacidade de resistência das ligações.

Este trabalho é um estudo sobre o dimensionamento de lajes planas através do método de cálculo de Pórticos Planos Equivalentes, também chamado de Método dos Pórticos Múltiplos, prescrito pelo item 14.7.8 da

ABNT NBR 6118:2014, e demais verificações que a norma prescreve para o cálculo desse tipo de estrutura.

Neste trabalho, é realizado o dimensionamento de um modelo estrutural de laje cogumelo pelo Método dos Pórticos Equivalentes, sendo que as armaduras foram calculadas de acordo com as prescrições da ABNT NBR 6118:2014 e bibliografia relacionada.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo a ABNT NBR 6118 no item 14.4.2.1, as placas são elementos de superfície plana, usualmente denominadas lajes, em que a norma prescreve ao longo dos itens 13.2.4, 13.2.5.2, 13.3, 14.7, 19 e 20.

Lajes planas são as lajes onde não se utilizam vigas como apoios, portanto, lajes que se apoiam diretamente nos pilares. O sistema estrutural de lajes planas, é muito utilizado em projetos de grandes edifícios e complexos comerciais. Dentre as principais vantagens desse sistema podemos destacar a maior liberdade na definição dos espaços internos e a rapidez de construção. Todavia, surgem as preocupações com a estabilidade global da estrutura, e com o efeito de punção (ALTOQI, 2014).

Lajes planas podem ser tanto maciça lisa ou cogumelo. Quando o efeito de punção é muito grande, geralmente é empregado um novo elemento estrutural auxiliar na ligação do pilar com a laje, denominado capitel (ALVES, 2014).

Para o detalhamento da armadura de flexão, o primeiro passo é a determinação dos momentos fletores característicos (M_k), positivos e negativos, obtidos através da análise da estrutura pelo Método dos Pórticos Equivalentes e utilizados para o dimensionamento das armaduras da laje plana.

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, se tratando de lajes planas, quando estando os pilares dispostos em filas ortogonais regulares, com pouca diferença de distância entre os vãos, o método dos pórticos equivalentes

representa a maneira mais adequada de se realizar a análise estrutural para obtenção dos esforços solicitantes.

O método, consiste em representar a estrutura através de vários pórticos dispostos nas duas direções ortogonais do sistema, composto por laje e pilares. As ações verticais, agem sobre a área de influência de cada pilar, que por sua vez, atua sobre o plano do pórtico formado pela linha de pilares, que é delimitado pelas linhas dos painéis adjacentes (CARVALHO, 2009).

Conforme prescrição da ABNT NBR 6118:2014, a distribuição dos momentos, obtida em cada direção, segundo as faixas indicadas na Figura 6, são:

- 45% dos momentos positivos para as duas faixas internas (faixas centrais);
- 27,5% dos momentos positivos para cada uma das faixas externas (faixa dos pilares);
- 25% dos momentos negativos para as duas faixas internas (faixas centrais);
- 37,5% dos momentos negativos para cada uma das faixas externas (faixas dos pilares).

A carga total atuante na estrutura, é dada pela soma das cargas variáveis, ou seja, o peso próprio (g), equivale à espessura da laje (h) multiplicada pelo peso específico aparente do concreto armado (obtido pela NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações).

No método dos pórticos equivalentes ou múltiplos considera-se que toda a carga atuante nos meios painéis está solicitando o pórtico, que é composto pela linha dos pilares mais a metade dos painéis adjacentes (CARVALHO, 2009). O carregamento, portanto, é obtido com a multiplicação da carga total pela distância entre as linhas de centro dos painéis adjacentes aos pilares.

Punção, é o modo de ruptura que ocorre na região do apoio das lajes planas em pilares. Desse modo, punção é a tendência de a laje romper em torno do pilar, o que provoca elevadas tensões de cisalhamento. O efeito patológico de punção normalmente ocasiona a ruptura abrupta, ou seja, sem aviso prévio da laje (ALVES, 2014).

Devido as variações entre os vãos, os carregamentos diferentes e a ação de forças horizontais na estrutura, são recorrente a presença de momentos desbalanceados nas ligações entre pilar e laje em edifícios onde as lajes lisas foram adotadas.

Quando acontece o punctionamento de um ponto, uma parcela da carga é transmitida aos pilares vizinhos, onde ocorrem novas rupturas. O uso de armaduras de punção é o recurso mais utilizado para aumentar a resistência de uma laje lisa. O controle das flechas da laje também é um aspecto importante a ser mencionado, mas o risco de ruptura por punção é o ponto mais crítico a ser observado, sendo que ela pode levar a um colapso progressivo que pode levar a estrutura à ruína (OLIVEIRA, 2015).

Oliveira (2015) diz que, as fissuras radiais se iniciam próximo ao centro da laje se estendendo em direção às arestas laterais, dessa forma, dividindo o plano em diversos segmentos radiais.

Após formadas as fissuras radiais, a partir das mais externas dessas se desenvolvem as superfícies de ruptura por cisalhamento, formadas em torno do pilar. Tal ruptura se caracteriza por uma quebra predominante vertical da laje que origina uma forma de tronco-de-cone, que possui sua maior seção de área na parte superior da laje, a parte mais carregada, para a face inferior, apresentando uma inclinação em torno 30° a 35° em relação ao plano.

Os segmentos de laje são abordados como corpos rígidos que se apoiam em um tronco-de-cone localizado entre o pilar e a fissura de cisalhamento. O seguimento gira em torno de um ponto de rotação (CR), em que as forças internas são uma função da rotação (ψ) da laje.

Quando a fissura vertical atinge o a superfície inferior da laje, as deformações no concreto e na tronco-de-cone atingem valores de ruptura

característicos para o concreto, ou seja, a região da laje ligada ao pilar sofre uma rotação da superfície superior em sentido a inferior, e move-se verticalmente. Tal movimento giratório resulta na fratura da laje, que se inicia na zona tensionada para a comprimida de forma que ocorre o desligamento entre os dois sistemas estruturais, laje e pilar (OLIVEIRA, 2015).

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa teórica pela bibliografia para consecutivo dimensionamento manual de laje cogumelo. Para a realização deste trabalho, foram realizadas as seguintes etapas:

Pesquisa e estudo pela bibliografia sobre os aspectos das lajes planas, sendo essa: livros, apostilas e revistas especializadas; para composição da fundamentação teórica, a qual contempla as formulações e prescrições da ABNT em relação dos conceitos pesquisados.

Estabeleceu-se um modelo estrutural de laje plana, e foi realizada a análise desse através do Método dos Pórticos Equivalentes, prescrito pelo item 14.7.8 da ABNT NBR 6118:2014. As solicitações na estrutura foram encontradas com auxílio do programa de análise estrutural Ftool. O exemplo numérico se trata de um modelo de laje plana considerando a ação do efeito de punção atuante na ligação entre pilar e laje. Para esse fim, foi estabelecido um modelo de laje simétrica, na forma de um quadro de 12mx12m, com 14cm de espessura, lembrando que, o ABNT NBR 6118, no item 13.2.4.1, estabelece espessura mínima de 14cm para lajes-cogumelo. Na laje em questão, são distribuídos nove pilares com seção de 20cm x 20cm com 3m de altura.

Os pilares foram dispostos de modo que se formem os mesmos pórticos em ambas as direções, dessa forma, detalhando-se a armadura da laje para uma direção, têm-se a armadura da direção contrária, visto que de acordo com a simetria da laje as armaduras serão iguais em ambas as direções.

Além disso, a disposição dos pilares, localizados em vão semelhantes, evita grandes diferenças de momentos fletores, medidas que quando possíveis, são adotadas pelos calculistas de estruturas visando-se a melhor distribuição de cargas pela estrutura.

Posteriormente foi realizada a verificação à punção da laje para os pontos de ligação entre laje e pilares, onde foram discutidas algumas alternativas para solução do caso em que foi constatada necessidade de reforço estrutural para a estrutura, e foi realizada a proposição de adoção do capitel.

Através dos resultados obtidos oriundos do processamento estrutural do modelo proposto, em que se buscou analisar e registrar os valores resultantes dos cálculos e o dimensionamento estrutural da estrutura calculada.

As cargas atuantes sobre a estrutura foram estabelecidas de acordo com as indicações das normas ABNT NBR 6118, e ABNT NBR 6120, tendo-se como carregamento:

O Peso Próprio da laje: uma vez que a laje tem espessura de 14cm, e ABNT NBR 6120, indica 25kN/m^3 para o peso específico do concreto armado, da multiplicação da espessura pelo peso específico obtém-se:

$$0,14\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 = 3,5\text{kN/m}^2$$

Como peso de revestimento, considerou-se 5cm de contrapiso, sendo que a ABNT NBR 6120 indica para o peso específico de argamassa de cimento e areia o valor de 21kN/m^3 , dessa forma, obtém-se:

$$0,05\text{m} \cdot 21\text{kN/m}^3 = 1,05\text{kN/m}^2, \text{ adotou-se } 1\text{kN/m}^2$$

Como carga acidental, adotou-se 3kN/m^2 ;

Dessa forma, o carregamento total se dá pela soma do Peso Próprio da laje, com o peso de revestimento e a carga acidental, dessa soma, obtém-se:

$$3,5\text{kN/m}^2 + 1\text{kN/m}^2 + 3\text{kN/m}^2 = 7,5\text{kN/m}^2$$

Como a faixa do pórtico central possui 5m de largura, a resultante da força é:

$$5\text{m} \cdot 7,5\text{kN/m}^2 = 37,5\text{kN/m}$$

Tratando-se de lajes planas e estando os pilares dispostos em filas ortogonais regulares, com pouca diferença de distância entre os vãos, nota-se, que a norma ABNT NBR 6118:2014 recomenda o método dos pórticos equivalentes como a maneira mais adequada de se realizar a análise estrutural para obtenção dos esforços solicitantes. Dessa forma, esse método será utilizado uma vez que o modelo em questão apresenta a devida simetria vertical e horizontal da laje. Para o dimensionamento da laje em questão, adotou-se f_{ck} (resistência à compressão do concreto armado) de 30 MPa para o concreto, e aço CA-50 para os cálculos.

Uma vez que o pórtico da linha central de pilares é o mais carregado (por possuir uma área maior de influência), analisou-se essa região nos cálculos, e o dimensionamento das armaduras foram adaptadas para as demais faixas de pilares, uma vez que, por possuírem variação um pouco inferior ao carregamento da faixa central, suprimem a necessidade de armação nas extremidades da laje. Além disso, a simetria entre as duas direções permite que seja realizada a análise em uma direção em equivalência à outra.

De acordo com a ABNT NBR 6118, para obtermos os momentos fletores das faixas do pórtico, devemos multiplicar os momentos fletores obtidos pelo diagrama pelas porcentagens especificadas na norma.

Dessa forma, o cálculo dos momentos apresenta os seguintes resultados:

$$\text{Região I: } -28,7\text{kNm} \cdot 25\% = -7,17\text{kNm}$$

$$\text{Região II: } -28,7\text{kNm} \cdot 37,5\% = -10,76\text{kNm}$$

$$\text{Região III: } 54,8\text{kNm} \cdot 27,5\% = 15,07\text{kNm}$$

$$\text{Região IV: } 54,8\text{kNm} \cdot 45\% = 24,66\text{kNm}$$

$$\text{Região V: } -101,8\text{kNm} \cdot 25\% = -25,45\text{kNm}$$

$$\text{Região VI: } -101,8\text{kNm} \cdot 37,5\% = -38,17\text{kNm}$$

As armaduras de flexão foram calculadas através das equações apresentadas nas bibliografias de Carvalho (2009), seguindo as exigências da ABNT NBR 6118:2014.

Os cálculos de verificação à punção foram realizados conforme as prescrições da ABNT NBR 6118:2014, sendo que, no dimensionamento da laje à punção, deve-se encontrar o valor da tensão solicitante, e posteriormente realizar a verificação do cisalhamento em duas ou mais superfícies críticas localizadas no entorno de onde as forças são aplicadas. Essas verificações ocorrem na primeira superfície crítica (contorno C), na face do pilar, e posteriormente em uma distância à $2 \cdot d$ da face do pilar (superfície crítica C'), sendo d a altura útil da laje.

Inicialmente, verificou-se a punção no pilar P5, o pilar mais carregado. F_{sd} foi obtido através da multiplicação da reação vertical no pilar, obtida com o auxílio do FTool.

A reação vertical no pilar P5 tem valor de 216,72kN.

Portanto:

$$F_{sd} = F_{sk} \cdot \gamma_f = 216,7\text{kN} \cdot 1,4 = 303,38\text{kN}$$

O valor de d , corresponde à altura útil da laje no contorno crítico C', ou seja, à $2 \cdot d$ de distância do pilar:

$$d = h - c \quad (1)$$

onde:

h é a altura da laje (14cm);

c é o cobrimento, anteriormente definido como 25mm;

Dessa forma:

$$d = 0,14 - 0,025 = 0,115\text{m}$$

O valor de u corresponde ao perímetro do contorno crítico C', segundo a ABNT NBR 6118.

Concluimos que o perímetro é calculado pela área da circunferência formada pelos quatro quartos de círculo, mais o perímetro da forma quadrada, que corresponde às quatro faces do pilar. Sendo o perímetro da circunferência expressado por $2 \cdot \pi \cdot r$ (onde r , é o raio da circunferência), o valor de u é dado por:

$$u = (2 \cdot \pi \cdot r) + 4 \cdot 0,2\text{m}$$

$$u = (2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d) + 4 \cdot 0,2m$$

$$u = (2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 0,115m) + 4 \cdot 0,2m$$

$$u = 2,25m$$

Com os valores de u , d e F_{sd} , podemos calcular a tensão solicitante, sendo ela:

$$\tau_{Sd} = F_{sd} / (u \cdot d) = 303,38kN / (2,25m \cdot 0,115m) = 1175,89kN/m^2 = 1,18MPa$$

De acordo com a ABNT NBR 6118, a primeira verificação a ser realizada é a tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superfície crítica C. Essa verificação deve ser feita no contorno C (na face do pilar), em lajes submetidas à punção, quando apresentar ou não armadura.

Conforme a expressão:

Sabendo-se, que adotamos concreto com f_{ck} 30MPa, o cálculo de τ_{Rd2} fica:

$$\tau_{Rd2} = 0,27 \cdot a_v \cdot f_{cd}$$

$$\tau_{Rd2} = 0,27 \cdot (1 - 30/250) \cdot 30/1,4$$

$$\tau_{Rd2} = 5,09MPa$$

Como τ_{Sd} (1,18MPa) < τ_{Rd2} (5,09MPa) → Ok! Verificação atendida.

Uma vez efetuada a verificação em C, passamos a verificar a tensão resistente na superfície C', distante $2d$ do pilar.

σ_{cp} é a tensão inicial no concreto na armadura de protensão para os casos em que se opta pela utilização de concreto protendido na estrutura, o que não se aplica ao modelo em questão. Portanto, adotaremos $\sigma_{cp} = 0$.

Calcula-se a taxa de armadura de flexão (ρ), dividindo-se a área de armadura (A_s) de flexão pela área de concreto (A_c) de determinado trecho. De acordo com a ABNT NBR 6118, divide-se a área de armadura de flexão contida na largura igual à dimensão ou área carregada do pilar acrescida de $3d$ para cada um dos lados.

Devido à simetria da estrutura, uma vez que, o pilar tem a seção quadrada, a taxa de armadura de flexão é a mesma para ambos os sentidos. Lembrando que, conforme calculado anteriormente, a armadura

de flexão necessária atender aos esforços de momento fletor o pilar P5 equivalem à $12,13\text{cm}^2/\text{m}$.

Dessa forma:

$A_{cx} = A_{cy} = [3 \cdot d \cdot 2 \text{ (cada lado do pilar)} + 0,20\text{m (pilar)}] \cdot h \text{ (altura da laje)}$

$$A_{cx} = A_{cy} = (3 \cdot 0,115 \cdot 2 + 0,20) \cdot 0,14\text{m} = 0,1246\text{m}^2$$

$$A_{sx} = (89\text{cm}/9\text{cm}) \times 1,23\text{cm}^2 = 12,3\text{cm}^2$$

$$\rho_x = \rho_y = A_{sx}/A_{cx} = (12,13\text{cm}^2/\text{m})/1246\text{cm}^2 = 0,0097$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = \sqrt{0,0097 \cdot 0,0097} = 0,0097$$

$$\tau_{Rd1} = 0,13 \cdot (1 + \sqrt{20/d}) \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,10 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\tau_{Rd1} = 0,13 \cdot (1 + \sqrt{20/11,5}) \cdot [(100 \cdot 0,0097 \cdot 30)]^{1/3} + 0,10 \cdot 0$$

$$\tau_{Rd1} = 0,13 \cdot (1 + \sqrt{20/11,5}) \cdot [(0,97 \cdot 30)]^{1/3}$$

$$\tau_{Rd1} = 0,93\text{MPa}$$

$$\text{Verificação} \rightarrow \tau_{Sd} \leq \tau_{Rd1}$$

Como $\tau_{Sd} (1,18\text{MPa}) > \tau_{Rd1} (0,93\text{MPa}) \rightarrow$ Não Ok! Verificação não atendida.

Uma vez que a verificação na superfície crítica não foi atendida, significa que a laje não passou na verificação à punção nesse ponto, e alguma providência deve ser tomada a fim de reforçar a ligação entre o pilar e a laje, visto que a ligação está sujeita à ruptura.

Realizou-se o dimensionamento do capitel com base na verificação do contorno C1', o qual está localizado à $2d$ da face do pilar, portanto, na superfície crítica C' anteriormente verificada. O dimensionamento do capitel deve atender uma das condições propostas pelo item 19.5.2.5 da ABNT NBR 6118. Este trabalho adotará a seguinte condição:

$$2(d_c - d) < l_c \leq 2d_c \quad (2)$$

Portanto, adotando-se uma altura de 30cm de altura para o capitel:

$$2(d_c - d) < l_c \leq 2d_c$$

$$2(30\text{cm} - 11,5\text{cm}) < l_c < 2 \cdot 30\text{cm}$$

$$37 < l_c < 60\text{cm}$$

Atendendo essa condição, será adotado capitel com l_c de 40cm, dimensionando o capitel:

$$l_c \text{ (de um lado)} + l_c \text{ (de outro lado)} + 20\text{cm (largura do pilar)}$$

$$40\text{cm} + 40\text{cm} + 20\text{cm} = 100\text{cm}$$

Como o pilar é simétrico, tem as mesmas dimensões nas duas direções, portanto:

Capitel de 100cm x 100cm x 30cm

Calculando novamente a tensão resistente:

$$u = (2 \cdot \pi \cdot r) + 4 \cdot 0,2\text{m}$$

$$u = (2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d) + 4 \cdot 0,2\text{m}$$

$$u = (2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 0,275\text{m}) + 4 \cdot 0,2\text{m}$$

$$u = 3,854\text{m}$$

$$\tau S_d = 303,38\text{kN} / (3,854\text{m} \cdot 0,275\text{m}) = 0,28\text{MPa}$$

Verificando a tensão resistente no contorno C' para verificar o capitel:

$$A_{cx} = A_{cy} = [3 \cdot d \cdot 2 \text{ (cada lado do pilar)} + 0,20\text{m (pilar)}] \cdot h \text{ (capitel)}$$

$$A_{cx} = A_{cy} = (3 \cdot 0,275 \cdot 2 + 0,20) \cdot 0,30\text{m} = 5550\text{cm}^2$$

$$A_{sx} = A_{sy} = (185\text{cm}/9\text{cm}) \times 1,23\text{cm}^2 = 25,83\text{cm}^2$$

$$\rho_x = \rho_y = A_{sx}/A_{cx} = (25,83\text{cm}^2/\text{m})/5550\text{cm}^2 = 0,0047$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = \sqrt{0,0047 \cdot 0,0047} = 0,0047$$

$$\tau_{Rd1} = 0,13 \cdot (1 + \sqrt{20/d}) \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{(1/3)+0,10} \cdot \sigma_{cp}$$

$$\tau_{Rd1} = 0,13 \cdot (1 + \sqrt{20/27,5}) \cdot [(100 \cdot 0,0047 \cdot 30)]^{(1/3)+0,10} \cdot 0$$

$$\tau_{Rd1} = 0,13 \cdot (1 + \sqrt{20/27,5}) \cdot [(4,73 \cdot 30)]^{(1/3)}$$

$$\tau_{Rd1} = 0,58\text{Mpa}$$

Verificação $\rightarrow \tau S_d \leq \tau_{Rd1}$

Como τS_d (0,28MPa) < τ_{Rd1} (0,58MPa) \rightarrow Ok! Verificação atendida.

A necessidade de capitel foi verificada também para os demais pilares da estrutura, onde capiteis de mesmas dimensões foram adotadas buscando a padronização executiva.

3 CONCLUSÃO

Neste trabalho estudou-se o sistema estrutural de laje cogumelo, dimensionando-se um modelo de laje através do Método dos Pórticos Planos Equivalentes, prescrito pelo item 14.7.8 da ABNT NBR 6118:2014.

Encontrou-se, através do Método dos Pórticos Equivalentes, para o pilar central (P5) valor de taxa de armadura de flexão de $13,12\text{cm}^2$, sendo utilizadas barras de $\varnothing 12,5\text{mm}$ a cada 9cm de espaçamento nessa região. Também se constatou a necessidade de complementação de armadura contra colapso progressivo nesse pilar em atendimento à verificação do item 19.5.4 da ABNT NBR 6118:2014.

Além disso, verificou-se que uma importante etapa do dimensionamento de uma estrutura de laje cogumelo está na verificação das ligações entre pilar e laje quanto ao efeito de punção, visto que é um fator que necessita de atenção por parte do projetista, uma vez que o efeito pode acarretar em danos que levam a estrutura ao colapso, e dessa forma, é necessária a adoção de algum método de reforço para essas ligações.

Uma vez constatada através dos cálculos a necessidade de reforço das ligações entre pilar e laje, dentre as possíveis soluções sugeridas realizou-se o dimensionamento do capitel, elemento estrutural utilizado no combate à punção nas ligações entre pilar e laje em lajes planas, conferindo-lhes a denominação de lajes “cogumelo”, que aumentando a capacidade de resistência das ligações, sendo empregados capiteis de $100\text{cm} \times 100\text{cm} \times 30\text{cm}$ nos pilares da estrutura.

Por fim, concluiu-se que o assunto, que não faz parte de nenhuma disciplina da grade curricular da formação acadêmica, é bastante

abrangente, uma vez que compreende um método de cálculo que inclui vários fatores que influenciam no dimensionamento, podendo ser utilizadas outras metodologias diferentes da que foi empregada (Método dos Pórticos Equivalentes), como por exemplo, Analogia de Grelhas, Método dos Elementos Finitos e o uso de ferramentas computacionais, sendo esta comparação a sugestão de trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ALTOQI INFORMÁTICA. AltoQi Eberick – Manual do Usuário. Florianópolis: 2014.

ALVES, Sandra D. K. Apostila de Concreto Armado II. Florianópolis, UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina): 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 – Projeto de estrutura de concreto – Procedimento – Rio de Janeiro, 2014.

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

BERNARDO, João N. D. Análise da influência da resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) no dimensionamento estrutural de um edifício residencial em concreto. UNESC (Universidade do Extremo-Sul Catarinense) - Criciúma (SC): 2011.

CAMACHO, Jefferson S. Concreto armado: estados limites de utilização. São Paulo, UNESP: 2005.

CARVALHO, Roberto C. Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Volume 2. São Paulo, PINI: 2009.

FERREIRA, Maurício P. Punção em lajes lisas de concreto armado com armaduras de cisalhamento e momentos desbalanceados - Revista Escola de Minas, vol.60, n.4. Ouro Preto (MG): 2007.

FUSCO, Péricles B. Estruturas de Concreto: Solicitações Normais. Rio de Janeiro, Guanabara Dois: 1981.

FUSCO, Péricles B. Tecnologia do concreto estrutural. São Paulo, PINI: 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. Análise experimental e numérica de lajes cogumelo de concreto armado. Revista IBRACON. Vol. 6. São Paulo: 2013.

MARTHA, Luiz Fernando. Método da rigidez direta para modelos estruturais lineares e elásticos. Rio de Janeiro, PUC: 2010.

OLIVEIRA, Túlio P. S. M. Utilização de capitéis para aumento de resistência a punção em lajes de concreto armado. Defesa de dissertação de Mestrado aprovada para a UFPE (Universidade Federal de Pernambuco.). Pernambuco: 2015.

PEINADO, Hugo S. A utilização de concreto de alta resistência na produção de pilares: estudo de impacto econômico e ambiental. Apostila do III Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Maringá PR: 2012.

PINHEIRO, Libânio M. Fundamentos do Concreto E Projeto de Edifícios. USP – Universidade de São Paulo. São Paulo: São Carlos: 2007.

Sobre o(s) autor(es)

Orientador : Ms. FOLLETO, Evandro Paulo - Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC Xanxerê. Email: evandro.folletto@unoesc.edu.br.

Pesquisador : FACCO, Heron Gabriel - Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC Xanxerê. Email: facco_heron08@hotmail.com.