Orientação Para Dimensionamento De Lajes Alveolares Em Balanço



Bruna Rayssa Veloso[1]; Tiago Corassa[1]; Kirke Andrew Wrubel Moreira[1]
[1]*Faculdade Educacional Araucária*

RESUMO

Neste trabalho foi desenvolvido um estudo sobre as lajes alveolares pré-fabricadas em concreto protendido submetidas a balanço. Atualmente esse dimensionamento não é usual, então o objetivo foi elaborar um roteiro de cálculo para dimensionamento dessas lajes com base nas premissas das normas técnicas nacionais e internacionais e literaturas técnicas referente ao tema. Tem-se como requisito a verificação da necessidade de preencher alvéolos e a estabilidade estrutural. Para atingir o objetivo foi adotado como base uma estrutura hipotética como modelagem orientativa, considerando o comprimento de 6 m e a sobrecarga acidental de 4 kN/m² para todas as lajes. O estudo envolveu as lajes alveolares protendidas com espessuras de 15 cm e 20 cm, a análise ocorreu em função da alteração do balanço, sendo calculados os vãos de 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 2,5 m.

Palavras chave: lajes alveolares, balanço, concreto protendido.

ABSTRACT

In this work it was developed a study about the precast concrete hollow core slabs of prestressed concrete submitted by cantilever. Currently this design is unusual, so the goal was to draw up a calculating script to design these slabs based on the assumptions of national and international standards and technical literature referring to the topic. It has a requirement the verification of the necessity of filling the hollow and structural stability. To achieve the goal it was adopted a hypothetical structure as orientative modeling, considering the length of 6 m and an accidental overload of 4 kN / m² for all slabs. The study involved the hollow core slabs prestressed with a thickness of 15 cm and 20 cm, the analysis was due to the change in the balance, and the gaps calculated of 0.5 m; 1.0 m; 1.5 m; 2.0 m; 2.5 m.

Key Words: hollow core slabs, cantilever, prestressed concrete.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil o pré-fabricado vem sendo muito utilizado, pois apresenta um processo de fabricação racional e mecanizado, visto que o mercado da construção

civil necessita de obras executadas com menores prazos e com garantia de controle de qualidade.

Em obras mistas, onde se utilizam dois ou mais tipos de estruturas, os elementos pré-fabricados são os que mais se destacam por seu custo e tempo de execução.

A laje alveolar em concreto protendido se destaca entre a variedade dos elementos pré-fabricados, sendo a sua utilização realizada em grande escala, pois apresenta versatilidade, podendo ser apoiada em estruturas pré-fabricadas ou pré-moldadas, estruturas metálicas e alvenaria estrutural, o alcance de grandes vãos, a agilidade de fabricação e montagem e menor peso do que lajes convencionais, estas são as principais vantagens da utilização deste elemento.

As lajes alveolares pré-fabricadas são produzidas pelo processo de extrusão ou por moldagem deslizante de tubos e tem como objetivo introduzir vazios no elemento. Como consequência se produz e se manuseia em obra o elemento com menor peso sem decréscimo da capacidade de absorção de cargas.

As lajes alveolares possuem dimensões padronizadas pelos seus fabricantes, podendo variar de 1,0 m a 1,25 m de largura, as alturas entre 12 cm a 50 cm e comprimento entre 5 m a 20 m de acordo com a especificação de cada projeto. As mesmas podem ser produzidas por extrusão ou formas deslizantes.

O dimensionamento de lajes alveolares em balanço exige conhecimento em algumas premissas, sendo elas: o vão do balanço, o momento de desprotensão e as cargas que estão agindo sobre a laje. Por se tratar de um elemento pré-fabricado protendido as lajes alveolares não são ideais para suportar balanços.

Atualmente, os engenheiros quando necessitam projetar lajes pré-fabricadas em balanço, utilizam a concepção da laje maciça, por dominarem este procedimento de cálculo. No entanto, quando calculadas como maciças, não há exploração da vantagem de se ter alvéolos nas lajes. Ainda, a presença de alvéolos pode reduzir a área de analise dos cálculos (devido à introdução de vazios) podendo ser otimizados os custos devido à redução de peso no transporte e montagem e na quantidade de armadura.

Quando o engenheiro projetista não tem o conhecimento de calcular o balanço que está aplicado na laje alveolar, utiliza-se outra estrutura executada in loco para a região em balanço, como por exemplo, metálica ou concreto armado.

O objetivo do estudo é desenvolver um roteiro de cálculo para dimensionar de forma otimizada as lajes pré-fabricadas com espessuras de 15 cm e 20 cm quando estão em balanço facilitando o projeto e sua execução.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 LAJES ALVEOLARES

Segundo a norma europeia EN 1168:2005, a laje alveolar é um elemento monolítico protendido ou armado com espessura total constante dividida em uma borda inferior e outra superior, conectados por nervuras verticais, constituindo um vazio entre as bordas denominado alvéolo, conforme a Figura 1.

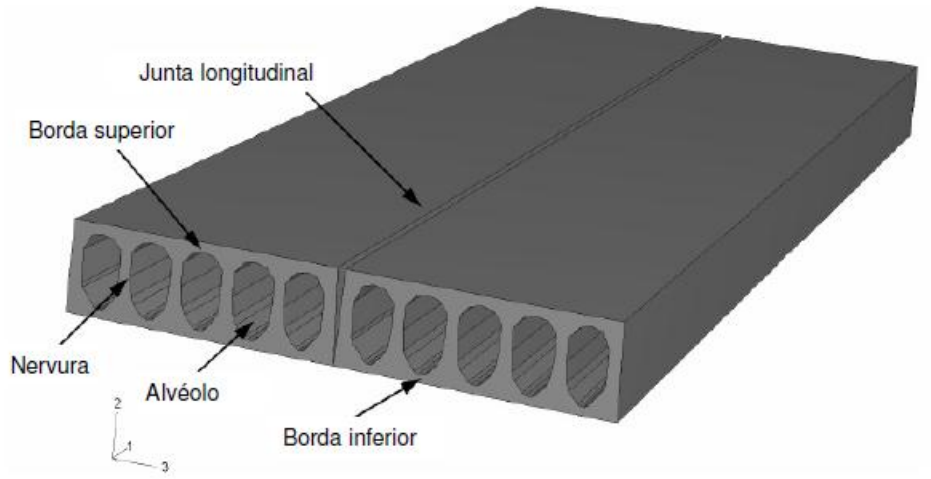

FIGURA 1 – UNIDADES DE LAJES ALVEOLARES E SUAS DIFERENTES PARTES
FONTE: CATOIA (2011)

Conforme VAN ACKER (FIP-2002), as lajes alveolares são propicias para construções que possuam grandes vãos, uma vez que os vazios decorrentes dos alvéolos contribuem para diminuição do peso próprio. Esses elementos contem vazios ao longo da sua estrutura, chamados de alvéolos, com o objetivo de reduzir o peso próprio da estrutura.

De acordo com VAN ACKER (FIP-2002), “os elementos de laje alveolares protendidos não possuem armadura além da armadura ativa longitudinal com ancoragem por aderência. Portanto, a capacidade ao cisalhamento tem que ser assegurada quase que completamente pela resistência de tração do concreto”.

Segundo MELO (2004), as lajes alveolares depois de montadas recebem uma capa de concreto que trabalha em conjunto com a laje.

De acordo com El DEBS (2000), a execução em pista de concretagem apresenta a peculiaridade da execução ocorrer ao longo de uma linha, na qual os elementos são produzidos sequencialmente, de forma contínua ou descontinua. A linha de produção que executa as lajes alveolares inicia-se quando o equipamento, sendo ele por extrusão ou

fôrma deslizante, lança, conforma, adensa e finaliza com o acabamento do concreto e se desloca ao longo da pista de concretagem, deixando a laje acabada.

Conforme apresentado na NBR 14861/2011, as lajes alveolares são compostas por concreto e aço protendido, sendo os principais constituintes do concreto são o aglomerante, agregados, água e aditivos.

2.2 BALANÇO

Conforme Potter et. al. (2013) as lajes em balanço não possui apoio em uma das extremidades, ou seja, toda a carga recebida é transmite a um único ponto de fixação.

2.3 METODOLOGIA

Foi desenvolvido um estudo de caso para orientar o dimensionamento de lajes alveolares pré-fabricadas com espessuras de 15 cm e 20 cm, para uso em balanço. Para isso, foi adotada como base uma estrutura hipotética. Para tal estrutura foi considerado o comprimento padrão de 6 metros para todas as lajes. A análise foi realizada em função da alteração do balanço. Foram calculados os vãos de 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 2,5 m. Para tal estrutura hipotética foi utilizada a sobrecarga acidental de 4 kN/m² referente á lojas, definida de acordo com a norma 6120/1980.

O dimensionamento foi realizado através de analises das etapas do processo de cálculo com base nas premissas das normas técnicas NBR 6118/2014 (Projetos de Estrutura de Concreto – Procedimento), NBR 9062/2007 (Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado) e NBR 14861/2011 (Lajes Alveolares de Concreto Protendido – Requisitos e Procedimento). Ainda foram utilizadas as literaturas técnicas referentes ao tema abordado.

2.4 PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO PARA LAJE ALVEOLAR EM BALANÇO

Atualmente não existem referências nas normas técnicas NBR 6118/2014 e NBR 9062/2007 para cálculo de lajes alveolares em balanço, porém existem verificações para lajes em balanço e verificações para lajes com alvéolos. No entanto, existe um procedimento de verificação de lajes em balanço na PCI – Precast Concrete Institute e esse procedimento foi analisado para compor esse trabalho.

Para calcular a laje alveolar em balanço deve-se levar em consideração fatores no dimensionamento das armaduras negativas, sendo eles o vão do balanço, pois é o vão que irá definir o momento negativo, e o momento de desprotensão, pois a laje alveolar é um elemento protendido e quando é realizado a desprotensão as cordoalhas

geram um momento na laje. Para suportar tais momentos é disposto na capa da laje armaduras negativas.

Foram estabelecidos alguns critérios para cálculo de lajes alveolares em balanço, atendendo os requisitos das normas técnicas NBR 6118/2014 e NBR 9062/2007.

Para demonstrar o roteiro de cálculo, foi dimensionada uma laje alveolar em balanço com espessura de 15 cm (LP15), com o comprimento de 6 metros e o vão de balanço de 0,5 m, conforme Tabela 1.

TABELA 1: CARACTERISTICAS DA ESTRUTURA

Laje alveolar protendida de 15 cm de espessura LP15.	
Peso próprio da laje	240 Kgf/m²
Peso da capa de concreto de 5 cm de espessura	150 Kgf/m²
Sobrecarga acidental	4 Kn/m² (408 Kgf/m²)
Comprimento da laje	6,0 m
Comprimento do balanço	0,5 m

FONTE: O AUTOR

I. CALCULO DOS MOMENTOS

O carregamento a ser considerado é a somatória das sobrecargas, conforme Equação 1.

$$Ftotal = Ppl + Pc + Pa \quad (1)$$

Onde:

Ppl - Peso próprio da laje;

Pc - Peso da capa;

Pa - Sobrecarga acidental;

A somatória das sobrecargas foi realizada através da Equação 1, dessa forma tem-se a sobrecarga total de 798 Kgf/m^2.

Foi calculado o diagrama de esforço cortante e o diagrama de momento fletor da laje que está sendo analisada, conforme Figura 2, para dimensionar o diâmetro e a quantidade de cordoalhas para resistir tais esforços.

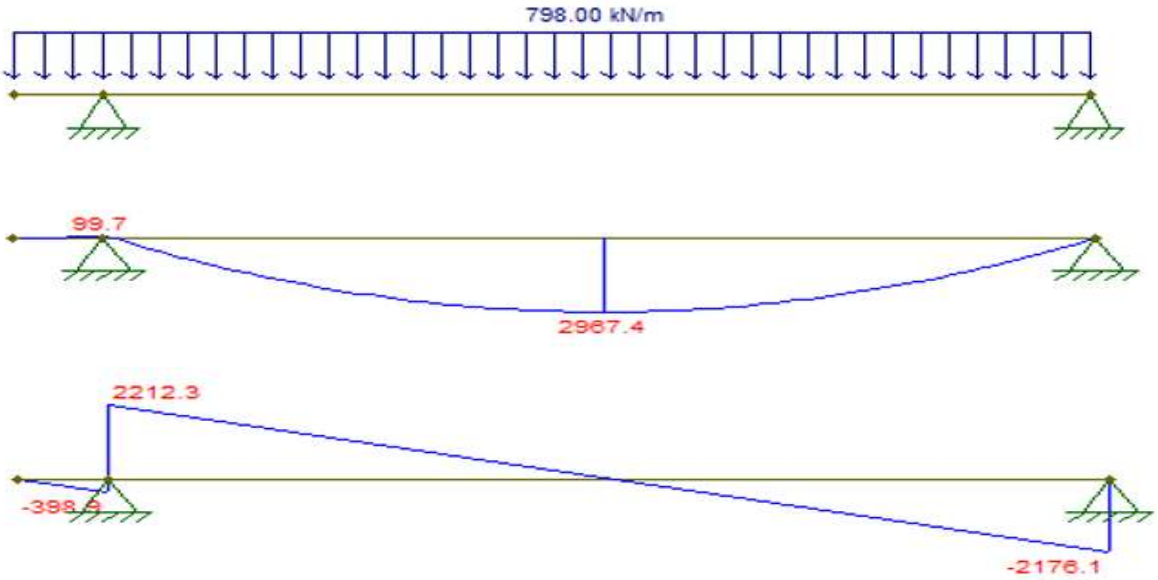

FIGURA 2 – DIAGRAMAS DE MOMENTO FLETOR E CORTANTE
FONTE: O AUTOR (2016)

Depois de calculados os diagramas de cortante e momento fletor foi utilizado a Tabela 2 para determinar o diâmetro e a quantidade de cordoalhas que serão dispostas na laje que está sendo analisada.

TABELA 2 – ESFORÇOS MAXIMOS NAS LAJES ALVEOLARES

LP15			
Fck da Laje 30Mpa			
Qtde Cord.	Φ	M máx (Kgf.m)	V máx (Kgf)
9	9,5mm	6490	6000
7	9,5mm	5180	5254
5	9,5mm	3760	4509

FONTE-CASSOL PRÉ-FABRICADOS (2015)

Conforme Tabela 2 para esta laje utiliza-se 5 cordoalhas com diâmetro de 9,5 mm, pois analisando os resultados obtidos percebe-se que o momento fletor e o esforço cortante são menores que o momento e cortante resistido pela laje.

Momento fletor calculado = 2967,4Kgf.m
Momento fletor resistente = 3760 Kgf.m
2967,4 Kgf.m < 3760 Kgf.m

Cortante calculada = 2212,3Kgf
Cortante resistente = 4509 Kgf
2212,3 Kgf.m < 4509 Kgf.m

A laje alveolar é um elemento protendido então deve-se levar em consideração o momento de desprotensão (Figura 3), que é calculado pela Equação 2.

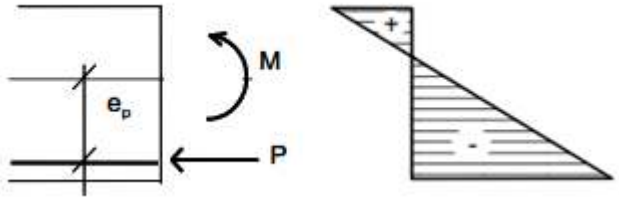

FIGURA 3 – LAJE SUBMETIDA Á FORÇA DE DESPROTENSÃO
FONTE: HANAI (2005)

$$Mdes. = \frac{N°c\ .FP\ 75\%\ .\epsilon}{L} \quad (2)$$

Onde:

N°c - Número de cordoalhas;

FP 75% - Força de protensão, determinada pela Tabela 3, (para a laje LP15 utiliza-se 75% da tensão de ruptura da cordoalha).

ϵ- Excentricidade (distancia da linha neutra da laje até o eixo da cordoalha);

L- Largura da laje;

Após determinado o diâmetro e a quantidade de cordoalhas, foi calculado o momento de desprotensão conforme a Equação 2, portanto para a laje que está sendo analisada o momento de desprotensão é 1012,32 Kgf.m.

TABELA 3 – FORÇA DE PROTENSÃO NAS CORDOALHAS

TABELA DE PROTENSÃO DOS CABOS DE AÇO					
Diâmetro Cabo (mm)	5,0	6,0	7,0	9,5	12,7
As (cm²)	0,196	0,283	0,385	0,555	1,000
Tensão de ruptura (kgf/cm²)	17.500		17.000	19.000	
75% Tensão de ruptura (kgf/cm²)	2058	2972	3927	6327	11400

FONTE: CASSOL PRÉ-FABRICADOS (2015)

II. VERIFICAÇÃO DE MONTAGEM

Posteriormente é verificado se a laje irá resistir o balanço sem nenhuma armadura adicional, pois se deve levar em consideração que o momento negativo será resistido pela armadura disposta na capa que é executada após a montagem das lajes alveolares.

A Norma 6118/2014 exige que seja colocada armadura adicional em caso de momento negativo, que nesse caso é produzido pelo esforço da laje em balanço.

De acordo com o PRECAST PRESTRESSED HOLLOW CORE FLOORS (FIP, 1998), quando a tensão no concreto não é verificada deve-se reforçar o suporte de pressão da estrutura para voltar a suportar os carregamentos. Nesse caso deve-se preencher os alvéolos com um material de mesma resistência ou superior ao concreto da laje. É comum o preenchimento de alvéolos através de verificação dos cálculos com o concreto.

Nessa verificação será novamente calculado o diagrama de momento fletor, apenas usando as sobrecargas permanentes (peso próprio e peso da capa) conforme Equação 3, pois a verificação é feita em função a montagem da laje, ou seja, para verificar se apenas a laje irá resistir o momento negativo gerado por ela mesmo.

$$Fmontagem = Ppl + Pc \tag{3}$$

A sobrecarga de montagem desta laje é de 390 Kgf/m².

Posteriormente é calculado o diagrama de momento fletor da laje, considerando apenas as sobrecargas referentes á montagem, conforme Figura 4.

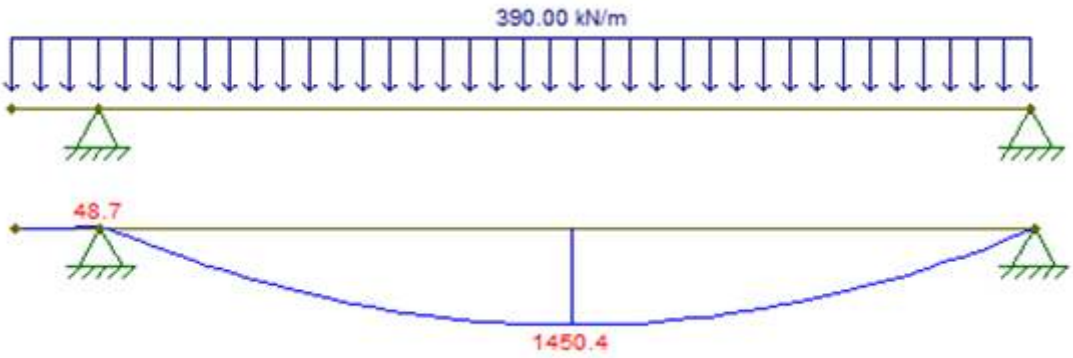

FIGURA 4 – DIAGRAMA DE MOMENTO FLETOR
FONTE: O AUTOR (2016)

Para obter o momento total que está agindo na laje deve-se somar o momento de desprotensão e o momento fletor de montagem conforme Equação 4. Portanto o momento que está agindo na laje é 1061,02 Kgf.m.

$$Mt = Mdes. + Mfm \tag{4}$$

Após determinado o momento total foi calculado a força que é gerada por tal momento na face da laje, conforme Equação 5 tem-se a força de 9226,26 Kgf.

$$F = \frac{Mt}{z} \quad (5)$$

Onde:

Z – Braço de alavanca

Posteriormente calcula-se a tensão que está atuando no concreto (Equação 6), para verificar se o concreto irá resistir à tensão que os momentos estão gerando, portanto a tensão que está agindo na laja é 2,251 MPa.

$$\sigma t = \frac{F}{A} \quad (6)$$

A – área de seção que está sendo analisada na laje (Figura 5).

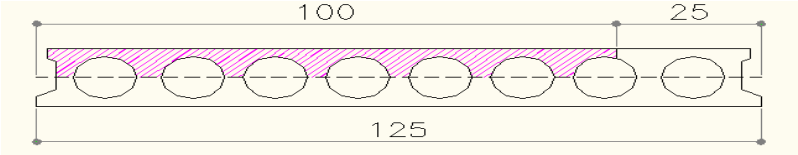

FIGURA 5 – ÁREA DE SEÇÃO QUE ESTÁ SENDO ANALISADA NA LAJE
FONTE: O AUTOR (2016)

A norma NBR 6118/2014 determina a tensão máxima de tração resistida pelo concreto conforme as Equações 7 e 8, então para esta laje tal tensão corresponde a 3,77 Mpa.

$$Fctk, sup = 1{,}3 \,.\, fct, m \quad (7)$$

$$fct, m = 0{,}3 \,.\, fck^{2/3} \quad (8)$$

Como σt < Fctk, sup, a laje não necessitará de armadura complementar para resistir o momento negativo gerado por ela mesmo.

III. CALCULO DE ARMADURA COMPLEMENTAR

Caso fossem necessárias armaduras complementares, abaixo está o procedimento de cálculo. Através da Equação 9 foi determinado o βc sendo 0,052.

$$\beta c = \frac{Md}{bw \,.\, fcd \,.\, d^2} \quad (9)$$

Onde:

Md – momento total majorado conforme Equação 10;

bw – largura da laje;

fcd – resistência do concreto aos 28 dias minorada conforme Equação 11;

d – altura útil;

$$Md = Mt.\,1{,}4 \tag{10}$$

$$fcd = \frac{fck}{1{,}4} \tag{11}$$

O βc é o coeficiente de entrada na Tabela 4, então foi utilizado o método de interpolação linear para encontrar o βz e βs.

$\beta z = 0{,}970$

$\beta s = 1{,}0$

TABELA 4 – VALORES DE $\beta s\ E\ \beta z$

Aço CA 50				
βx	βy	βz	βc	βs
0,060	0,048	0,976	0,040	1,000
0,080	0,064	0,968	0,058	1,000

FONTE: MARINO (2006)

Posteriormente foi calculada a área de aço que será disposta nos alvéolos da laje, conforme Equação 12, tal área de aço corresponde a 3,06 cm²/m.

$$As = \frac{Md}{\beta s\,.\ \beta z\,.fyd\,.\ \mathrm{d}} \tag{12}$$

Onde:

fyd – resistência de cálculo do aço

IV. CALCULO DA ARMADURA NEGATIVA NA CAPA

A armadura que será disposta na capa é quem irá resistir o momento negativo devido o balanço da laje e, portanto para essa sequência de cálculo será utilizado o momento negativo gerado por todas as sobrecargas na laje conforme Figura 2.

O momento total é determinado pela soma do momento fletor e o momento de despretensão conforme Equação 13. Sendo assim o momento total é de 1112,02 Kgf.m.

$$Mt = Mf + Mdes \tag{13}$$

Posteriormente foram utilizadas as Equações 14 e 15 para calcular o μ que corresponde a 0,0314.

$$\mu = \frac{Md}{fc.bw.d^2} \quad (14)$$

$$fc = \frac{0{,}85.fck}{1{,}4} \quad (15)$$

O μ é o coeficiente de entrada para a Tabela 5, então foi utilizado o método de interpolação linear para encontrar o $\frac{z}{d}$.

$\frac{z}{d} = 0{,}971$

TABELA 5 RELAÇÃO ENTRE μ E $\frac{z}{d}$, E VALORES DA TENSÃO DE PROJETO NO AÇO.

μ	y/d	z/d	Tensão de projeto no aço σsd (tf/cm3)		
			CA - 25	CA - 50	CA - 60
0,03	0,058	0,971	2,17	4,35	5,22
0,035	0,062	0,969	2,17	4,35	5,22

FONTE: MARINO (2006)

Através da Equação 16 é calculado o z, sendo 16,02 cm.

$$z = d\,.\frac{z}{d} \quad (16)$$

Após todas as variáveis determinadas foi calculada a área de aço conforme Equação 17, portanto serão dispostos 2,234 cm²/m na capa da laje alveolar.

$$As = \frac{Md}{z.\sigma sd} \quad (17)$$

Onde:

σsd- Tensão de projeto do aço (conforme Tabela 5);

Md- Momento majorado de calculo, conforme Equação 10;

z- Braço de alavanca;

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram elaboradas as Tabelas 6 e 7 para apresentarem os resultados obtidos de todas as lajes estudadas que foram dimensionadas através do roteiro de cálculo que foi desenvolvido.

TABELA 6: RESULTADOS OBTIDOS DAS LAJES LP15

Lajes LP 15 com balanço de:	**0,5 m**	**1,0 m**	**1,5 m**	**2,0 m**	**2,5 m**
Momento negativo (Kgf.m)	99,7	399	897,7	1596	2493,8
Momento negativo de montagem (Kgf.m)	48,7	195	438,7	780	1218,8
Momento de desprotensão (Kgf.m)	1012,3	1012,3	1012,3	1012,3	1012,3
Tensão no concreto (Mpa)	2,25	2,5	3,078	3,8	4,73
Tensão no concreto superior (Mpa)	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Preencher alvéolos	Não	Não	Não	Sim	Sim
Área de aço nos alvéolos (cm²/m)	X	X	X	5,34	6,71
Área de aço na capa (cm²/m)	2,23	2,85	3,89	5,35	7,28

FONTE: O AUTOR

TABELA 7: RESULTADOS OBTIDOS DAS LAJES LP20

Lajes LP 20 com balanço de:	**0,5 m**	**1,0 m**	**1,5 m**	**2,0 m**	**2,5 m**
Momento negativo (Kgf.m)	102,2	409	920,3	1636	2556,3
Momento negativo de montagem (Kgf.m)	51,2	205	461,3	820	1281,3
Momento de desprotensão (Kgf.m)	1645,02	1645,02	1645,02	1645,02	1645,02
Tensão no concreto (Mpa)	1,95	2,12	2,42	2,82	3,35
Tensão no concreto superior (Mpa)	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Preencher alvéolos	Não	Não	Não	Não	Não
Área de aço nos alvéolos (cm²/m)	X	X	X	X	X
Área de aço na capa (cm²/m)	2,69	3,16	3,98	5,12	6,6

FONTE: O AUTOR

Quando as lajes estão em balanço estas sofrem momento fletor negativo e momento de desprotensão. O momento fletor negativo é causado pelas sobrecargas acidentais e permanentes que estão agindo sobre a laje. O momento de desprotensão é ocasionado pelo processo de protensão da laje, para efeito de cálculo é somado os momentos para obter o momento resultante que está agindo na laje.

Para a estrutura hipotética analisada nesse trabalho foi observado que todos os exemplos de dimensionamento de lajes alveolares em balanço utilizaram a quantidade mínima de cordoalhas, devido ao fato de que a sobrecarga acidental de 4 kN/m^2 e o comprimento de 6 m são considerados baixos, quando se trata de laje alveolar.

A norma 6118/2014 apresenta a tensão máxima resistida pelo concreto, conforme Equações 7 e 8 (pag. 9). O valor obtido através das equações foi de 3,77 MPa, para todas as lajes estudadas, considerando uso de concreto de resistência de 30 MPa.

Caso a tensão que esta agindo na laje for superior à tensão resistida pelo concreto deve-se então adotar o preenchimento de alvéolos, esse procedimento

recomenda o preenchimento com concreto de mesma resistência e durabilidade da laje, após esse processo deve dispor armaduras longitudinais nos alvéolos preenchidos para absorver os momentos que estão agindo sobre as lajes.

Conforme a norma 14861/2011 o preenchimento de alvéolos, quando necessário, deve considerar ate dois alvéolos preenchidos, e sugere que para casos onde exista consideração em projeto de mais do que dois alvéolos preenchidos, é necessário que haja uma base de amparo em evidencia cientifica, com base em literaturas técnicas e normalização internacional, estrangeira ou validação experimental.

No trabalho em questão foi observado na tabela 6 que a laje LP15 quando está sujeita a um vão de balanço de 2 m e 2.5 m, necessita o preenchimento de alvéolo, pois a tensão que está agindo sobre a laje é superior que a tensão resistida.

A etapa final do processo de cálculo das lajes alveolares em balanço é o dimensionamento das armaduras que serão dispostas na capa de concreto, executada posteriormente a montagem das lajes. A armadura disposta na capa é quem ira resistir os momentos negativos gerados por todas as sobrecargas que estão sobre as lajes alveolares.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as pesquisas realizadas nas normas técnicas brasileiras (NBR), normas internacionais e literaturas técnicas referente ao tema abordado foi obtido conhecimento para desenvolver o roteiro de cálculo otimizado das lajes alveolares em balanço, seguindo as verificações previstas nas normas e literaturas.

Conforme visto no trabalho foi desenvolvido o roteiro de cálculo para dimensionar lajes alveolares em balanço atingindo o objetivo. Através do roteiro de cálculo pode-se verificar a estabilidade da estrutura conforme as premissas descritas nas normas técnicas.

Quando a laje alveolar resiste ao balanço dispensa a utilização de outras soluções adotadas em obras pré-fabricadas como as lajes maciças ou até mesmo metálicas para atender o balanço. Com isso o processo é padronizado obtendo agilidade na montagem, pois toda a estrutura pode ser planejada em laje alveolar.

A pesquisa demonstrou por meio de uma estrutura hipotética que as lajes alveolares resistem a balanços, pode-se observar através das Tabelas 6 e 7 que todas as lajes estudadas podem ser submetidas a balanço.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2014 – Projetos de Estrutura de Concreto – Procedimento.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6120: 1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 14861: 2011 – Lajes Alveolares de Concreto Protendido – Requisitos e Procedimento.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 9062: 2007 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.**

CASSOL PRÉ-FABRICADOS. **Catalogo de produtos.** Disponível em http://www.arweb.com.br/cassol/download/catalogo-cassol.pdf. Último acesso em 01/06/2016

CATOIA, B. **Lajes Alveolares Protendidas: Cisalhamento em Região Fissurada por Flexão.** Tese de Doutorado, EESC-USP, 2011.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações.** Editora EESC-USP, São Carlos, SP, 2000.

HANAI. J. B. **Fundamentos do concreto protendido.** Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de engenharia de estruturas. 2005.

MARINO, M. A. **Concreto armado.** Universidade Federal do Paraná. Departamento de construção civil. 2006.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de projeto em pré-fabricados de concreto.** São Paulo: Pini, 2004..

POTTER, M. et. al. **ENGENHARIA MECANICA ESTATICA.** Editora Bookman, Porto Alegre, 2013.

PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE (PCI) – **Manual for the design of hollow core slabs.** Second edition, Chicago, Illinois, 1998.

VAN ACKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto.** Tradução de Marcelo de Araújo Ferreira. São Paulo, ABCIC, 2003.