



IBRACON



58CBC2016

# BOAS PRÁTICAS DE PROJETOS DE LAJES PLANAS

Eng. Leonardo Braga Passos, MSc  
Sócio/Diretor da PI-Engenharia e Consultoria Ltda  
Diretor Regional BH - ABECE – 2015/2016

14/Out/2016



IBRACON

**58** CONGRESSO  
BRASILEIRO DO  
CONCRETO

BELO HORIZONTE, MG, 11/10 a 14/10, 2016



IBRACON



58CBC2016

## HISTÓRIA

- Laje plana em concreto armado
- O primeiro edifício a ser construído em laje plana em concreto armado apoiada sobre pilares foi o Bovey Building em Mineápolis em 1906 por Claude A. P. Turner. Paralelamente a Turner, Maillart desenvolveu o sistema em 1900 (mas sem ter conhecimento do trabalho realizado por Turner) construindo seu primeiro edifício em 1908;
- Porém havia uma diferença entre de detalhamento das lajes desenvolvidas por Turner e por Maillart. Maillart adotou uma disposição ortogonal (similar a atualmente utilizada), já Turner, uma disposição das armaduras nas direções dos momentos principais (Fig.01);
- Emílio Baumgart foi o primeiro a desenvolver o sistema de laje apoiada sobre capiteis invertidos em 1936 no edifício do Ministério da Educação e da Saúde Pública do Rio de Janeiro.

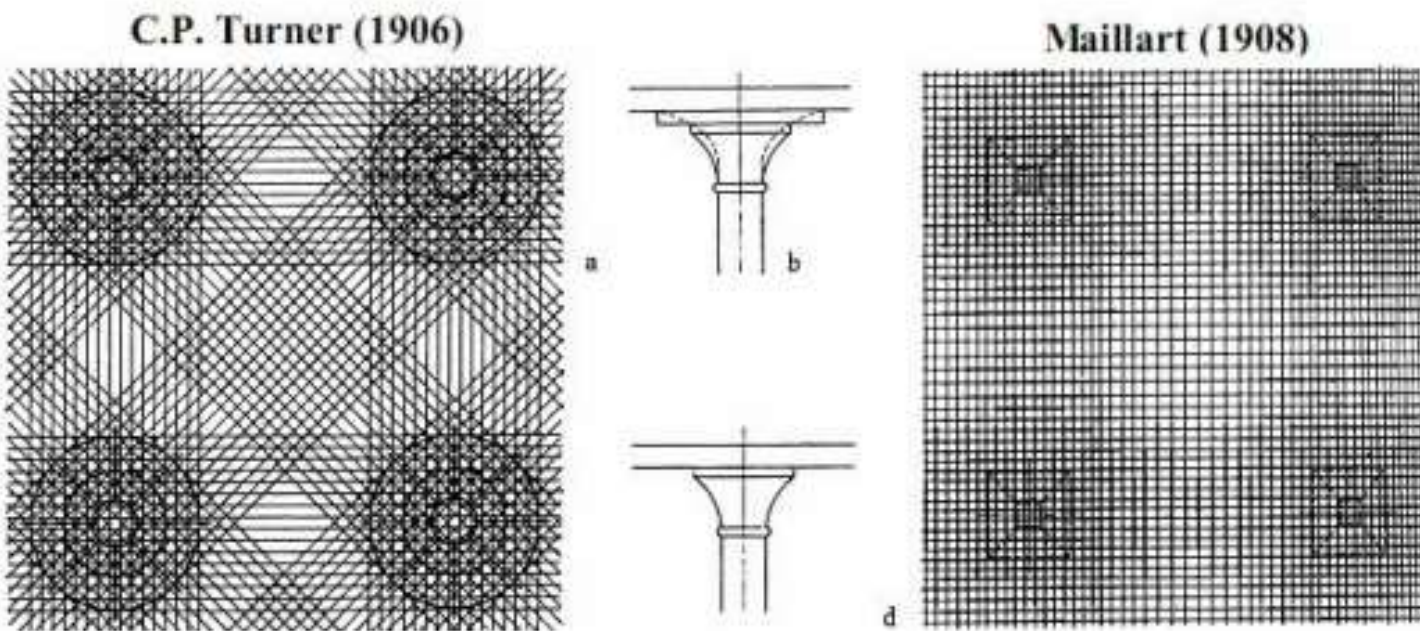


Figura 01 – Modelo de lajes planas apoiadas sobre pilares – Turner e Maillart

Fonte: LIMA et al. (2004)



IBRACON



58CBC2016

## HISTÓRIA

- Laje plana em concreto protendido
- As primeiras aplicações da protensão em estruturas, datam do início do século XX, sendo desenvolvida pelo Francês Eugène Freyssinet;
- No Brasil, a primeira obra a ser realizada com esta tecnologia foi a da ponte do Galeão no Rio de Janeiro em 1949 com a supervisão do Freyssinet (Aderente);
- Nos EUA a protensão com cordoalhas não aderentes são utilizadas desde os anos 50 e no Brasil a fabricação de cordoalhas não aderentes plastificadas iniciou-se em 1996 e a utilização no ano seguinte.



## O que é a Protensão?

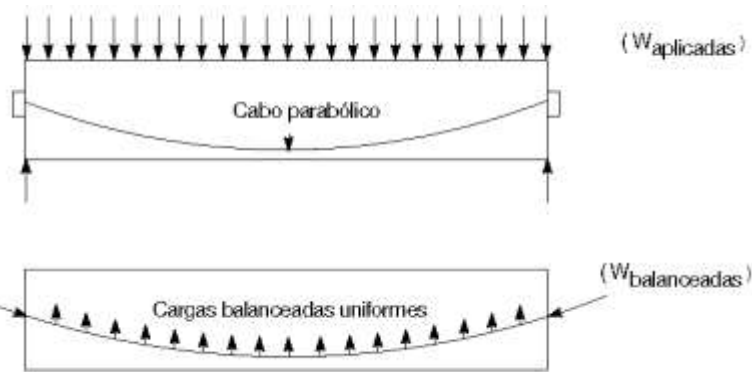
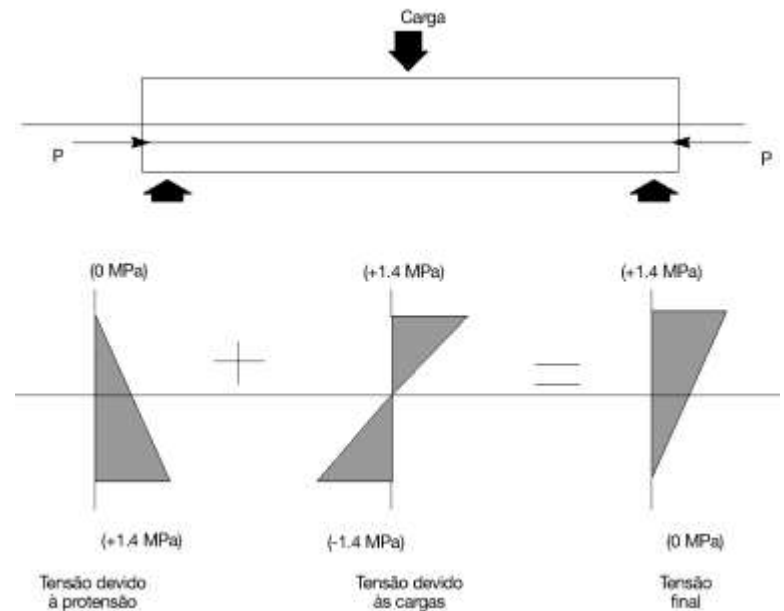


Figura 02 – Conceito de Forças

Figura 03 – Distribuição das Tensões





IBRACON



58CBC2016

## Sistemas de protensão

- Pré-Tração:
  - Cabos tensionados antes da concretagem;
  - Utilizado pelas indústrias de pré-moldados de concreto;
  - Ancoragem no concreto por aderência;
  - Vantagens: O elemento estrutural é confeccionado em grande escala; redução do canteiro de obra; agilidade na fabricação e montagem;
  - Desvantagens: Necessário um grande investimento para fabricação; os cabos são dispostos retos ao longo do elemento estrutural, o que gera uma não utilização de toda a eficiência dos cabos em alguns trechos do elemento estrutural; custo de transporte e montagem.





IBRACON



58CBC2016

➤ Pós-Tração:

- Tensionamento dos cabos após o concreto ter atingido a resistência mínima indicada no projeto;

Aderente:

- Cabos inseridos dentro da bainha metálica já embutida dentro do elemento estrutural. É injetada nata de cimento logo após realizada a protensão para que seja criada a aderência e proteção contra corrosão;

Não-Aderente:

- Cordoalhas envolvidas por camada de graxa e bainhas de polietileno (Monocordoalha engraxada plastificada). Ligação do elemento estrutural com as cordoalhas apenas nas regiões de ancoragem.





IBRACON



58CBC2016

- O sistema de protensão sem aderência, apresenta as seguintes vantagens:
  - Diminuição das perdas por atrito;
  - Proteção do aço contra corrosão devido a graxa;
  - Reprotensão caso seja necessário;
  - Não utiliza bainhas e dispensa a utilização de emendas (apenas em casos especiais);
  - Fácil manuseio;
  - Protensão feita em apenas uma elevação de pressão (aderente: 4 níveis);
  - Macaco leve.



IBRACON

58CBC2016



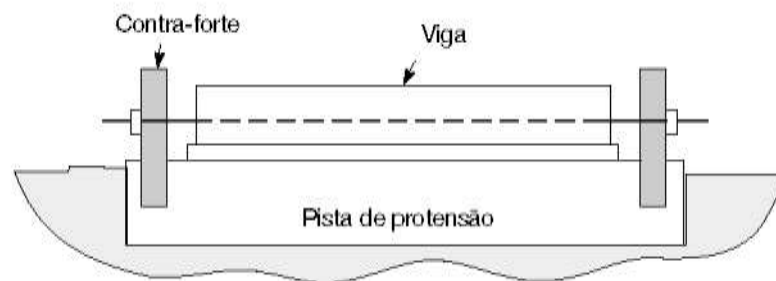


Figura 04 – Pré-Tração



Figura 05 – Pós-Tração Aderente



Figura 06 – Pós-Tração Não Aderente





IBRACON

58CBC2016

## Normatização:

- Segundo o item 13.2.4.1 da NBR 6118:2014 a espessura mínima para lajes lisas é de 16 cm e para lajes-cogumelo é de 14cm (fora do capitel);

### **14.7.8 Lajes lisas e lajes-cogumelo**

Lajes-cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis, enquanto lajes lisas são apoiadas nos pilares sem capitéis.



IBRACON



58CBC2016

## Recomendações de projeto:

- Segundo o item 13.2.4.1 da NBR 6118:2014 a espessura mínima para lajes lisas é de 16 cm e para lajes-cogumelo é de 14cm (fora do capitel);
- Segundo o item 14.7.8 da NBR 6118:2014:

A análise estrutural de lajes lisas e cogumelo deve ser realizada mediante emprego de procedimento numérico adequado, por exemplo, diferenças finitas, elementos finitos ou elementos de contorno.

Nos casos das lajes em concreto armado, em que os pilares estiverem dispostos em filas ortogonais, de maneira regular e com vãos pouco diferentes, o cálculo dos esforços pode ser realizado pelo processo elástico aproximado, com redistribuição, que consiste em adotar, em cada direção, pórticos múltiplos, para obtenção dos esforços solicitantes.

Para cada pórtico deve ser considerada a carga total. A distribuição dos momentos, obtida em cada direção, segundo as faixas indicadas na Figura 14.9, deve ser feita da seguinte maneira:



IBRACON

58CBC2016

- a) 45 % dos momentos positivos para as duas faixas internas;
- b) 27,5 % dos momentos positivos para cada uma das faixas externas;
- c) 25 % dos momentos negativos para as duas faixas internas;
- d) 37,5 % dos momentos negativos para cada uma das faixas externas.

Devem ser cuidadosamente estudadas as ligações das lajes com os pilares, com especial atenção aos casos em que não haja simetria de forma ou de carregamento da laje em relação ao apoio.

Obrigatoriamente, devem ser considerados os momentos de ligação entre laje e pilares extremos.



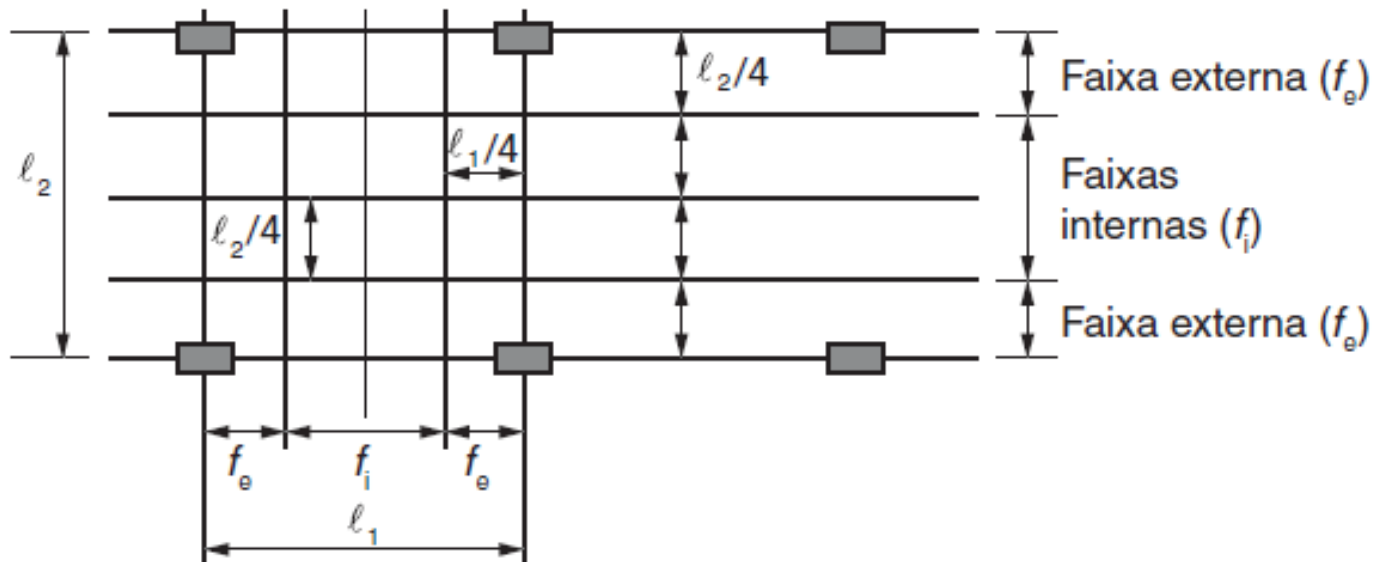


Figura 07 – Faixas de laje para distribuição dos esforços nos pórticos múltiplos

Fonte: NBR 6118:2014



- Limite de fissuração: 0,30 mm para concreto armado e 0,20 mm para concreto protendido;
- Mudança de direção das armaduras (NBR 6118:2014 – Item 18.2.3):

Quando houver tendência à retificação de barra tracionada em regiões em que a resistência a esses deslocamentos seja proporcionada por cobrimento insuficiente de concreto, a permanência da barra em sua posição deve ser garantida por meio de estribos ou grampos convenientemente distribuídos. Deve ser dada preferência à substituição da barra por outras duas, prolongadas além do seu cruzamento e ancoradas conforme a Seção 9 (ver Figura 18.1).

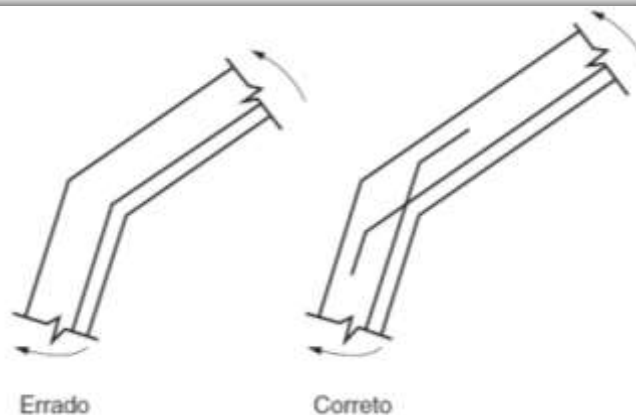


Figura 08 – Mudança de direção das armaduras

Fonte: NBR 6118:2014



IBRACON

58CBC2016

➤ Armadura mínima (NBR 6118:2014 – Item 19.3.3.2):

No caso de lajes lisas ou lajes-cogumelo com armadura ativa não aderente, as armaduras passivas positivas devem respeitar os valores mínimos da Tabela 19.1 e a armadura negativa passiva sobre os apoios deve ter como valor mínimo:

$$A_s \geq 0,00075 h \ell$$

onde

$h$  é a altura da laje;

$\ell$  é o vão médio da laje medido na direção da armadura a ser colocada.

Essa armadura deve cobrir a região transversal a ela, compreendida pela dimensão dos apoios, acrescida de  $1,5 h$  para cada lado.



➤ Armadura mínima (NBR 6118:2014 – Item 19.3.3.2):

**Tabela 19.1 – Valores mínimos para armaduras passivas aderentes**

Armadura	Elementos estruturais sem armaduras ativas	Elementos estruturais com armadura ativa aderente	Elementos estruturais com armadura ativa não aderente
Armaduras negativas	$\rho_s \geq \rho_{\min}$	$\rho_s \geq \rho_{\min} - \rho_p \geq 0,67 \rho_{\min}$	$\rho_s \geq \rho_{\min} - 0,5 \rho_p \geq 0,67 \rho_{\min}$ (ver 19.3.3.2)
Armaduras negativas de bordas sem continuidade	$\rho_s \geq 0,67 \rho_{\min}$		
Armaduras positivas de lajes armadas nas duas direções	$\rho_s \geq 0,67 \rho_{\min}$	$\rho_s \geq 0,67 \rho_{\min} - \rho_p \geq 0,5 \rho_{\min}$	$\rho_s \geq \rho_{\min} - 0,5 \rho_p \geq 0,5 \rho_{\min}$
Armadura positiva (principal) de lajes armadas em uma direção	$\rho_s \geq \rho_{\min}$	$\rho_s \geq \rho_{\min} - \rho_p \geq 0,5 \rho_{\min}$	$\rho_s \geq \rho_{\min} - 0,5 \rho_p \geq 0,5 \rho_{\min}$
Armadura positiva (secundária) de lajes armadas em uma direção	$A_s/s \geq 20\%$ da armadura principal $A_s/s \geq 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\rho_s \geq 0,5 \rho_{\min}$		–
onde $\rho_s = A_s/b_w h$ e $\rho_p = A_p/b_w h$ .			
NOTA Os valores de $\rho_{\min}$ são definidos em 17.3.5.2.1.			



IBRACON



58CBC2016

➤ Detalhamento de laje (NBR 6118:2014 – Item 20.1):

As armaduras devem ser detalhadas no projeto de forma que, durante a execução, seja garantido o seu posicionamento durante a concretagem.

Qualquer barra da armadura de flexão deve ter diâmetro no máximo igual a  $h/8$ .

As barras da armadura principal de flexão devem apresentar espaçamento no máximo igual a  $2h$  ou 20 cm, prevalecendo o menor desses dois valores na região dos maiores momentos fletores.

➤ NBR 6118:2014 – Item 20.3.1:

Pelo menos duas barras inferiores devem passar continuamente sobre os apoios, respeitando-se também a armadura contra colapso progressivo, conforme 19.5.4.

Em lajes com capitéis, as barras inferiores interrompidas, além de atender às demais prescrições, devem penetrar pelo menos 30 cm ou  $24\phi$  no capitel.





➤ NBR 6118:2014 – Item 20.3.1:

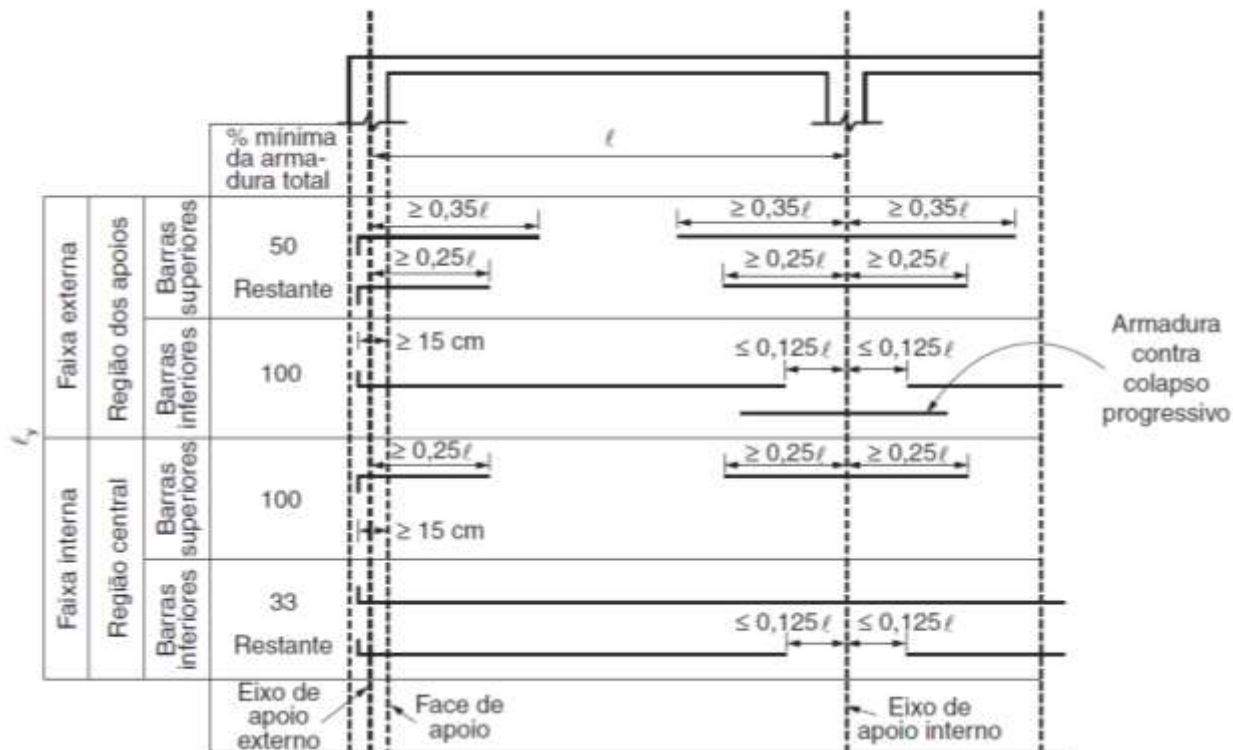


Figura 09 – Disposição das armaduras

Fonte: NBR 6118:2014



- Espaçamentos mínimos – Pós Tração (NBR 6118:2014 – Item 18.6.2.3):

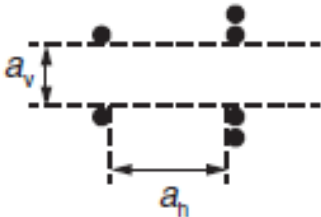
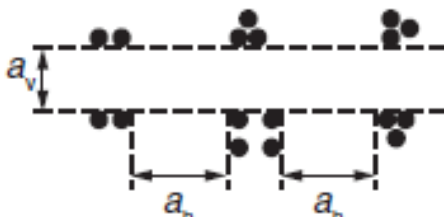
Disposição das bainhas	Espaço livre	
	$a_h$ (horizontal)	$a_v$ (vertical)
	$\geq \phi_{ext}$ $\geq 4 \text{ cm}$	$\geq \phi_{ext}$ $\geq 5 \text{ cm}$
	$\geq 1,2 \phi_{ext}$ $\geq 4 \text{ cm}$	$\geq 1,5 \phi_{ext}$ $\geq 5 \text{ cm}$
onde $\phi_{ext}$ é o diâmetro externo da bainha.		

Figura 10 – Espaçamentos mínimos – Pós Tração

Fonte: NBR 6118:2014





- Bordas livres e aberturas (NBR 6118:2014 – Item 20.2):

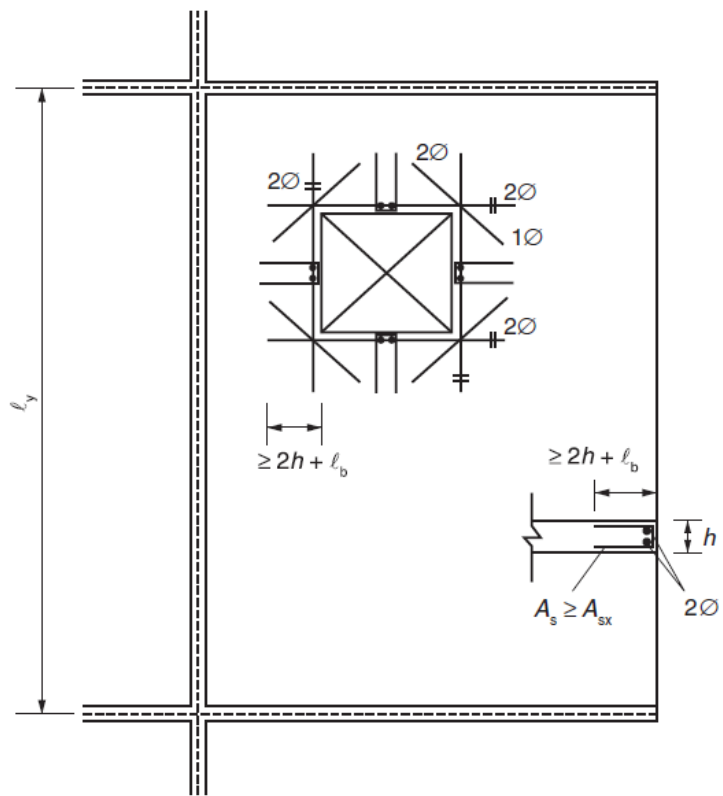


Figura 11 – Bordas livres e aberturas

Fonte: NBR 6118:2014



IBRACON



58CBC2016

- Espaçamento máximo – Lajes Protendidas (NBR 6118:2014 – Item 20.3.2.1):

Para que uma faixa de laje seja tratada como uma região protendida, na direção considerada, o espaçamento entre cordoalhas, cabos ou feixes de cabos deve ser no máximo de  $6h$ , não excedendo 120 cm.

Na seção da laje correspondente ao cabo ou feixe de cabos, o espaçamento entre eles deve resultar em uma tensão de compressão média igual ou superior a 1 MPa, considerando-se todas as perdas.

- Largura máxima para disposição dos cabos em faixa externa de apoio – Lajes Protendidas (NBR 6118:2014 – Item 20.3.2.2):

Cabos dispostos em faixa externa de apoio devem estar contidos em uma porção de laje, de tal forma que a largura desta não ultrapasse a dimensão em planta do pilar de apoio, tomada transversalmente à direção longitudinal da faixa, acrescida de 3,5 vezes a espessura da laje para cada um dos lados do pilar.



IBRACON



58CBC2016

- Espaçamento mínimo entre cabos ou feixes de cabos ou entre cabos e armaduras passivas deve ser de 5cm (NBR 6118:2014 – Item 20.3.2.3);
- O cobrimento mínimo de cabos em relação à face de aberturas nas lajes deve ser de 7,5 cm (NBR 6118:2014 – Item 20.3.2.4);
- Desvio (NBR 6118:2014 – Item 20.3.2.5):

O desvio no plano da laje de um cabo ou feixe de cabos deve produzir uma inclinação máxima de 1/10, na corda imaginária que une o início ao fim desse trecho, mantendo o seu desenvolvimento de acordo com uma curva parabólica em planta. Ao longo do desvio, o conjunto de cabos ou feixes deve estar disposto de tal forma a manter uma distância mínima de 5 cm entre cabos na região central da curva.

Para os casos em que o desvio exceda os limites especificados, deve ser prevista armadura capaz de resistir à força provocada por esse desvio.



IBRACON



58CBC2016

➤ NBR 6118:2014 – Item 20.3.2.3.6:

Pode-se prescindir da armadura passiva contra o colapso progressivo, se pelo menos um cabo, em cada direção ortogonal, passar pelo interior da armadura longitudinal contida na seção transversal dos pilares ou elementos de apoio das lajes lisas ou cogumelo de edifícios comerciais e residenciais.

Sobre os apoios das lajes lisas ou cogumelo protendidas, devem ser dispostas no mínimo quatro barras na face tracionada em uma faixa que não exceda a largura do apoio acrescida de 1,5 vez a altura total da laje para cada lado. As barras devem ser espaçadas em no máximo 30 cm e estendidas até uma distância mínima de  $1/6$  do vão livre na direção da armadura considerada, a partir da face do apoio.

Nas lajes protendidas por monocordoalhas não aderentes, no máximo quatro cabos podem ser dispostos em feixe.



➤ Armaduras de Punção (NBR 6118:2014 – Item 20.4):

Quando necessárias, as armaduras para resistir à punção devem ser constituídas por estribos verticais ou conectores (*studs*), com preferência pela utilização destes últimos.

O diâmetro da armadura de estribos não pode superar  $h/20$  da laje e deve haver contato mecânico das barras longitudinais com os cantos dos estribos.

As regiões mínimas em que devem ser dispostas as armaduras de punção, bem como as distâncias regulamentares a serem obedecidas, estão mostradas na Figura 20.3.

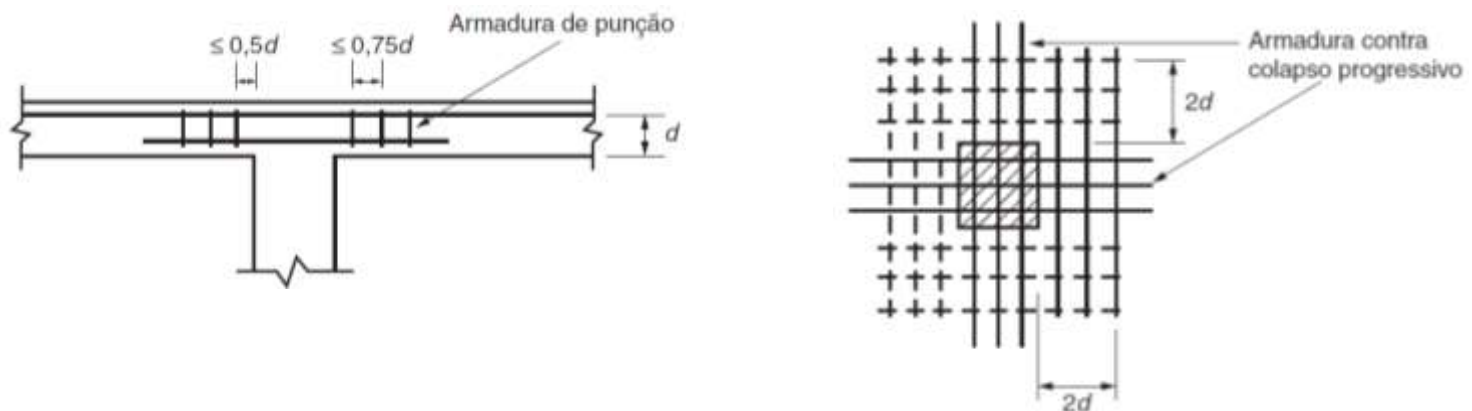


Figura 12 – Disposição armaduras de punção

Fonte: NBR 6118:2014



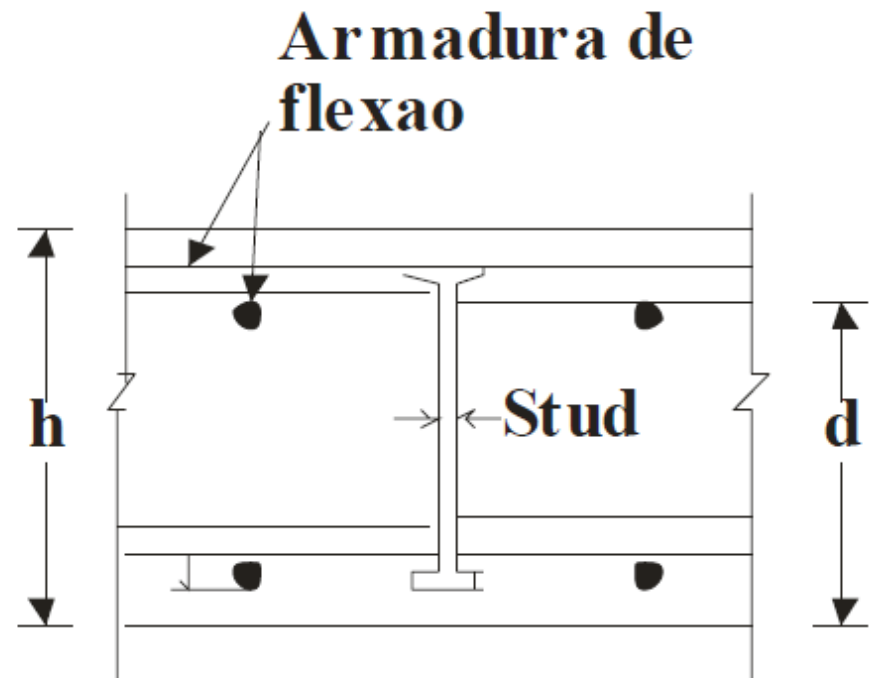
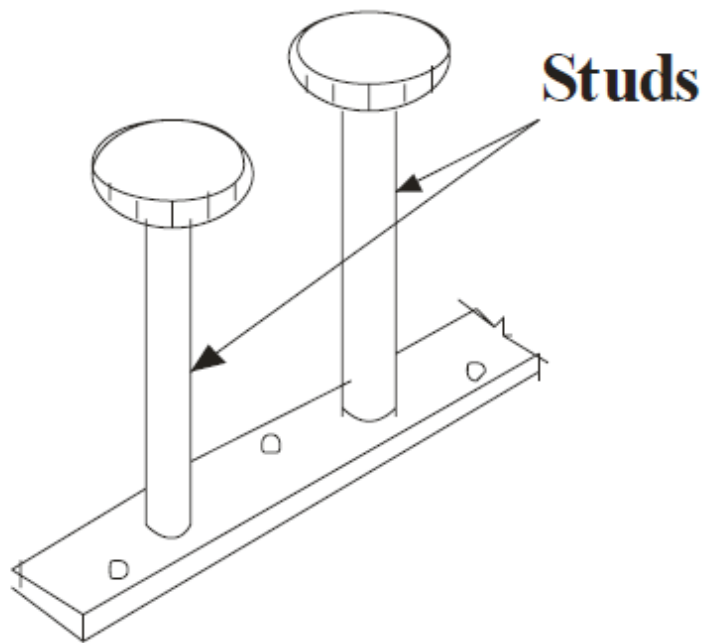
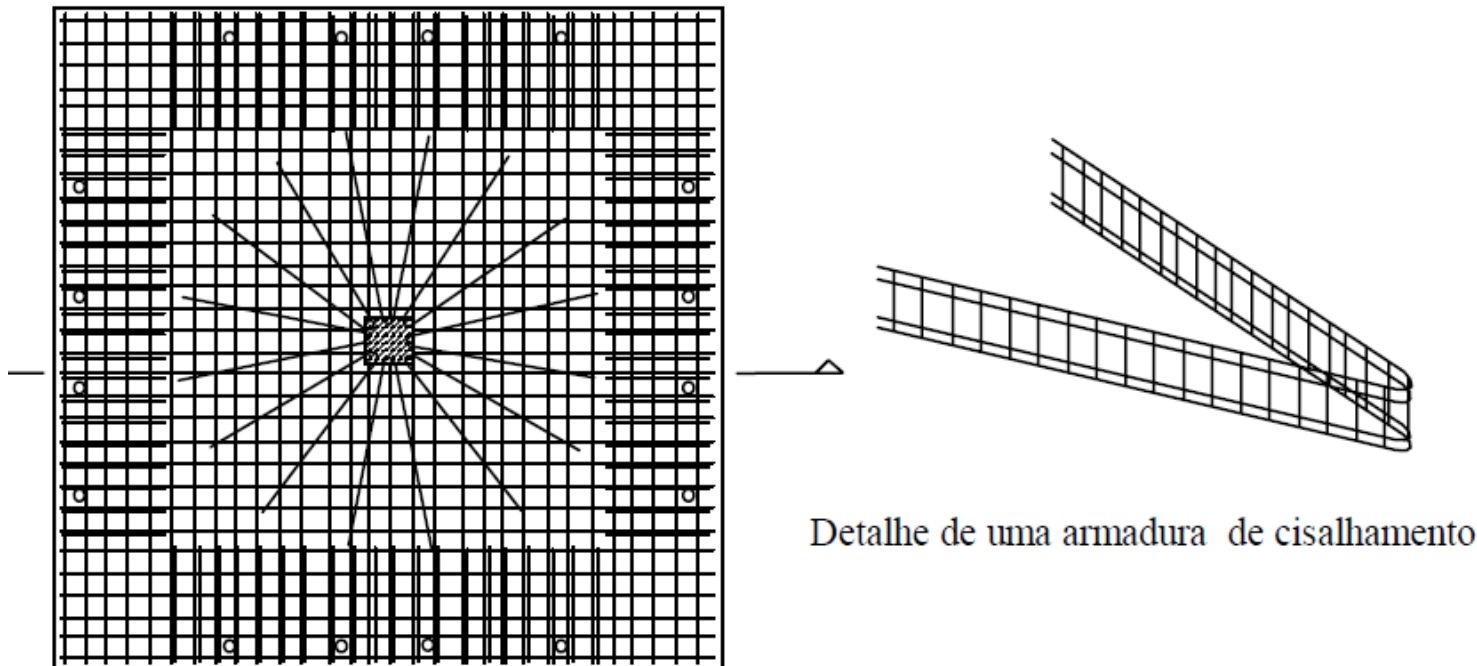


Figura 13 – Armadura de cisalhamento – Ghali (1985)

Fonte: Trautwein, Leandro Mouta, 2006

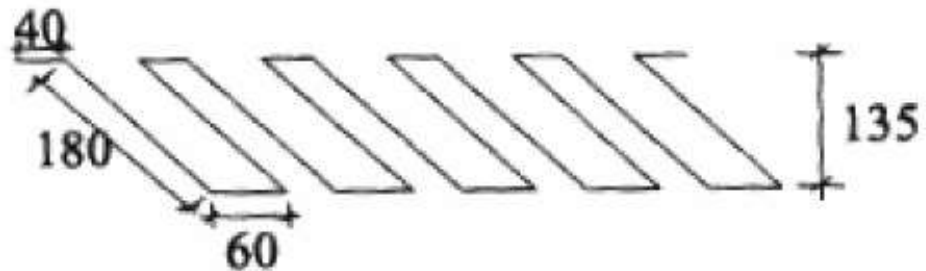


Planta da armadura de flexão e cisalhamento

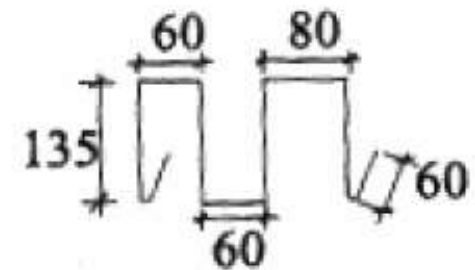
Figura 14 – Armadura de cisalhamento – Regan (1993)

Fonte: Trautwein, Leandro Mouta, 2006

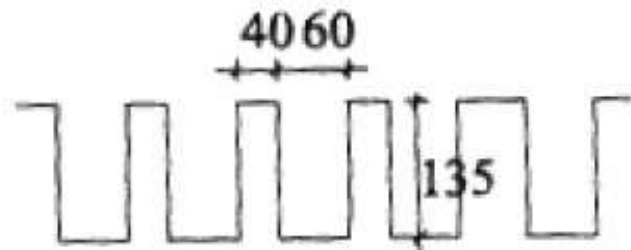




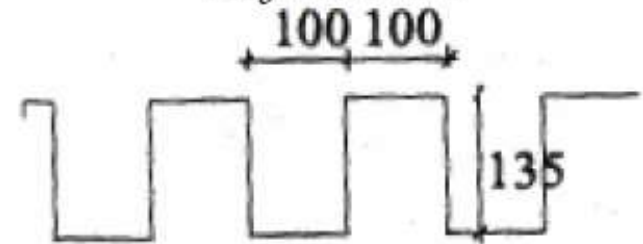
*Lajes PSS-B e PSS-C*



*Laje PSS-D*



*Lajes PSS-F, PSS-G e PSS-H*



*Lajes PSS-B e PSS-C*

Figura 15 – Armadura de cisalhamento – Pilakoutas (2000)

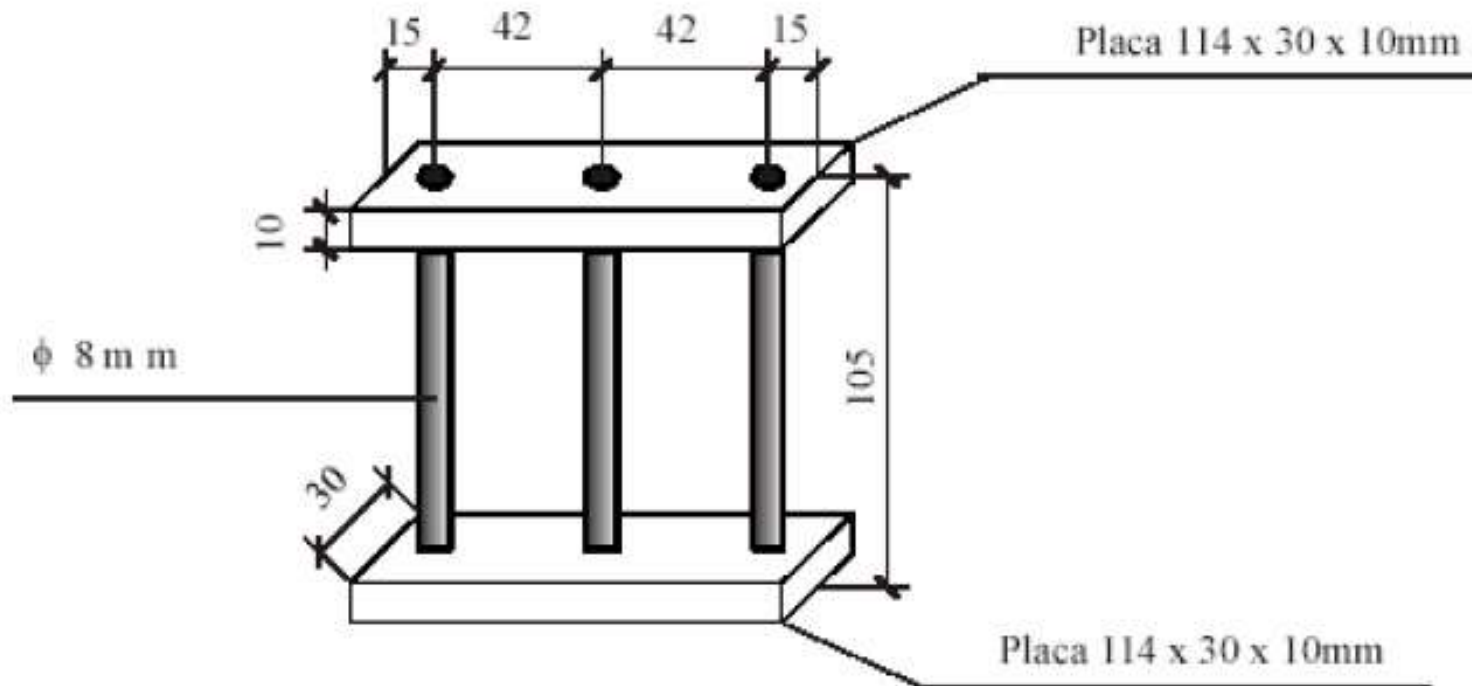


Figura 16 – Armadura de cisalhamento – Silva(2003)

Fonte: Trautwein, Leandro Mouta, 2006



- Dimensionamento à Punção – Pilar interno (NBR 6118:2014 – Item 19.5.2.1):

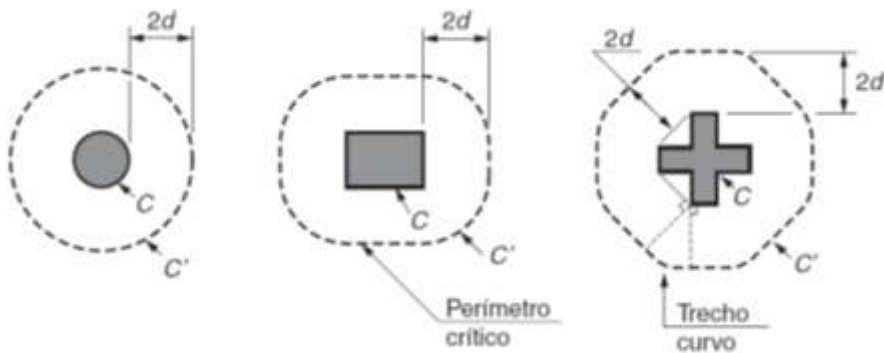


Figura 17 – Perímetro crítico em pilares internos

Fonte: NBR 6118:2014

- Dimensionamento à Punção – Pilar de borda (NBR 6118:2014 – Item 19.5.2.3):

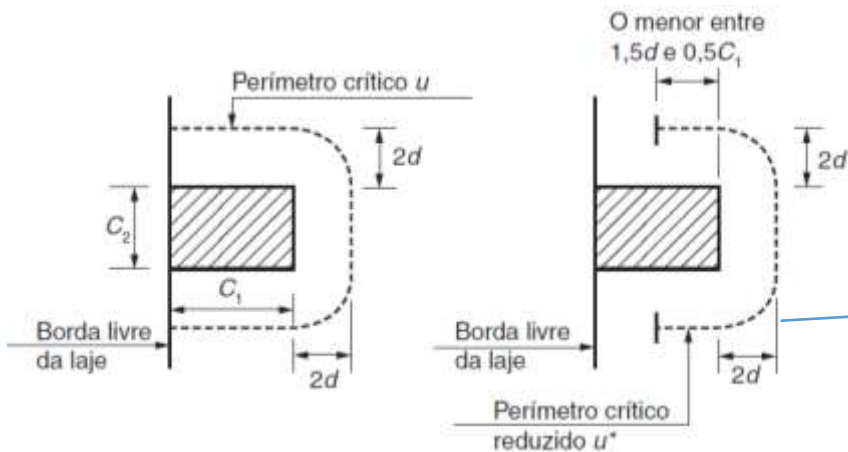


Figura 18 – Perímetro crítico em pilares de borda

Fonte: NBR 6118:2014

Quando não agir momento no plano paralelo à borda livre



- Dimensionamento à Punção – Pilar de canto (NBR 6118:2014 – Item 19.5.2.4):

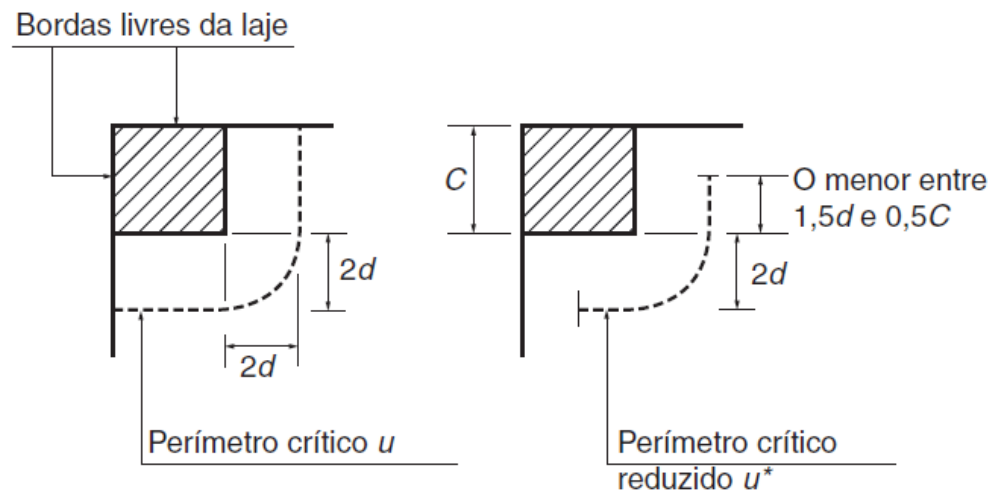


Figura 19 – Perímetro crítico em pilares de canto

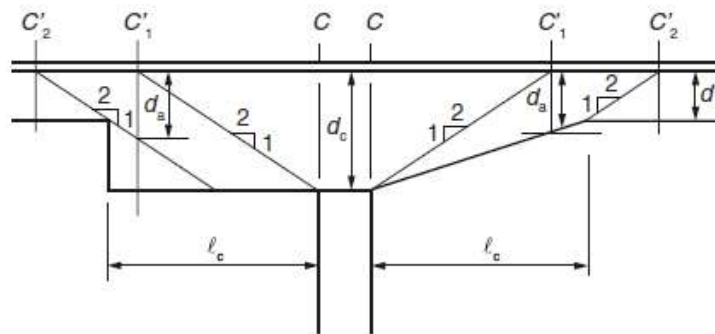
Fonte: NBR 6118:2014



- Altura útil do Capitel (NBR 6118:2014 – Item 19.5.2.5):

58CBC2016

Quando existir capitel, devem ser feitas duas verificações nos contornos críticos  $C_1'$  e  $C_2'$ , como indica a Figura 19.5.



onde

$d$  é a altura útil da laje no contorno  $C_2'$ ;

$d_c$  é a altura útil da laje na face do pilar;

$d_a$  é a altura útil da laje no contorno  $C_1'$ ;

$l_c$  é a distância entre a borda do capitel e a face do pilar. Quando:

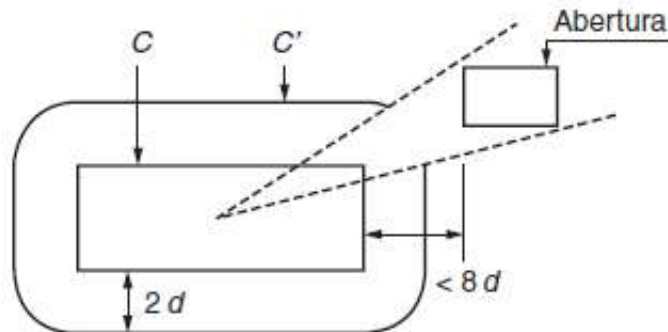
$$l_c \leq 2(d_c - d) \Rightarrow \text{basta verificar o contorno } C_2';$$

$$2(d_c - d) < l_c \leq 2d_c \Rightarrow \text{basta verificar o contorno } C_1';$$



- Perímetro Crítico junto à abertura na laje (NBR 6118:2014 – Item 19.5.2.6):

Se na laje existir abertura situada a menos de  $8d$  do contorno  $C$ , não pode ser considerado o trecho do contorno crítico  $C'$  entre as duas retas que passam pelo centro de gravidade da área de aplicação da força e que tangenciam o contorno da abertura (ver Figura 19.7).







IBRACON

58CBC2016

## Normatização – Em situação de incêndio:

- Segundo a tabela 8 da NBR 15200:2012 as lajes lisas ou cogumelos devem atender as seguintes dimensões mínimas:

TRRF min	$h$ mm	$c_1$ mm
30	150	10
60	180	15
90	200	25
120	200	35
180	200	45

<sup>a</sup> Os valores de  $c_1$  indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de  $c_1$  para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Figura 20 – Dimensões mínimas para lajes lisas ou cogumelo





- Para o caso de laje lisa armada em uma só direção o valor de  $c_1$  deve ser retirado da Tabela 6 e a altura da tabela 8:

TRRF min	$h^a$ mm	$c_1$ mm		
		Laje armada em duas direções <sup>b</sup>		Laje armada em uma direção $\ell_y/\ell_x > 2$
		$\ell_y/\ell_x \leq 1,5$	$1,5 < \ell_y/\ell_x \leq 2$	
30	60	10	10	10
60	80	10	15	20
90	100	15	20	30
120	120	20	25	40
180	150	30	40	55

<sup>a</sup> Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.  
<sup>b</sup> Lajes apoiadas nas quatro bordas; caso contrário, a laje deve ser considerada armada em uma direção.  
<sup>c</sup> Os valores de  $c_1$  indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de  $c_1$  para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Figura 21 – Tabela 6 NBR 15200:2012



IBRACON



58CBC2016

## Concreto protendido x Concreto armado:

- Vantagens do concreto protendido em relação ao concreto armado:
  - Estruturas mais leves com utilização de concreto com maior resistência à compressão e aços de alta resistência a tração;
  - Vencer vãos maiores reduzindo altura dos elementos estruturais, atendendo as novas tendências arquitetônicas mundiais;
  - Redução da incidência de fissuras;
  - Redução de deformações;
  - Economia do valor da estrutura (menor utilização de formas e menores prazos de utilização de escoramentos);
  - Redução das tensões principais de tração provocadas pelo esforço cortante;
  - Maior durabilidade.



IBRACON

ESQUEMATIZ

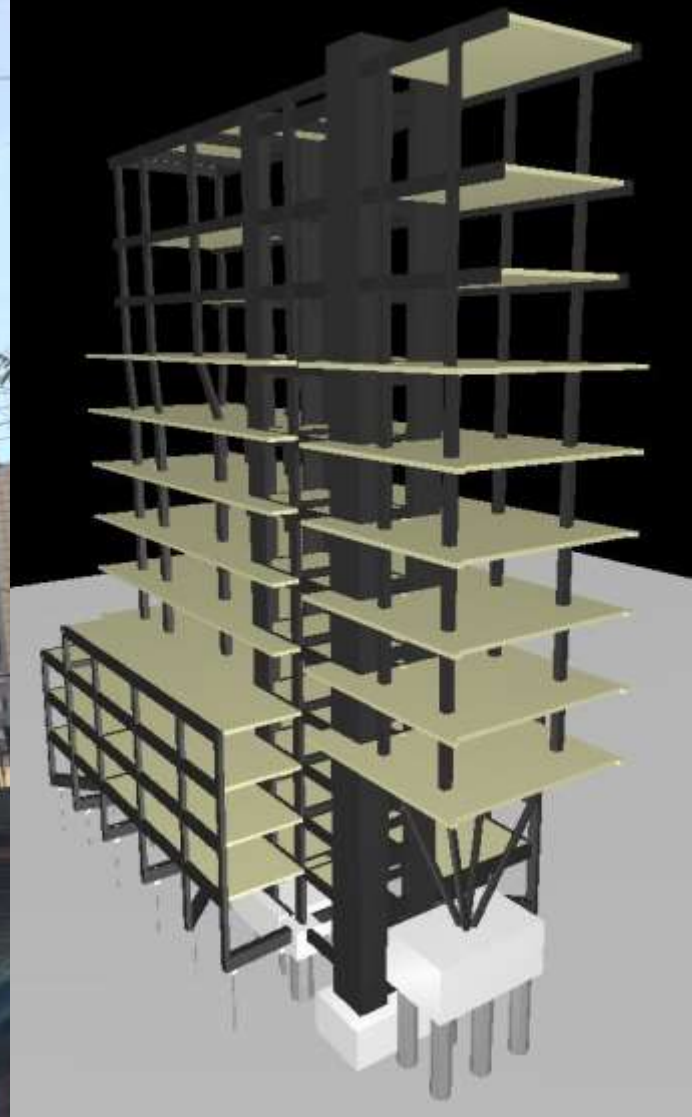


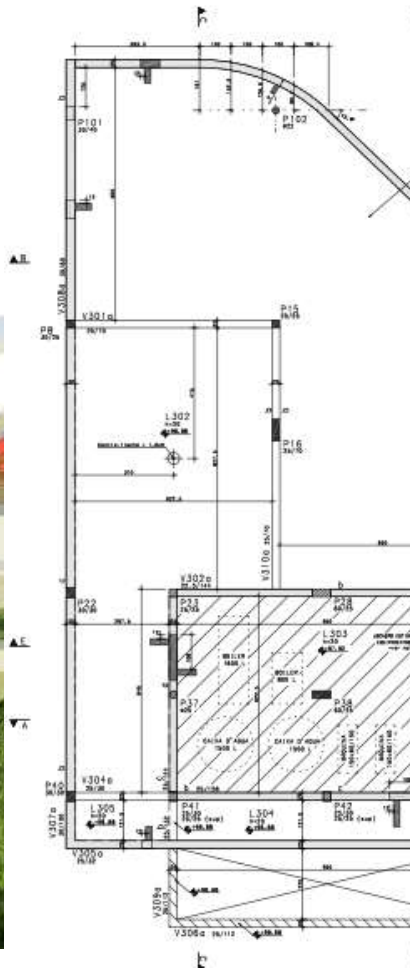
- Edifício comercial e residencial
- Arq. Marcelo Sena
- Construtora Gabarito
- 3.500,00 m<sup>2</sup>





IBRACON





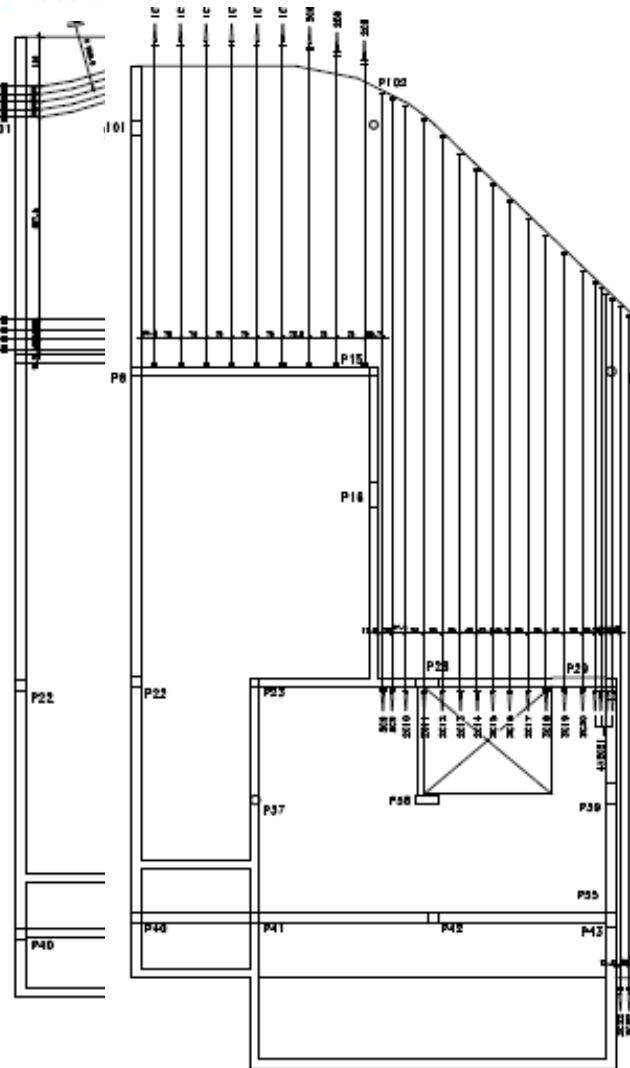
- Residência Unifamiliar
- Arquitetos Associados
- 1.500,00 m<sup>2</sup>



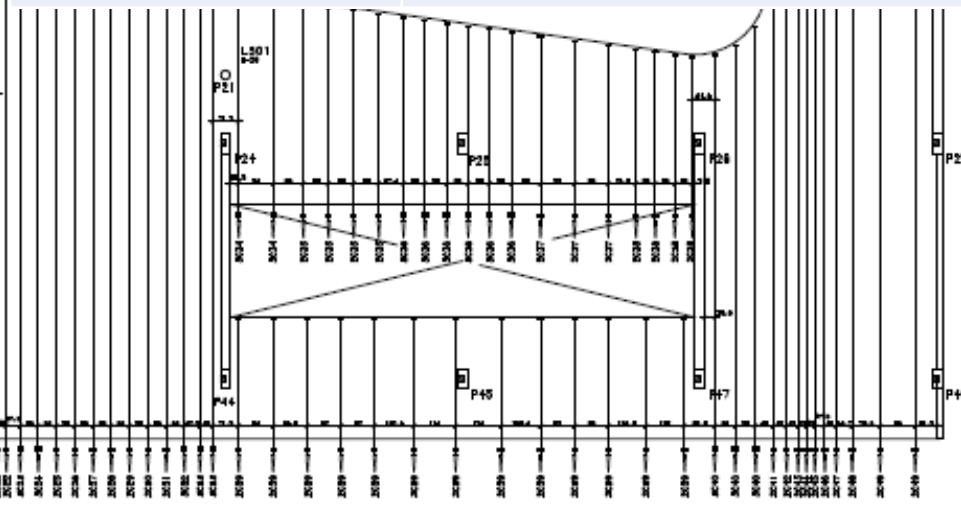


IBRACON

58CBC2016

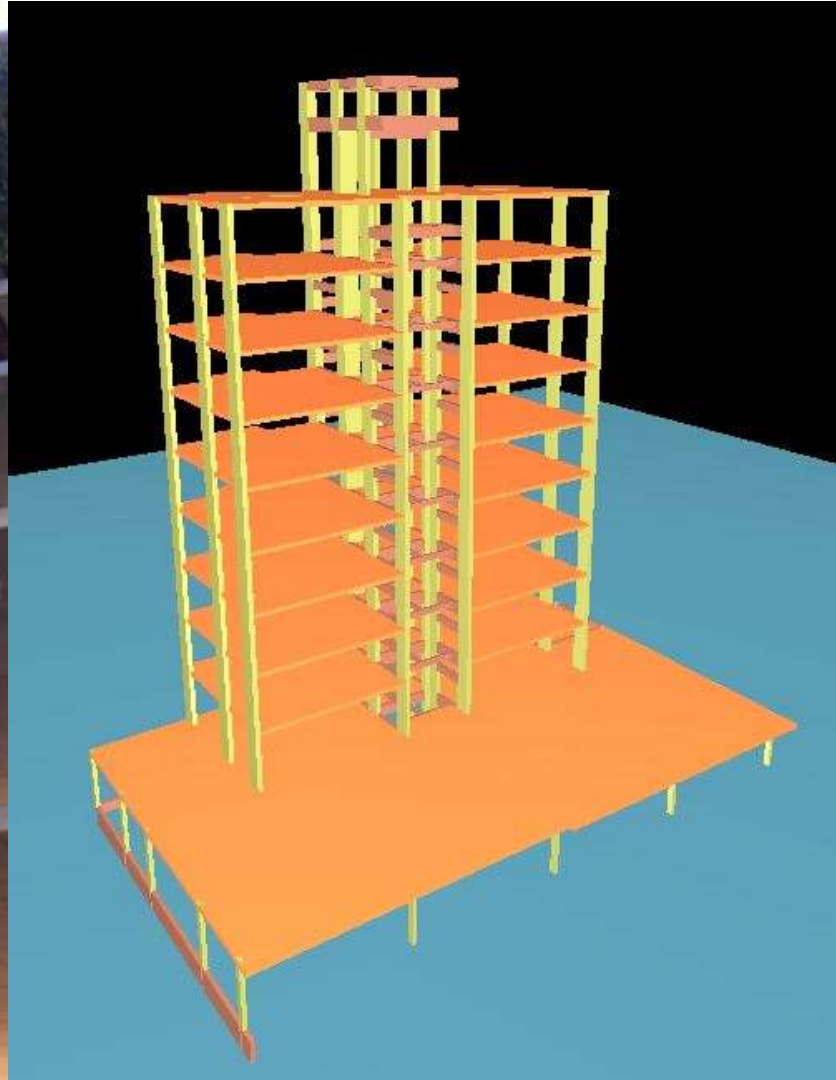
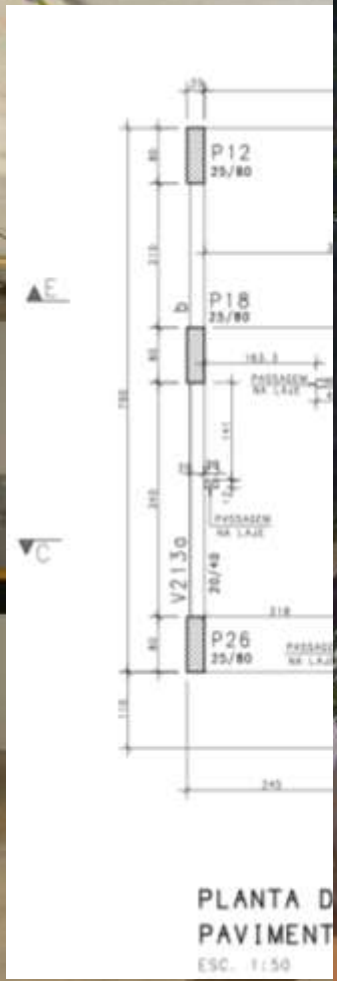
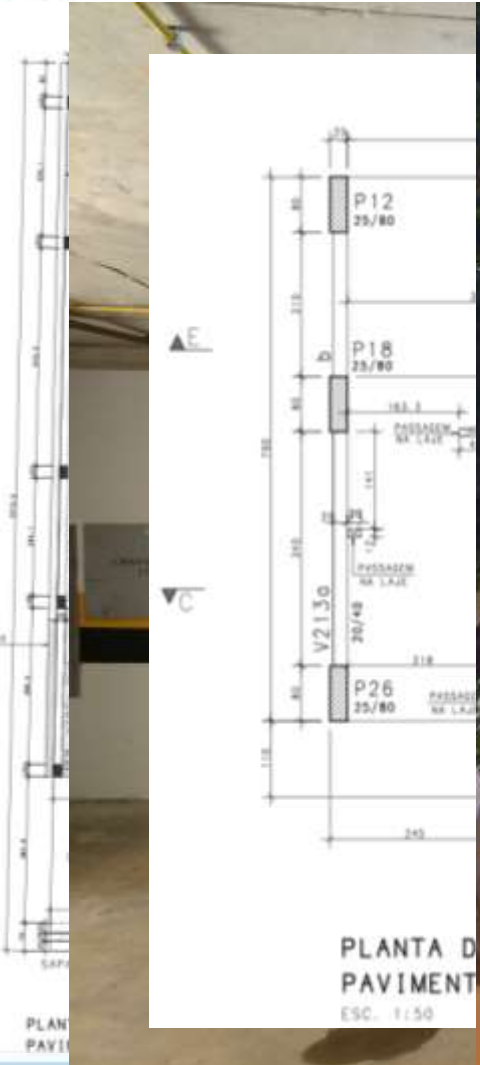


3 PAVTO	e LAJE (cm)
CP	20
CA	30



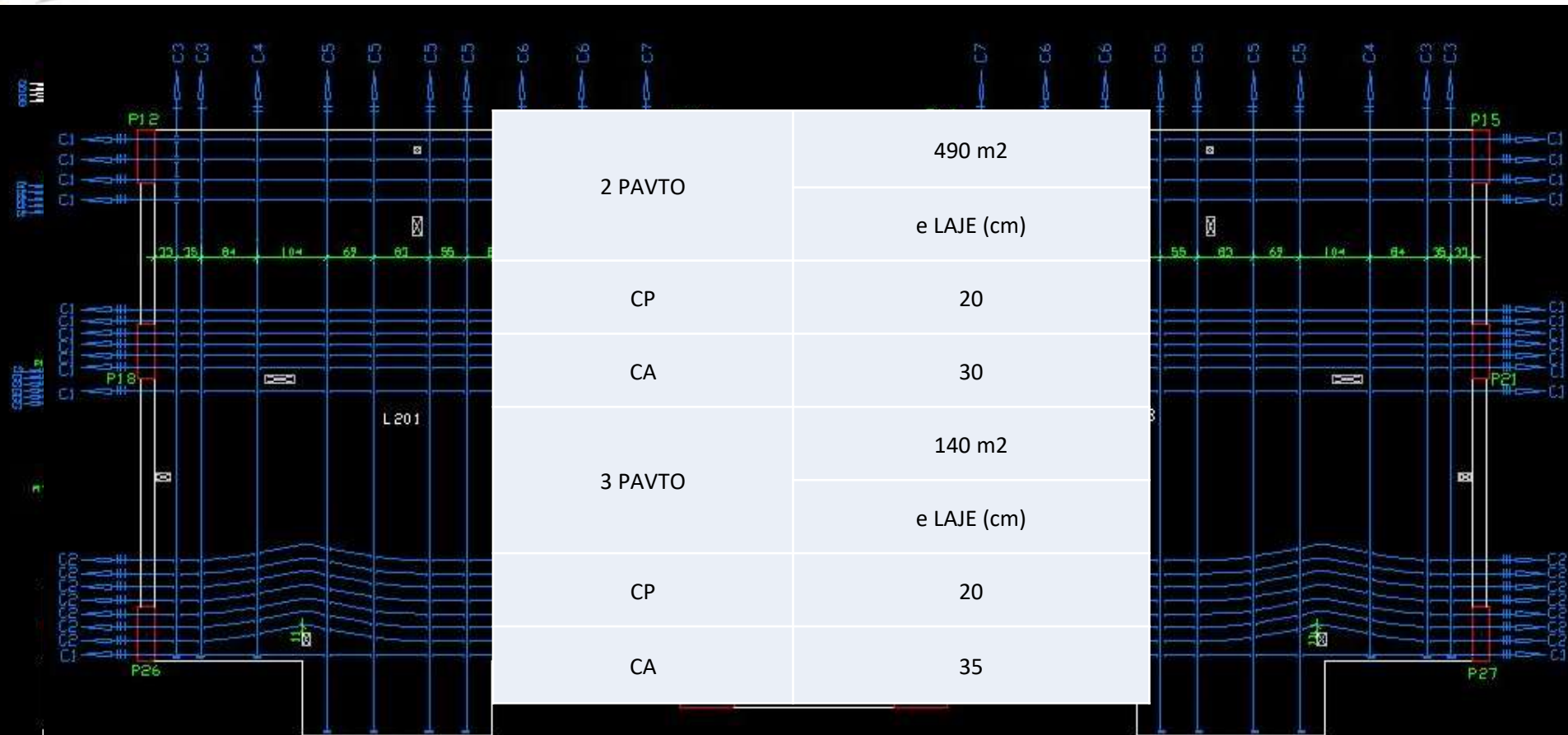


IBRACON





IBRACON



TRACADO E DISTRIBUIÇÃO DOS CABOS HORIZONTAIS E VERTICAIS NAS LAJES  
PAVIMENTO TIPO (NÍVEIS +106,98 A +126,79) 8X

ESC. 1:50



IBRACON

58CBC2016

## Recomendações - Projeto:

- Espessuras lajes lisas protendidas para pré-dimensionamento:

VÃO LIVRE ENTRE APOIOS (metros)	ESPESSURA MÍNIMA (cm)
até 7,0	16
de 7,0 até 8,0	18
de 8,0 até 9,0	20
de 9,0 até 10,0	22
de 10,0 até 11,0	24

**Faixa econômica:** 7,0 a 9,0 metros (h = 18 a 20 cm).

- Modulação dos vãos:

- ✓ Vãos intermediários: iguais entre si;
- ✓ Vãos extremos: comprimentos entre 85% dos vãos internos;
- ✓ Balanços: 25% a 35% do vão interno;

Figura 22 — Espessuras de lajes protendidas

Fonte: Alexandre A. Emerick





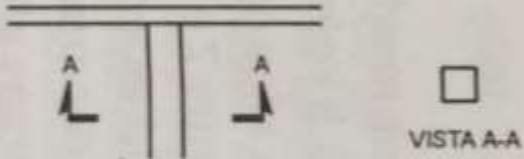
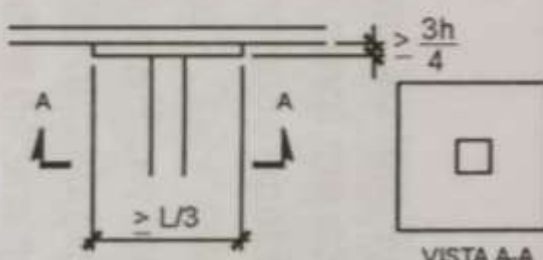
TIPO DA SEÇÃO	CARREGAMENTO TOTAL (kN/m <sup>2</sup> )	RELAÇÃO VÃO/ESPESSURA (6m ≤ L ≤ 12m)
1) LAJE LISA 	3,0	40
	5,0	36
	10,0	30
2) LAJE C/ ENGROSSAMENTO 	3,0	45
	5,0	40
	10,0	35

Figura 23 — Relação Vão/Espessura

Fonte: Alexandre A. Emerick





IBRACON



58CBC2016

- É fundamental a compatibilização dos projetos estruturais com a arquitetura e demais disciplinas (hidro-sanitário, elétrico, telefonia, SPDA, incêndio, ar condicionado, etc.);
- A execução da estrutura deve ter o acompanhamento de um tecnologista de concreto;
- A estrutura deve ser dimensionada para situação de incêndio (NBR 15200:2012);
- Atendimento a norma de desempenho 15575:2013;
- Contratação de consultor para realização de ATP (Análise Técnica de Projeto);
- Os furos e shaft's deverão ser previstos em projeto, não podendo ser realizados após estrutura concretada;
- É fundamental a apresentação de detalhes e notas no projeto para uma adequada execução deste em obra.



IBRACON



58CBC2016

- Critérios de protensão:
  - Comprimentos de cabos até 30 metros: protender apenas de 1 lado;
  - Comprimentos de cabos de 30 a 42 metros: protender 50% de um lado e 50% do outro lado do total de cordoalhas (alternado);
  - Comprimento de cabos acima de 42 metros: protender todos os cabos dos dois lados;
  - Para elemento estrutural, recomenda-se comprimento máximo de 76 metros. Acima deste comprimento, colocar juntas.



IBRACON



58CBC2016

## Recomendações - Execução:

- Sequência de protensão:
  - Lajes planas com cabos uniformemente distribuídos em ambas as direções:
    - Protender 50% dos cabos uniformes em uma direção;
    - Protender 100% dos cabos uniformes na direção oposta;
    - Protender os 50% finais dos cabos uniformes na direção oposta.
  - Lajes planas com cabos em faixa e uniformemente distribuídos:
    - Protender 100% dos cabos uniformes;
    - Protender 100% dos cabos em faixa;
- Para protensão em faixa de cabos, protender sempre do centro para as extremidades.



IBRACON



58CBC2016

- Antes da concretagem o engenheiro responsável pela execução deverá verificar se todas as armações (ativas e passivas) foram dispostas conforme projeto;
- Durante a concretagem, não movimentar os cabos (não pisar sobre eles), nem mesmo as ancoragens;
- Retirar corpos de provas dos caminhões para realização dos ensaios de resistência do concreto e o slump do concreto;
- Realizar o mapeamento da concretagem a cada caminhão;
- Após a concretagem realizar a cura do concreto por no mínimo 7 dias;
- Realizar a protensão após atingido o fck mínimo de projeto (geralmente: 70 % a 80% do fck de 28 dias e 7 dias após a concretagem);
- Sistema construtivo que favorece a utilização de concretos alto adensáveis e telas soldadas.



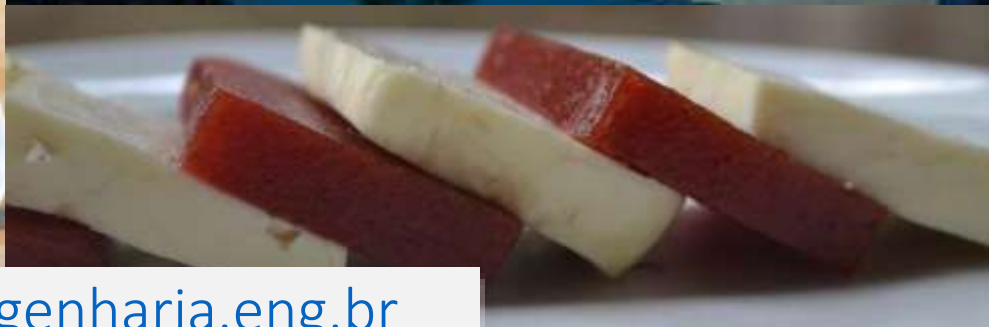
IBRACON







OBRIGADO PELA ATENÇÃO



[www.piengenharia.eng.br](http://www.piengenharia.eng.br)  
[pi@piengenharia.eng.br](mailto:pi@piengenharia.eng.br)  
Tel:(031)3426-6308

