

5 - FORROS

APÓS ESTUDAR ESTE CAPÍTULO; VOCÊ DEVERÁ SER CAPAZ DE:

- Escolher o tipo de forro ideal para a sua edificação;
- Executar corretamente os apoios das lajes pré-fabricadas;
- Especificar corretamente o escoramento e contraventamento das lajes pré-fabricadas;
- Especificar o tipo de armadura adicional para as lajes pré-fabricadas
- Executar corretamente a cura e a desforma.

Existem vários tipos de forros. Dependendo do tipo de obra, fica a cargo do projetista a sua escolha, levando em consideração a acústica, o acabamento, a estética, etc.

Os forros mais comuns são: madeira, gesso, aglomerados de celulose, pvc, laje maciça, laje pré-fabricada, laje protendidas, etc.

5.1 - FORRO DE MADEIRA

Geralmente são lâminas de pinho, pinus, ipê, jatobá, muiracatiara, etc.(Figura 5.1) e são pregadas em entarugamentos executados de 0,50 a 0,50m, presos às lajes ou nas estruturas do telhado, por buchas e parafusos ou pendurados por tirantes (Figura 5.2; 5.3)

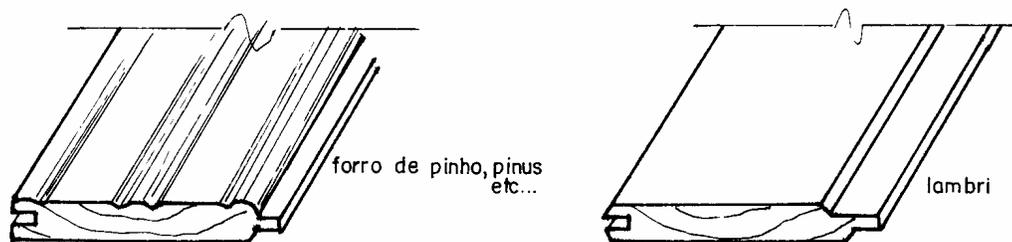
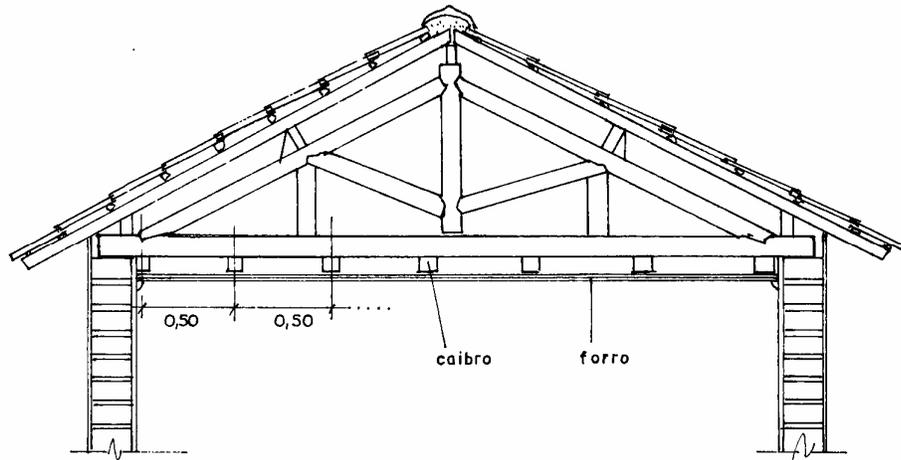


Figura 5.1 - Tipos de forros de madeira



em telhado

Figura 5.2 - Fixação do forro na estrutura do telhado

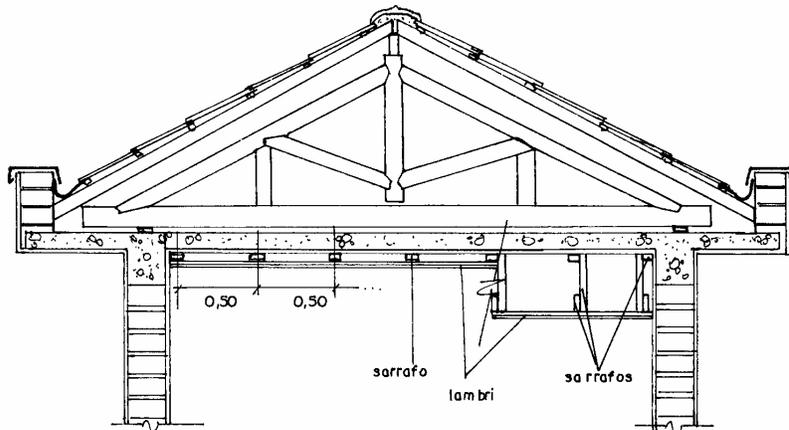


Figura 5.3 - Fixação do forro em laje e em tirantes para execução de rebaxos

5.2 - LAJES PRÉ-FABRICADAS UNIDIRECIONAIS

Originam-se das lajes nervuradas e das lajes nervuradas mistas, onde, em geral, as peças pré-fabricadas são empregadas para a formação das nervuras. Entre elas, colocam-se elementos intermediários de cerâmica, concreto ou outros materiais, e o revestimento de concreto, feito no local, têm a função de solidarização dos elementos, além de resistir os esforços à compressão, oriundos da flexão.

A variedade desse produto é grande e a sua escolha depende de vários fatores tais como: estrutural, econômico, etc. Podemos ter segundo a NBR14859:

- Laje comum (LC)
- Laje treliça (LT)
- Protendidas (LP)

5.2.1 – Elementos que as compõe:

- **Vigotas pré-fabricadas:** Peças de concreto estrutural, executadas industrialmente, podendo ser:
 - a) de **concreto armado (VC):** com seção de concreto geralmente em forma de “T” invertido, com armadura passiva totalmente englobada pelo concreto da vigota. Utilizadas para compor as lajes comuns (LC) (Figura 5.4).
 - b) **Treliça (VT):** com seção de concreto formando placa, com armadura treliçada parcialmente englobada pelo concreto da vigota. Utilizadas para compor as lajes treliçada (LT) (Figura 5.11).
 - c) de **concreto protendido (VP):** com seção de concreto geralmente em forma de “T” invertido, com armadura ativa pré-tensionada totalmente englobada pelo concreto da vigota. Utilizadas para compor as lajes de concreto protendido (LP) (Figura 5.19).

- **Elementos de enchimento (E):** Elementos pré-fabricados com materiais diversos (cerâmica, concreto, EPS), podendo ser maciço ou vazado intercalado entre as vigotas. Têm a função de reduzir o volume de concreto, o peso próprio da laje e servir como fôrma para o concreto complementar. As alturas dos elementos de enchimento (h_e) podem ser de 7, 0 (mínima) - 8,0 - 10,0 - 12,0 - 16,0 - 20,0 - 24,0 - 29,0 centímetros. As larguras dos elementos de enchimento (b_e) podem ser de 25,0 (mínima) – 30,0 – 32,0 – 37,0 – 39,0 – 40,0 – 47,0 – 50,0 centímetros.

- **Armadura complementar:** Armadura complementada na obra. Podendo ser:
 - a) *Longitudinal:* armadura nas lajes treliçadas, quando da impossibilidade de integrar na vigota toda a armadura passiva inferior de tração necessária(Figura 5.14).
 - b) *Transversal:* armadura que compõe a armadura das nervuras transversais.
 - c) *de distribuição:* armadura posicionada na capa nas direções transversal e longitudinal, para distribuir as tensões oriundas das cargas concentradas e para o controle da fissuração.
 - d) *Superior de tração:* armadura dispostas sobre os apoios nas extremidades das vigotas, nos mesmos sentidos das nervuras e posicionados na capa. Proporciona a continuidade das nervuras longitudinais, o combate a fissuração e a resistência ao momento fletor negativo.

- **Capa (C):** Concreto complementar cuja espessura é medida a partir da face superior do elemento de enchimento (E) com espessura mínima de 3,0 cm.

Segundo a NBR14859/2002 a altura padronizada da laje deve ser composta por sua sigla (LC, LT, LP), seguida da altura total (h), da altura do elemento de enchimento (h_e), mais a altura da capa (h_c) sendo todos os valores expressos em centímetros. Exemplo:

- LC h ($h_e + h_c$) LC 11 (7+4)
- LC h ($h_e + h_c$) LC 16 (12+4)
- LT h ($h_e + h_c$) LT 12 (8+4)

Em função da altura do elemento de enchimento (h_e), as alturas totais das lajes (h) estão descritas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Altura total da laje (h)

Altura do elemento de enchimento (h_e)	Altura total da laje (h)
7,0	10,0 - 11,0 - 12,0
8,0	11,0 - 12,0 - 13,0
10,0	14,0 - 15,0
12,0	16,0 - 17,0
16,0	20,0 - 21,0
20,0	24,0 - 25,0
24,0	29,0 - 30,0
29,0	34,0 - 35,0

5.2.2 - Generalidade sobre a laje comum (LC)

a) - Elementos que a compõem:

- Vigota de concreto pré-fabricada (VC);
- Elemento de enchimento entre as vigotas de tijolo cerâmico (E).
- Capa de concreto (capeamento) (C) de espessura variável (Figura 5.5)

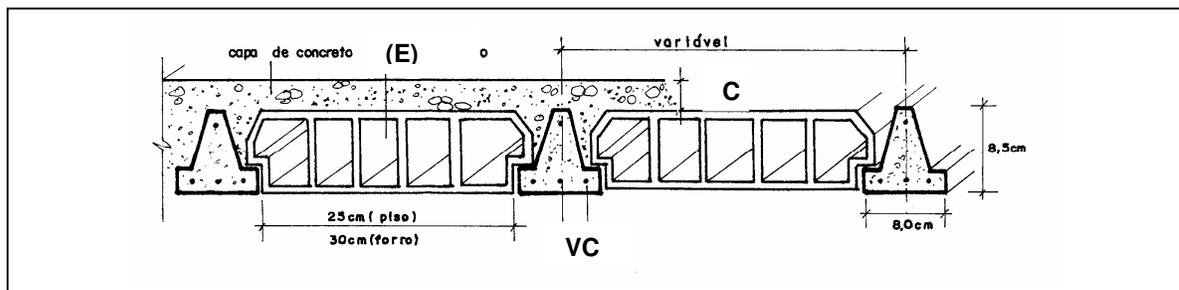


Figura 5.4 Elementos da laje pré-fabricada comum

b) - Variação das alturas:

- A diferente altura dos elementos de enchimento, com o lançamento de capas de concreto em espessura adequada, resulta nas variadas alturas de lajes (Figura 5.5) ou pela Tabela 5.1.
- A diferente largura dos elementos de enchimento, proporciona os variados intereixos entre as vigotas.
- As mais usuais são: LC10 para forro e LC12, LC 16 etc. para piso, em vãos máximos de 4,50m. Para vãos maiores, o ideal seria outro tipo de laje.

- Geralmente o concreto utilizado para realizar o capeamento (C) das lajes pré-fabricadas é no mínimo, 20 MPa, ou segundo a orientação do calculista.

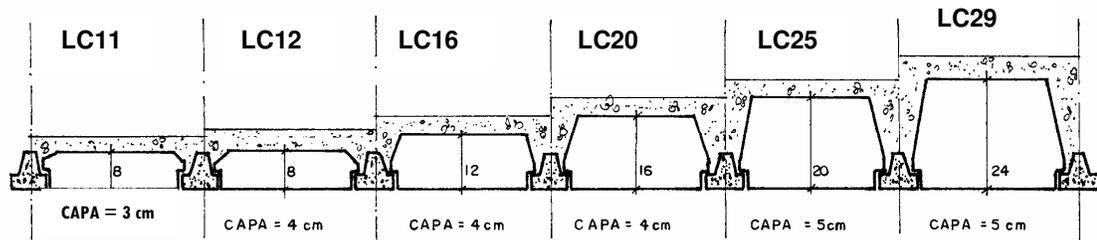


Figura 5.5 - Variação das alturas de uma laje pré-fabricada comum

c) - Armaduras usuais:

Armadura de distribuição.

A armadura de distribuição em lajes pré-moldadas tem a finalidade de limitar a fissuração que poderá ocorrer pela retração e/ou variação de temperatura e ainda melhora a monoliticidade do painel da laje, aumentando sua rigidez e evitando a fissuração decorrente de deslocamento diferenciais, que deverão ocorrer entre suas vigotas de concreto. Caso não esteja especificado no projeto podemos adotar no mínimo:

forro = malha Ø 6,3mm de 33 x 33cm

piso = malha Ø 6,3mm de 25 x 25cm

mínimos 3 Ø por metro, ou em tela soldada leve para laje.

A armadura de distribuição atinge maior eficiência quando se utiliza aço com diâmetro menor e em quantidade maior.

Superior de tração (Armadura negativa).

A armadura negativa é utilizada quando a laje for semi-engastada na estrutura, contínua ou em balanço. A função da armadura negativa é combater os momentos negativos formados pelos vínculos utilizados (Figuras 5.6; 5.7; 5.8; 5.9). Caso não esteja especificado no projeto podemos adotar:

- sobre a vigota, comprimento $l/4$, podendo também estar posicionada sobre o elemento de enchimento (a quantidade deverá ser fornecida pelo fabricante ou calculista).

d) - Tipos de apoios:

• APOIO EM ALVENARIA

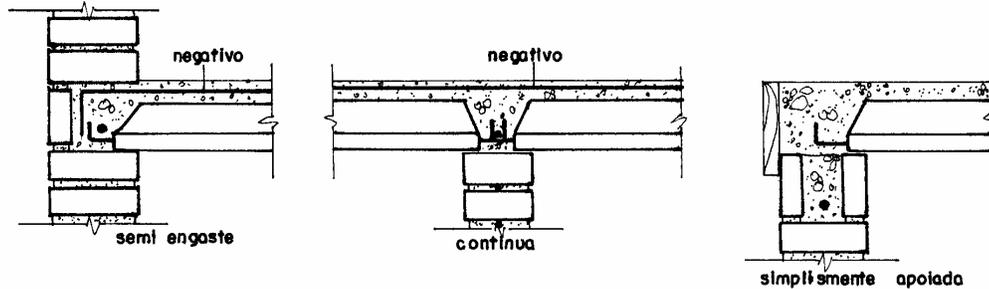


Figura 5.6 - Apoio da laje comum sobre alvenaria

• APOIO EM VIGAS

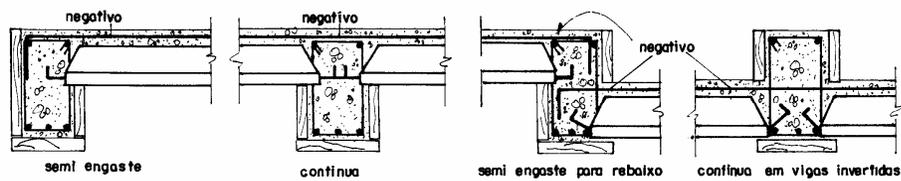


Figura 5.7 - Apoio da laje comum em estruturas de concreto armado

• BEIRAIS

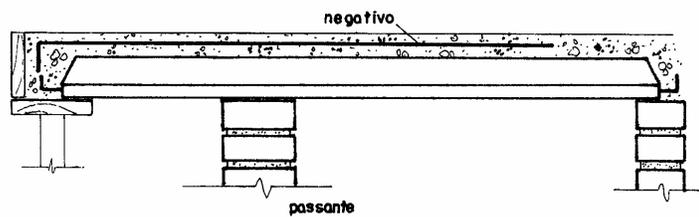


Figura 5.8 - Apoio da laje comum passante em beirais

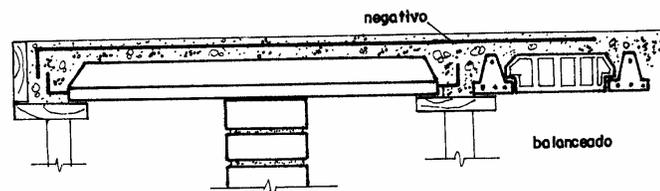


Figura 5.9 - Apoio da laje comum balanceado em beirais

f) - Reforços usuais:

Devemos evitar o apoio de elementos estruturais diretamente sobre as lajes pré-fabricadas. Caso não seja possível executar uma viga para receber as cargas provenientes de paredes ou muretas, devemos criteriosamente executar um

reforço na laje pré-fabricada (Figura 5.10). Estes reforços devem ser indicados pelo fabricante ou pelo engenheiro calculista.

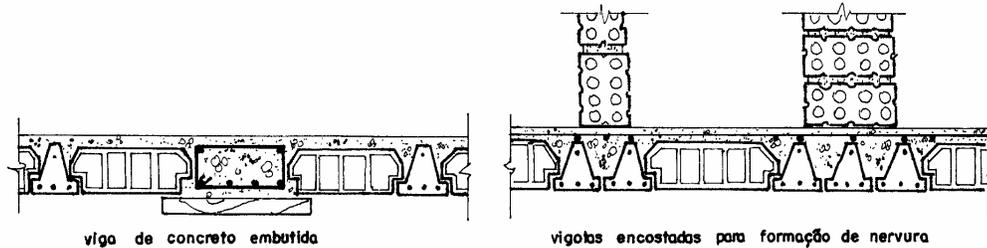


Figura 5.10 - Exemplo de reforços em laje pré-comum

g) - Vãos livres e consumos de materiais:

A Tabela 5.2 indica os vão livres máximos para intereixo de 41cm dependendo do tipo de apoio e sobrecargas utilizadas. E a Tabela 5.3 o consumo de materiais para capeamento e nervuras por m² de laje pré-fabricada comum.

Tabela 5.2 - Vãos livres máximos para laje pré-fabricada comum

VÃOS LIVRES MÁXIMOS PARA INTEREIXO DE 41 CM																					
Cond. Est.	APOIO SIMPLES							LAJES CONTINUAS							LAJES ENGASTADAS PARCIALMENTE EM ALVENARIA						
Sobre carga kg/m ²	FORRO	100	150	200	350	500	1000	FORRO	100	150	200	350	500	1000	FORRO	100	150	200	350	500	1000
β -10	4,70	4,50	4,30	4,20	3,80			5,60	5,30	5,10	4,90	4,20			5,10	4,80	4,60	4,50	4,10		
β -12	5,10	4,90	4,70	4,60	4,30	3,40		6,00	5,80	5,60	5,50	4,40	3,40		5,50	5,20	5,10	5,00	4,40	3,40	
β -16	6,10	6,00	5,80	5,70	5,40	4,60	2,60	7,30	7,10	6,90	6,80	5,90	4,60	2,60	6,60	6,40	6,30	6,20	5,80	4,60	2,60
β -20	7,10	7,00	6,80	6,70	6,30	5,70	3,30	8,40	8,30	8,10	7,90	7,20	5,70	3,30	7,60	7,50	7,30	7,20	6,80	5,70	3,30

Tabela 5.3 - Consumos de materiais para capeamento por m² de laje

TIPO BETA	DESTINO	ALTURA TOTAL cm	ALTURA DOS TIGILOS cm	CAPEAMENTO cm	CONSUMO DE MATERIAIS PARA CAPEAMENTO E NERVURAS POR M ² DE LAJE														
					INTEREIXO 34 CM					INTEREIXO 41 CM					INTEREIXO 51 CM				
					Peso próprio kg/m ²	Concreto lts	Cimento kg	Areia lts	Pedra 1 lts	Peso próprio kg/m ²	Concreto lts	Cimento kg	Areia lts	Pedra 1 lts	Peso próprio kg/m ²	Concreto lts	Cimento kg	Areia lts	Pedra 1 lts
8	FORRO	8	8	-	90	5,4	1,9	6,8	-	85	4,5	1,6	5,7	-	80	3,6	1,3	4,5	-
10		10	8	2	130	25,4	9,2	13,0	19,3	125	24,5	8,9	12,5	18,7	120	23,6	8,5	12,0	18,0
12	ABOBADAS - PISOS - TETOS FORROS - TERRAÇOS	12	8	4	170	45,5	16,4	23,2	34,5	165	44,5	16,1	22,7	33,9	160	43,6	15,7	22,3	33,2
16		16	12	4	210	58,9	19,4	27,6	41,0	200	51,6	18,6	26,4	39,3	195	49,2	17,8	25,2	37,7
20		20	16	4	250	62,4	22,5	31,8	47,4	225	58,7	21,1	29,9	44,6	220	54,9	19,7	28,0	41,7
25		25	20	5	310	86,0	31,0	43,9	65,4	270	78,0	28,1	39,8	59,3	265	74,0	26,7	37,8	56,3
29		29	24	5	340	95,6	34,5	48,8	72,7	300	87,6	31,6	44,7	66,6	295	80,4	29,0	41,1	61,1
33		33	28	5	380	105,2	37,9	53,7	80,0	330	95,6	34,5	48,8	72,7	320	86,8	31,0	44,3	68,1
37		37	32	5	410	114,8	41,4	58,6	87,3	355	103,6	37,3	52,9	78,8	345	93,2	33,7	47,1	70,9

5.2.3 - Generalidades sobre laje Treliça (LT)

São lajes em que a viga pré-fabricada é constituída de armadura em forma de treliça, e após concretada, promove uma perfeita solidarização, tendo ainda a possibilidade de utilizar armadura transversal.

Este sistema de pré-fabricação conjuga uma série de elementos estruturais independentes, formando com seus componentes, um sistema de pré-fabricação semi-fechado e parcial da construção industrializada, integralmente compatibilizado com os sistemas convencionais. Como em qualquer sistema de pré-fabricação na construção industrializada, o sistema de laje treliça deverá ser considerado na fase do projeto, visando alcançar melhor aproveitamento e eficiência.

a) - Elementos que a compõem:

É constituída por uma armadura treliçada, variando de 7,0 a 25cm de altura, e a mesa inferior concretada com 3 cm de espessura e de 12 a 13cm de largura. O elemento de enchimento pode ser cerâmico de concreto ou EPS (Figura 5.11)

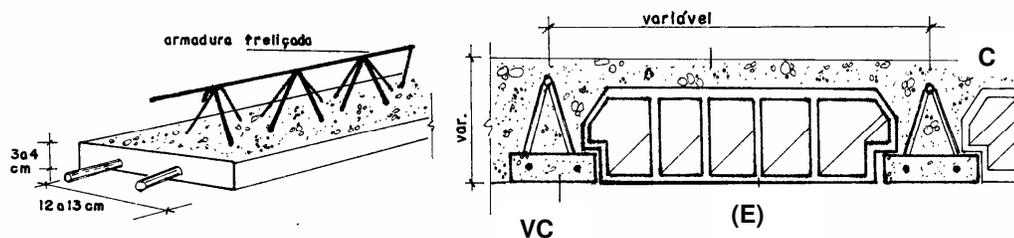


Figura 5.11 - Elementos de uma laje pré-fabricada treliça

b) - Variação das alturas:

- A diferente altura do elemento de enchimento e a variação da altura da treliça mais a espessura do capeamento, resulta nas variadas alturas da laje (Figura 5.12) ou pela Tabela 5.1..
- A diferente largura dos elementos de enchimento, proporciona os variados intereixos entre as vigotas.
- Geralmente o concreto utilizado para realizar o capeamento das lajes pré fabricadas é no mínimo, 20 MPa, ou segundo a orientação do calculista.

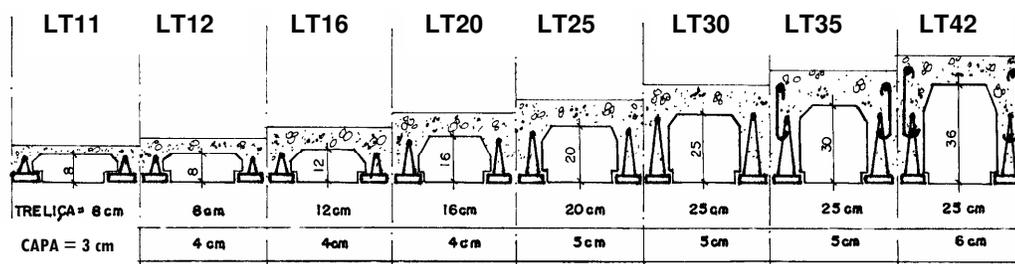


Figura 5.12 - Exemplo das variações das alturas da laje treliça

c) - Armaduras usuais:

Armadura de distribuição

Tem as mesmas funções das armaduras de distribuição descrita para as lajes pré-fabricadas comuns, sendo no mínimo ou a critério do calculista como:

- forro = \varnothing 6,3mm a cada 33cm
- piso = \varnothing 6,3mm a cada 25cm
mínimos 3 \varnothing por metro

No caso de laje treliça, podemos posicionar a armadura de distribuição, no sentido perpendicular a vigota, formando um ângulo aproximadamente de 90° em relação ao vergalhão negativo da vigota treliçada.

A altura da armação treliçada deve ser igual à altura do elemento de enchimento (lajota cerâmica, bloco de concreto, EPS). Portanto a armadura de distribuição posicionada sobre o aço negativo da armação treliçada fica no mínimo 1,0cm acima do elemento intermediário proporcionando o envolvimento do capeamento de concreto no ato da concretagem.

Nas lajes treliças ,além da finalidade descrita para as lajes comuns, a armadura de distribuição assume dentro da laje treliça a função de combater as tensões de cisalhamento que surgem entre a alma e a aba das nervuras das lajes treliças.

A armadura de distribuição atinge maior eficiência quando se utiliza aço com diâmetro menor e em quantidade maior.

Armadura negativa.

A armadura negativa deve estar posicionada em cima de cada viga treliça, com no mínimo 2 \varnothing , sendo que sua bitola deverá ser fornecida pelo calculista, ou fabricante.

d) - Tipos de apoios e reforços:

Nas lajes treliças podemos ter uma mobilidade das paredes internas, que podem ser apoiadas diretamente sobre a laje, e ainda nos permite em certos casos a passagem de tubulações(Figura 5.16). Isso é facilitado pelo fato da vigota ser concretada na obra, possibilitando efetuar vários reforços (Figuras 5.14; 5.15; 5.16)

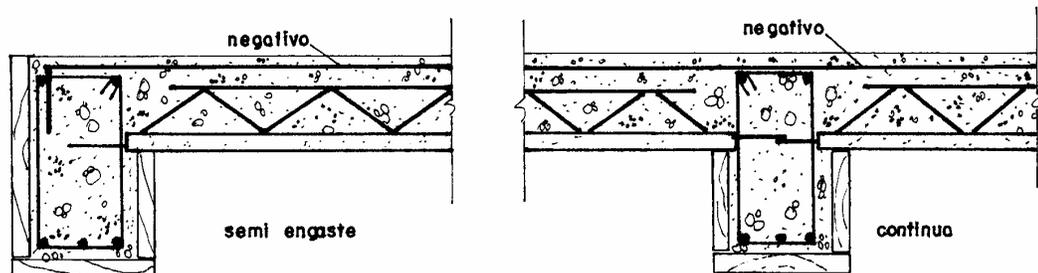


Figura 5.13 - Apoio da laje treliça em estrutura de concreto armado

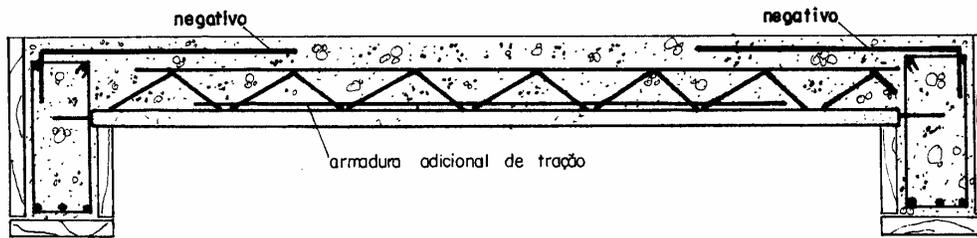


Figura 5.14 - Armadura adicional de tração

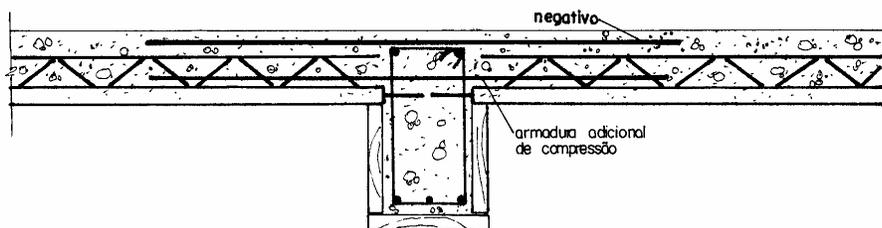


Figura 5.15 - Armadura adicional de compressão

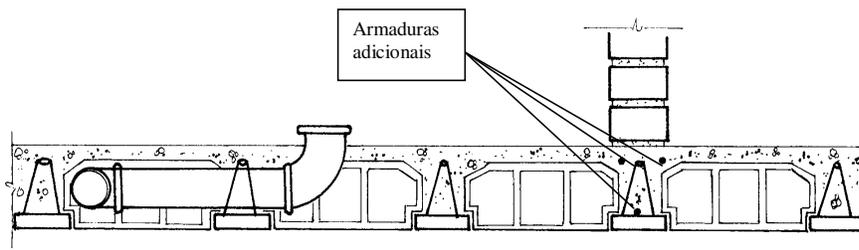


Figura 5.16 - Reforços em laje treliça

Na laje treliça temos facilidade na execução de nervuras perpendicular as vigotas, para reforços em aberturas do tipo domos, pergolados, etc (Figura 5.17), e no seu transporte (Figura 5.18)

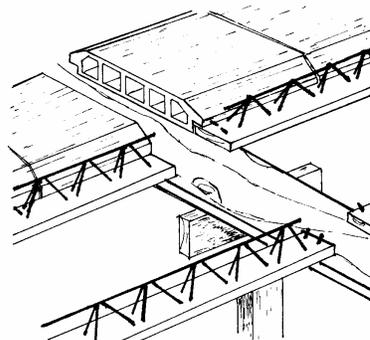


Figura 5.17 - Exemplo de execução de nervuras

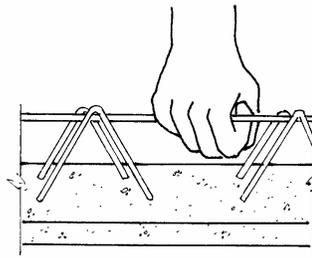


Figura 5.18 - Manuseio da laje treliça

e) - Vãos livres:

Na Tabela 5.4 temos os vãos máximos para intereixo de 45 cm dependendo do tipo de apoio e sobrecarga adotada.

Tabela 5.4 - Vãos máximos para a laje treliça

VÃOS LIVRES MÁXIMOS PARA INTEREIXO DE 45 CM																					
COND. EST.:		APOIO SIMPLES						LAJES CONTÍNUAS						LAJES ENGASTADAS							
SOBREC. (KG/M ²)	FORRO	50	100	150	200	350	500	FORRO	50	100	150	200	350	500	FORRO	50	100	150	200	350	500
β 10	5,60	5,45	5,15	4,90	4,70	4,20	3,70	6,70	6,55	6,15	5,85	5,60	5,00	4,35	6,10	5,95	5,60	5,30	5,10	4,55	4,00
β 12	6,35	6,20	5,90	5,65	5,45	4,95	4,45	7,60	7,45	7,05	6,75	6,50	5,95	5,35	6,90	6,75	6,40	6,15	5,90	5,35	4,85
β 16	8,00	7,85	7,55	7,25	7,00	6,40	5,95	9,60	9,40	9,00	8,65	8,35	7,70	7,10	8,70	8,55	8,15	7,85	7,60	6,95	6,45
β 20	9,45	9,30	8,95	8,65	8,40	7,75	7,30	11,30	11,15	10,75	10,35	10,05	9,30	8,75	10,25	10,10	9,70	9,40	9,10	8,45	7,90
β 25	11,15	11,00	10,65	10,35	10,10	9,40	8,85	13,35	13,20	12,75	12,40	12,05	11,25	10,60	12,10	11,95	11,55	11,25	10,95	10,20	9,65
β 30	12,80	12,60	12,25	11,95	11,65	10,95	10,40	15,30	15,10	14,70	14,30	13,95	13,10	12,45	13,85	13,70	13,30	12,95	12,65	11,90	11,25
β 35	14,25	14,10	13,75	13,45	13,15	12,40	11,80	17,05	16,85	16,45	16,05	15,75	14,85	14,15	15,45	15,30	14,90	14,60	14,25	13,45	12,80
β 42	14,55	14,40	13,95	13,45	13,05	12,00	11,00	17,45	17,25	16,85	16,50	16,00	14,70	13,70	15,80	15,65	15,25	14,95	14,60	13,45	12,50

f) - Vantagens:

- Perfeita planimetria dos tetos, dada à ausência de contraflecha inicial. Como conseqüência, o trabalho de revestimento com chapisco, emboço e reboco, fica extremamente facilitado e rápido, permitindo menor consumo de argamassa.
- Garantia de inexistência de fissuras nos tetos, porquanto a alma metálica garante a perfeita ligação da vigota (VT) ao concreto, completado na obra, impedindo a rotação da vigota (VT) quando o pavimento entrar em carga.
- Facilidade de manuseio e transporte, conferido pelo próprio formato da vigota.
- Facilidade de montagem, dada à leveza da vigota, de aproximadamente 12kg por metro.
- Execução de balanços aliviados sem necessidade de contrabalanço.
- Comportamento ao fogo idêntico ao do concreto armado, permitindo a utilização de pisos leves nas construções, onde se exija resistência à ação do fogo.

5.2.4 - Generalidades sobre laje protendida (LP)

a) - Elementos que a compõem:

As lajes pré-fabricadas protendidas (LP) são compostas por nervuras pré-fabricadas em concreto protendido (VP) que tem a forma de um “T” invertido e face superior rugosa para facilitar a aderência da capa de concreto (Figura 5.19). Elemento de enchimento (E) que podem ser cerâmico, concreto ou EPS. Após a montagem completa-se com a capa de concreto (C) de no mínimo 20 MPa.

Após a cura do concreto de capeamento, a seção resistente da laje passa a ser composta pelo concreto da vigota mais o concreto moldado “in loco”. Portanto para uma mesma vigota, quanto maior a altura do elemento de enchimento, maior será a altura final da nervura e, conseqüentemente, maior o esforço resistente da laje (TATU, 2008)

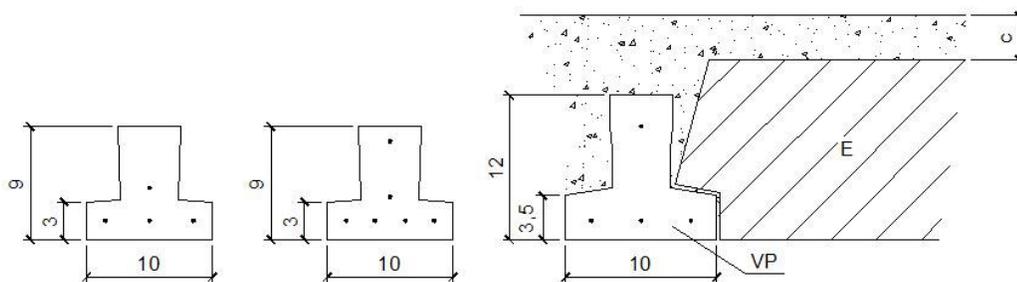


Figura 5.19 – Vigota protendida

As vigotas protendidas podem suportar o carregamento da fase executiva sem o auxílio de escoramento até o vão de 3,20m. Vão maiores deve-se consultar o fabricante.

b) - Vantagens:

- Facilidade de utilização – são de fácil utilização e sua montagem é semelhante às das lajes pré-fabricadas comuns e treliça. Escoramento (quando necessário), colocação das vigotas, dos elementos de enchimento, das armaduras adicionais (distribuição e negativo) e a concretagem da capa;
- Redução ou eliminação de escoramento;
- Redução do consumo de concreto e peso próprio – devido a vigota (VP) ter a largura um pouco maior que as vigotas das lajes tradicionais, o consumo de concreto e na ordem de 15 a 20% menor (TATU, 2008);
- Maiores vãos e menores flechas - devido ao efeito da protensão aplicada às vigotas (TATU, 2008).

5.2.5 - Montagem e execução das Lajes pré-fabricadas

A montagem dos elementos pré-fabricados deve obedecer ao especificado no projeto de execução da laje e no manual de colocação e montagem fornecido pelo fabricante ou calculista.

Já no início da obra, deve-se pedir para o fornecedor, quando as paredes estiverem com 1,00m de altura, para que sejam tiradas as medidas para a confecção das vigas ou pelo projeto e forma.

Chegando as paredes no seu respaldo, executa-se a cinta de amarração, ou uma viga armada, sobre a qual se apóia ou se semi-engastam as vigotas da laje pré-fabricada.

As vigotas geralmente são colocadas nas menores dimensões dos ambientes, ou de acordo com o projeto, e procedendo-se da seguinte forma:

a) - Escolha do material:

Verificar a colocação somente pela planta que lhe é fornecida junto ao material (manual de colocação e montagem fornecido pelo fabricante ou calculista), para a escolha das vigotas, das armaduras de distribuição e das armaduras negativas.

b) - Escoramento:

Todos os vãos superiores a 1,50m para as lajes pré-fabricadas "comuns" e 1,20 a 1,40m para as lajes treliças (piso e forro respectivamente), deverão ser escorados por meio de tábuas colocadas em espelho, sobre chapuz, e pontaletes (Figura 5.20).

Os pontaletes deverão ser em nº de 1(um) para cada metro, e são contraventados transversal e longitudinalmente, assentados sobre calços e cunhas, em base firme, que possibilitem a regulagem da contra flecha fornecida pelo fabricante, geralmente de aproximadamente 0,4% do vão livre.

Nas lajes pré-fabricadas protendidas os vãos até 3,20m não necessitam de escoramento. Vãos de 3,20m a 6,20m uma linha de escoramento central ($L/2$), de 6,20m a 10,00m duas linhas de escoramento ($2/5L$; $L/5$; $2/5L$) acima desses vãos consultar o fabricante (TATU, 2008).

Podemos utilizar os escoramentos metálicos compostos por longarinas, barrotes e escoras metálicas (Figura 5.21)

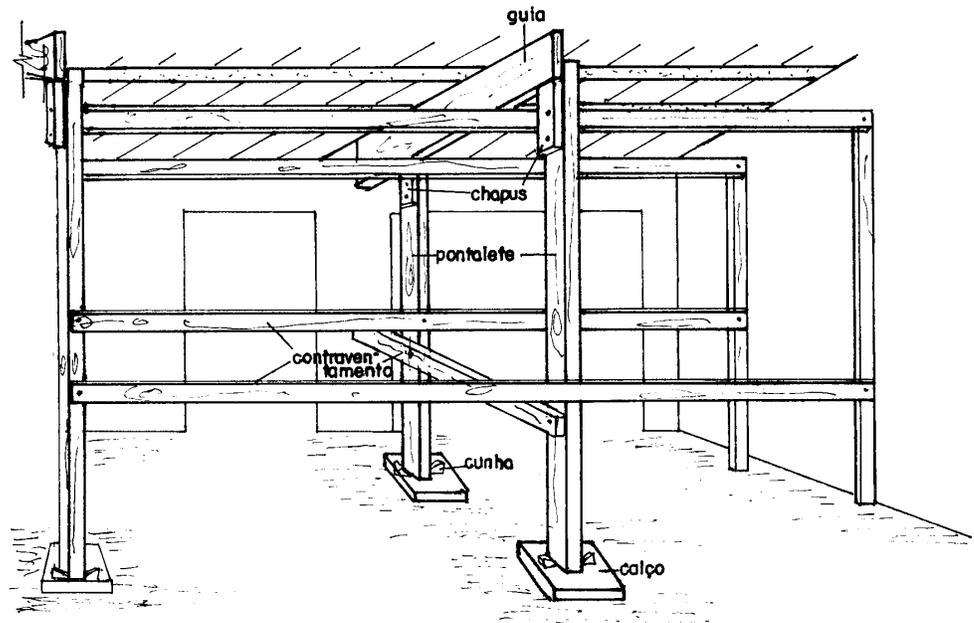


Figura 5.20 - Exemplo de escoramento convencional para laje pré-fabricada

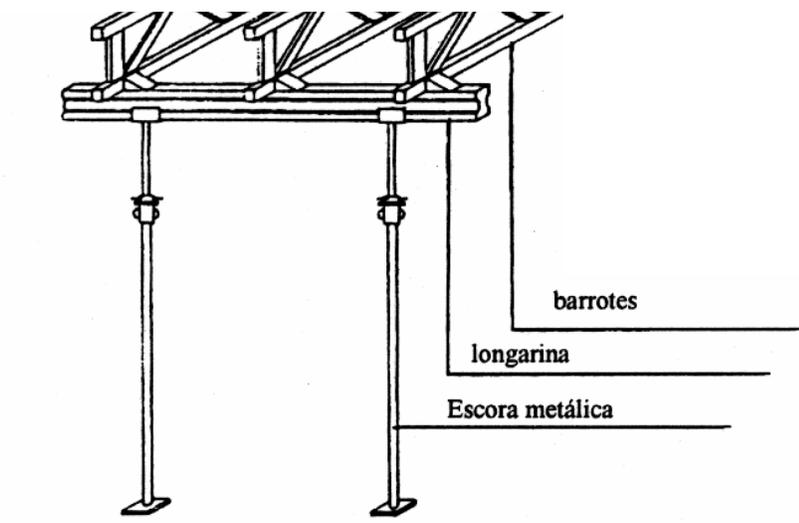


Figura 5.21 - Exemplo de escoramento metálico para laje pré-fabricada

c) - Colocação da laje:

A vigota pré-fabricada deverá estar centrada no vão, de modo que a superfície de contato do concreto seja a mesma para cada apoio.

Coloque a viga usando uma intermediária em cada extremidade para espaçá-las exatamente. A primeira carreira de intermediária deve apoiar, de um lado sobre a parede ou apoio e do outro sobre a primeira vigota. Coloque todas as intermediárias restantes entre as vigotas pré-fabricadas (Figura 5.22).

As vigotas pré-fabricadas deverão estar sempre apoiadas pelo concreto, visto que os ferros não tem rigidez suficiente para tal.

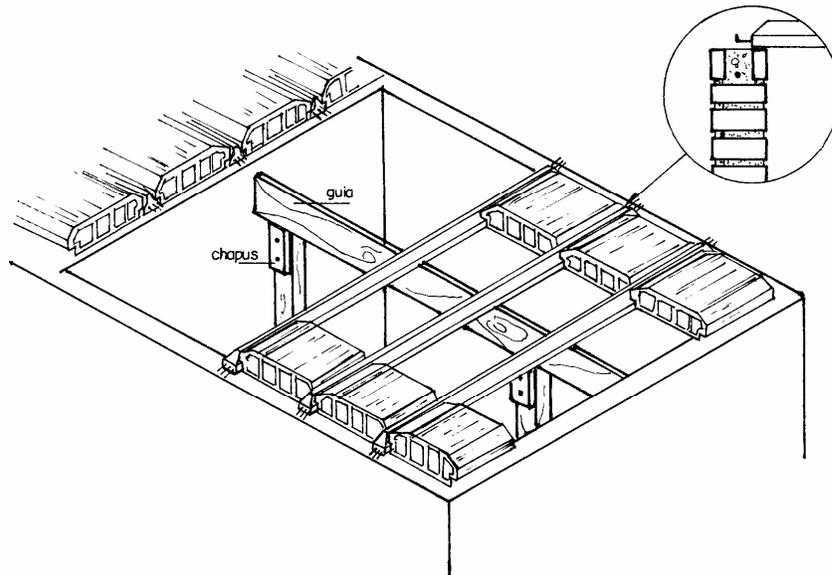


Figura 5.22 - Detalhe da colocação da laje pré-fabricada

d) - Armaduras de distribuição e negativas:

Distribuir os ferros de acordo com as indicações de bitola e quantidades da planta fornecida pelo fabricante.

A armadura negativa no caso de laje pré-fabricada "comum" deve ficar sobre a vigota e no meio da espessura da capa de concreto. Não deverá ficar nas juntas, entre as vigotas e os blocos de cerâmica (Figura 5.23).

No caso de laje treliça, a armadura poderá ser amarrada junto ao banzo da vigota pré-fabricada.

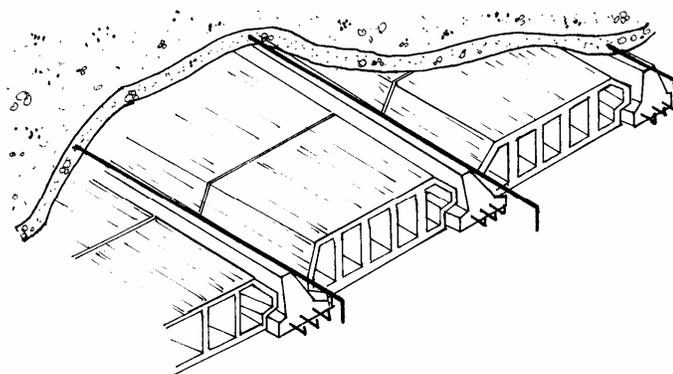


Figura 5.23 - Detalhe da colocação da armadura negativa

Após a colocação das armaduras podemos colocar os conduites e as caixinhas da parte elétrica. Os conduites devem ficar bem fixos junto à laje e sobre a armadura de distribuição e negativa. Ter o cuidado de não estrangular os conduites nas curvas.

As caixinhas devem ser preenchidas com serragem úmida para evitar a entrada do concreto no momento da concretagem.

e) - Concretagem:

Molhar bem o material antes de lançar o concreto, este deve ser socado com a colher de pedreiro, para que penetre nas juntas entre as vigas pré-fabricadas e os blocos cerâmicos.

Salvo alguma restrição do calculista, o concreto da capa será de traço 1:2:3 com resistência mínima aos 28 dias 20 MPa.

Quanto às espessuras das capas de concreto para cada caso podemos seguir o item "b" das generalidades descritas neste capítulo ou a Tabela 5.1

Para concretar as lajes que foram executadas sem escoramento (pequenos vãos), ou com uma linha de escoramento, é conveniente que se concrete primeiramente junto aos apoios para solidarizar as pontas das vigotas pré-fabricadas.

f) - Cura do concreto e desforma

Após o lançamento do concreto a laje deverá ser molhada, no mínimo, três vezes ao dia durante três dias (*verificar maiores detalhes sobre cura na Anotações de Aula "Detalhes de execução de obras com concreto armado"*).

O descimbramento da laje pré-fabricada, como em qualquer estrutura, deve ser feito gradualmente e numa seqüência que não solicite o vão a momentos negativos, geralmente em torno de 21 dias para pequenos vãos e 28 dias nos vãos maiores, salvo indicações do responsável técnico.

Nas lajes de forro é aconselhável que o escoramento seja retirado após a conclusão dos serviços de execução do telhado.

g) - Cuidados

Para caminhar sobre a laje durante o lançamento do concreto, é aconselhável fazê-lo sobre tábuas apoiadas nas vigotas para evitar quebra de materiais ou possíveis acidentes (Figura 5.24).

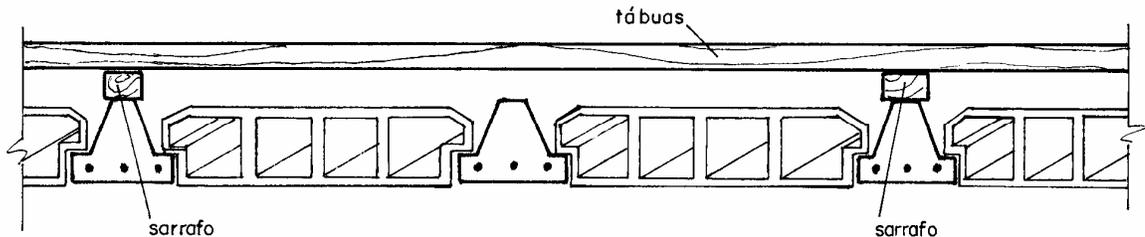


Figura 5.24 - Detalhe do apoio das tábuas de passarela

NOTA: É importante estudar minuciosamente o projeto para a escolha correta da laje tanto do ponto de vista econômico como estrutural. No item 5.1 descrevemos as lajes mais comuns para pequenas obras, no entanto existem outros tipos de lajes que também poderão ser utilizadas. Tais como:

- Lajes pré-fabricadas bidirecionais;
- Pré-laje unidirecional e bidirecional;
- Painel alveolar de concreto protendido.

5.3 - LAJES PRÉ-FABRICADAS BIDIRECIONAIS

Segundo a NBR14859-2 a laje pré-fabricada bidirecional é constituída por nervuras principais nas duas direções.

Nas lajes que empregam vigotas pré-fabricadas de concreto armado ou de concreto protendido não se pode executar as nervuras transversais. As nervuras transversais somente podem ser executadas quando se empregam vigotas treliçadas.

- **Armadura complementar:** Armadura complementada na obra. Podendo ser:
 - a) *Longitudinal:* armadura nas lajes treliçadas, quando da impossibilidade de integrar na vigota toda a armadura passiva inferior de tração necessária.
 - b) *Transversal:* armadura disposta ao longo das nervuras transversais da laje, que forma a armadura inferior de tração na direção perpendicular às vigotas treliçadas.
- **Capa (C):** Concreto complementar cuja espessura é medida a partir da face superior do elemento de enchimento (E) e deve ter espessura mínima de 3,0 cm.

5.4 - PRÉ-LAJE UNIDIRECIONAIS E BIDIRECIONAIS

Laje de seção maciça ou nervurada (Figura 5.25), constituída de nervuras principais longitudinais dispostas em uma única direção ou também com nervuras transversais perpendiculares às nervuras principais (NBR14860-1 e NBR14860-2).

As pré-lajes podem ser treliçada (PLT) ou protendida (PLP) constituídas por placas de espessura de 3,0cm a 5,0cm e larguras padronizadas, englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração.

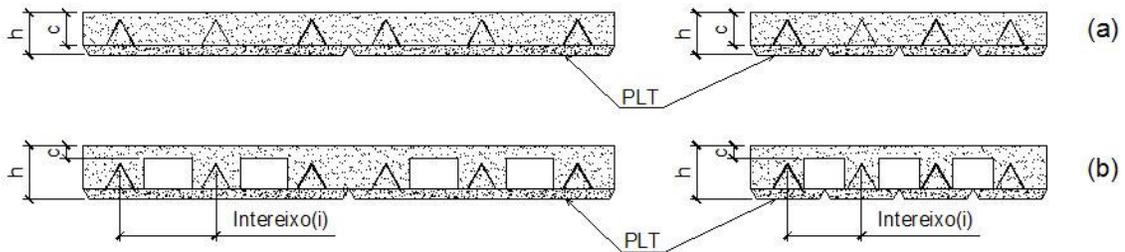


Figura 5.25 – (a) laje maciça com pré-laje treliçada (b) laje maciça com pré-laje treliçada e elemento de enchimento

- **Armadura complementar:** Armadura complementada na obra. Podendo ser:
 - e) *Longitudinal:* armadura utilizada, quando da impossibilidade de integrar na pré-laje toda a armadura passiva inferior de tração necessária.
 - f) *Transversal:* armadura que compõe a armadura inferior das nervuras transversais.
 - g) *de distribuição:* armadura posicionada na capa nas direções transversal e longitudinal, para distribuir as tensões oriundas das cargas concentradas e para o controle da fissuração.
 - h) *Superior de tração:* armadura dispostas sobre os apoios nas extremidades das pré-lajes, nos mesmos sentidos das nervuras e posicionados na capa. Proporciona a continuidade das nervuras longitudinais, o combate a fissuração e a resistência ao momento fletor negativo.
- **Capa (C):** Concreto complementar cuja espessura é medida a partir da face superior do elemento de enchimento (E) e deve ter espessura mínima de 3,0 cm nos casos de pré-laje com enchimento. Nas lajes nervuradas maciças é a partir da superfície superior da pré-laje.

5.5 - LAJES PRÉ-FABRICADAS – PAINEL ALVEOLAR DE CONCRETO PROTENDIDO

Utilizada para grandes vãos e formados por painéis alveolares protendidos pré-fabricados (Figura 5.26), montados por justaposição lateral, capa de concreto e material de rejuntamento (NBR14861).

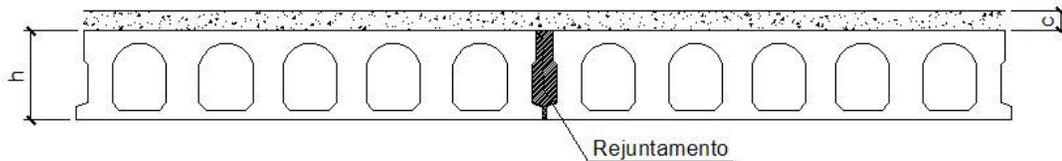


Figura 5.26 – Painel alveolar de concreto protendido

- **Armadura complementar:** Armadura complementada na obra. Podendo ser:
 - a) *de distribuição:* armadura posicionada na capa nas direções transversal e longitudinal, para distribuir as tensões oriundas das cargas concentradas e para o controle da fissuração.
 - b) *Superior de tração:* armadura dispostas sobre os apoios nas extremidades dos painéis alveolares de concreto protendido, no mesmo alinhamento destes e posicionados na capa. Proporciona a continuidade dos painéis entre si e com o restante da estrutura, o combate a fissuração e a resistência ao momento fletor negativo.
- **Capa (C):** Concreto complementar cuja espessura é medida a partir da face superior do painel alveolar de concreto protendido (E) e deve ter espessura mínima de 3,0 cm.
- **Rejuntamento:** Material destinado a promover a solidarização entre os painéis alveolares de concreto protendido justapostos, com características especificadas pelo fabricante.

ANOTAÇÕES

- 1 – Verificar o nivelamento dos apoios;
- 2 – Verificar sempre os escoramentos e contraventamentos;
- 3 – Verificar o comportamento estrutural dos apoios das lajes pré fabricadas;
- 4 – Proporcionar uma contra flecha compatível com o vão a ser vencido;
- 5 – Conferir as posições das armaduras previstas no projeto;
- 6 – Controlar o lançamento e adensamento do concreto;
- 7 – Molhar até a saturação após a concretagem no mínimo 3 dias e três vezes ao dia.

Noções de segurança:

- Andar sempre sobre passarela executada com tábuas e nunca no elemento intermediário, mesmo sendo bloco de concreto.
- Para evitar quedas de operários ou de materiais da borda da laje deve-se prever a colocação de guarda corpo de madeira ou metal, com tela, nas bordas da periferia da laje.
- Utilizar andaimes em todos os trabalhos externos à laje.