



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE FUNDAÇÕES E GEOTÉCNICA

METODOLOGIA CONSTRUTIVA: LAJES DE CONCRETO

Prof. Dr. Claudius Barbosa
PEF2501

LAJE NERVURADA



- 1) Escoramento
- 2) Fixação das formas
- 3) Desmoldante
- 4) Armação
- 5) Lançamento do concreto
- 6) Adensamento
- 7) Desforma



Desempenho e incêndio

LAJE NERVURADA

OPÇÃO A – LAJE NERVURADA COM EPS

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)	
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA
Concreto dosado em central bombeável brita 1 de 35 MPa e abatimento de 12 ± 2 cm	m³	64,10	313,26	–	20.079,97	–
Vergalhões de aço CA-50 (Ø 8 mm, Ø 10 mm, Ø 12,5 mm, Ø 16 mm, Ø 20 mm e Ø 25 mm)	t	4,79	3.255,40	1.250,00	15.606,39	5.992,50
Fôrma de chapa compensada plastificada (esp = 17 mm)	m²	83,69	57,99	39,66	4.853,18	3.319,15
Fornecimento de blocos de EPS (40 cm x 40 cm x 20 cm) para laje mista	m³	51,20	147,51	–	7.552,51	–
Escoramento e cimbramento	vb	1,00	3.007,33	–	3.007,33	–
Custo Total (R\$)					51.099,38	9.311,65
Custo Total Geral (R\$)						60.411,02

OPÇÃO B – LAJE NERVURADA COM CUBETAS

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)	
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA
Concreto dosado em central bombeável brita 1 de 35 MPa e abatimento de 12 ± 2 cm	m³	64,10	313,26	–	20.079,97	–
Vergalhões de aço CA-50 (Ø 8 mm, Ø 10 mm, Ø 12,5 mm, Ø 16 mm, Ø 20 mm e Ø 25 mm)	t	5,11	3.255,40	1.250,00	16.635,09	6.387,50
Fôrma de chapa compensada plastificada (esp = 17 mm)	m²	22,50	57,99	39,66	1.304,78	892,35
Fôrma de polipropileno para laje nervurada (altura: 21 cm/comprimento: 61 cm/largura: 58 cm) e acessórios	un	1.000,00	2,20	–	2.200,00	–
Escoramento e cimbramento	vb	1,00	3.384,05	–	3.384,05	–
Custo Total (R\$)					43.603,89	7.279,85
Custo Total Geral (R\$)						50.883,74
Economia de						15,77%

FORMAS E ESCORAMENTOS



- 1) ~45% dos custos da estrutura
- 2) Qualidade da estrutura
- 3) Aparência do concreto: painéis metálicos/formas de papelão
- 4) Industrialização: 20 hh/m² a 4 hh/m²



Fonte: Revista Construção Mercado - Edição 152- março/2014

COMPARATIVOS

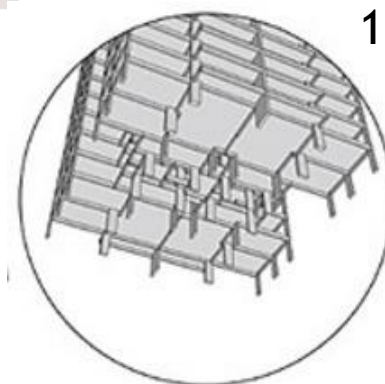
Opção estrutural	Descrição das tipologias estruturais para a mesma opção de arquitetura
1	Estrutura convencional racionalizada, lajes, vigas e pilares com possibilidade de integração do 3º dormitório à sala, sem vigas aparecendo
2	Estrutura convencional racionalizada, lajes, vigas e pilares, mas a integração do 3º dormitório à sala tem vigas e pilar aparecendo
3	Estrutura em laje cogumelo, sem capitéis, com vigas de borda nas fachadas
4	Estrutura em laje nervurada tipo cabeça, com 18 cm, com vigas de borda nas fachadas
5	Estrutura em laje cogumelo, sem capitéis, sem vigas de borda nas fachadas, e pilares-parede para contraventamento
6	Estrutura em laje cogumelo protendida, sem capitéis e com quatro pilares a menos, sem vigas de borda nas fachadas, e pilares-parede para contraventamento

Custo M.O./m² concreto			Opção estrutural	1	2	3	4	5	6
Insumo	Material	M.O.	estrutural						
Concreto (R\$/m³)	190,00	275,00	Custo/m²						
Fôrmas (R\$/m²)	4,00	0,00	de	R\$ 150,50	R\$ 142,50	R\$ 178,60	R\$ 163,10	R\$ 193,60	R\$ 193,70
Aço (R\$/kg)	2,75	0,00	estrutura						

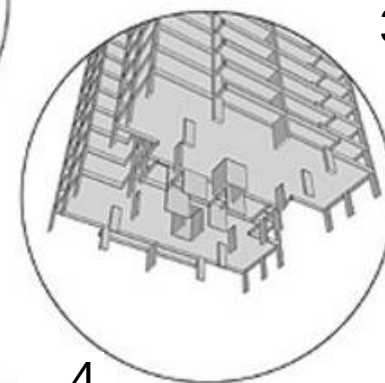
Custo M.O. separados			Opção estrutural	1	2	3	4	5	6
Insumo	Material	M.O.	estrutural						
Concreto (R\$/m³)	190,00	40,00	Custo/m²						
Fôrmas (R\$/m²)	4,00	12,50	de	R\$ 146,10	R\$ 139,70	R\$ 167,80	R\$ 155,00	R\$ 175,30	R\$ 179,50
Aço (R\$/kg)	2,75	0,85	estrutura						

Obs.: na opção estrutural 4 de laje nervurada deve-se adicionar o custo do forro de gesso e o aumento da fachada em decorrência do maior piso a piso.

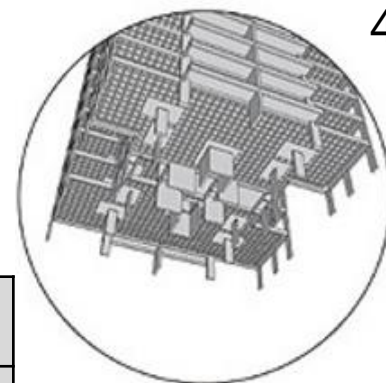
Sistema estrutural	vão	h (cm)	Pé-direito (m)	Obs.:
1) Convencional	3-4,5 m	11	280	vigas e pilares aparentes
3) Laje cogumelo sem capitel	5-6 m	16	280	Vigas de borda: pórtico e verga
4) Laje nervurada com capitel	5-6 m	23 (18+5)	293	Forro
6) Laje cogumelo protendida	6,20 m	17	280	4 pilares a menos/sem rebaixos e cortes nas lajes



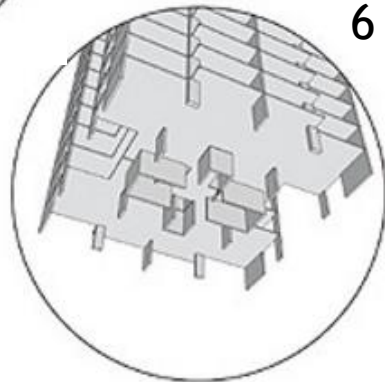
1



3



4

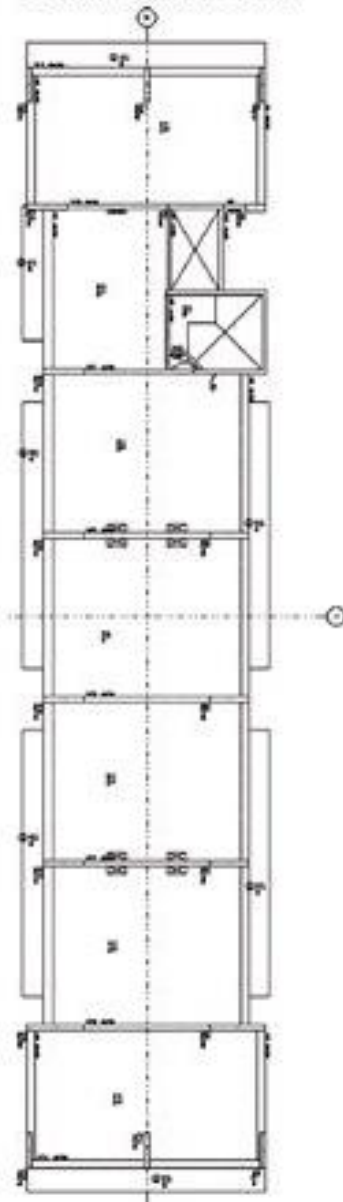


6

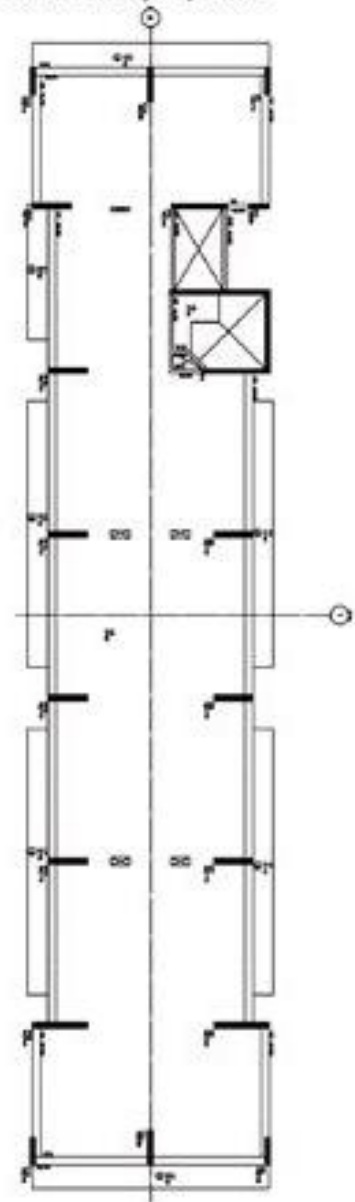
LAJES PLANAS OU LISAS

- 1) Menos superfícies de formas
- 2) Execução em torno de 20% mais rápida
- 3) Maior espessura
- 4) Possibilidade de caixilho de piso a teto
- 5) Efeito da punção
- 6) Variação de 0,5% do custo, neste caso

Sistema convencional



Sistema com lajes planas



LAJES PLANAS OU LISAS

1ª dia

Montagem dos pilares



Início da montagem dos pilares
(pavimento-tipo)

2ª dia

Pilares prontos



Pilares prontos no segundo dia

3ª dia

Montagem da fôrma da laje em alumínio



Montagem do assoalho com fôrma para lajes em alumínio

4ª dia

Bordas, arremates e tela soldada



Colocação dos arremates prontos

5ª dia

Cordoalhas



Lançamento das cordoalhas que se repetem em todos os tipos, tela soldada e CA-50/60



Fôrma para lajes em alumínio pronta no terceiro dia

LAJES PLANAS OU LISAS

- 1) $h \geq 16 \text{ cm}$
- 2) $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$
- 3) Pilares distanciados em até 8 m



Concretagem



Início e fim da concretagem no quinto dia

“PRÉ-LAJE”



- 1) Maior agilidade
- 2) Economia de 4%, para este caso
- 3) Custo fixo do canteiro elevado e, por isso, a redução do tempo de obra é importante
- 4) Custo unitário reduzido em 3,5%

Fonte: Construção e Mercado - Edição 152- março/2014

“PRÉ-LAJE”

OPÇÃO A – SISTEMA DE PRÉ-LAJE PRÉ-MOLDADA – ÁREA DE 300 M²

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
PRODUÇÃO DA PRÉ-LAJE							
Concreto de alta resistência inicial, brita 0, relação água/cimento = 0,5 de 30 MPa	m³	12,60	275,00		3.465,00		
Aço – CA50 – bitolas variadas	kg	300,00	2,70		810,00		
Treliça H6 (altura: 120 mm / armação da treliça: TR 12644 / capeamento: 4 cm / peso da treliça: 0,793 kg/m)	kg	495,00	2,95		1.460,25		
Tela de aço CA-60 soldada tipo Q-92 (diâmetro do fio: 4,20 mm / dimensões da trama: 150 x 150 mm / tipo da malha: quadrangular)	kg	1.020,00	3,33		3.396,60		
Mão de obra – Produção	m²	300,00		22,00		6.600,00	
Frete	m²	300,00		4,00		1.200,00	
MONTAGEM/CONCRETAGEM DA PRÉ-LAJE							
Concreto dosado em central bombeável, brita 0 e 1 de 20 MPa e abatimento de 10 ± 2 cm	m³	22,05	218,00		4.806,90		
Bomba de concreto, cap = 96 m³/h	m³	22,05	20,00		441,00		
Aço – CA50 – bitolas variadas	kg	450,00	2,95		1.327,50		
Mão de obra – montagem do aço	kg	450,00		1,65		742,50	
Mão de obra – montagem da pré-laje	m²	300,00		12,00		3.600,00	
Mão de obra – concretagem da pré-laje	m²	300,00		12,00		3.600,00	
Guindaste hidráulico montado sobre chassi de caminhão, diesel, cap = 70 t	dia	0,50		1.500,00		750,00	
Caminhão munck para descarregamento, cap = 12 t	dia	0,50		700,00		350,00	
Escoramento / reescoramento com escoras metálicas de 3"	m²	300,00	2,78		834,00		
REGULARIZAÇÃO DO TETO DA LAJE							
Regularização (arremates) de teto de laje	m²	283,00	0,20	0,50	56,60	141,50	
Custo Total (R\$)					16.597,85	16.984,00	33.581,85

OPÇÃO B – SISTEMA DE LAJE CONVENCIONAL – ÁREA DE 300 M²

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
FÓRMA - LAJE (utilização 7x)							
Pontalete 3 x 3"	m	273,00	4,81		1.313,13		
Sarrafo 1 x 4"	m	189,00	2,42		457,38		
Chapa compensada plastificada (esp = 17 mm)	m²	47,14	46,73		2.202,99		
Desmoldante	l	30,00	3,95		118,50		
Prego 17 x 27 com cabeça (comprimento: 62,1 mm / diâmetro da cabeça: 3,0 mm)	kg	7,50	6,50		48,75		
Mão de obra – forma (+ concretagem)	m²	300,00		26,00		7.800,00	
AÇO - LAJE							
Aço – CA50 – bitolas variadas	kg	1.569,00	2,95		4.628,55		
Arame recozido (Ø = 8 BWG / Ø = 4,19 mm / peso = 108 g/m)	kg	33,00	5,34		176,22		
Mão de obra – corte/dobra do aço	kg	1.569,00		0,40		627,60	
Mão de obra – montagem do aço	kg	1.569,00		1,65		2.588,85	
CONCRETO - LAJE							
Concreto dosado em central bombeável, brita 0 e 1 de 20 MPa e abatimento de 10 ± 2 cm	m³	31,50	218,00		6.867,00		
Bomba de concreto, cap = 96 m³/h	m³	31,50	20,00		630,00		
Escoramento com escoras metálicas de 3"	m²	300,00	6,55		1.965,00		
Reescoramento com escoras metálicas de 3"	m²	300,00	2,55		765,00		
REGULARIZAÇÃO DO TETO DA LAJE (30%)							
Chapisco com argamassa de cimento e areia traço 1:3	m²	84,90	0,35	3,50	29,72	297,15	
Emboço em teto com argamassa branca usinada (cal hidratada e areia) com adição de cimento em obra traço 1:8 (cimento:argamassa branca), e = 10 mm	m²	84,90	1,13	18,00	95,94	1.528,20	
CUSTO INDIRETO							
Diferença do custo indireto do canteiro (prazo de obra maior)	vb	1,00		2.700,00		2.700,00	
Custo Total (R\$)					19.298,17	15.541,80	34.839,97

