



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ENGENHARIA CIVIL**

ÂNGELO FERREIRA DUTRA

**PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA LAJE COM A UTILIZAÇÃO DE PRÉ-LAJES
(PRÉ-MOLDADO)**

**FORTALEZA
2021**

ÂNGELO FERREIRA DUTRA

PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA LAJE COM A UTILIZAÇÃO DE PRÉ-LAJES.
(PRÉ-MOLDADO)

Artigo TCC apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação do professor Dr. Adriano Sampaio Lima

FORTALEZA

2021

ÂNGELO FERREIRA DUTRA

PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA LAJE COM A UTILIZAÇÃO DE PRÉ-LAJES
(PRÉ-MOLDADO)

Artigo TCC apresentado no dia 08 de dezembro de 2021, ao Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO, obtendo aprovação conforme à banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Adriano Sampaio Lima
Orientador - Centro Universitário Fametro

Profº. Dr. José Bruno Rego de Mesquita
Membro - Centro Universitário Fametro

Profº. Ms. Raul Monte dos Anjos
Membro Externo - Universidade Federal do Ceará

DEDICATÓRIA

Esta obra é dedicada aos meus pais Ildemar Lourenço Dutra (*IN MEMORIAM*) e Luzia Ferreira Butrago. Pais amorosos, porém, firmes e dedicados, que se esforçaram em proporcionar a mim e a meu irmão, apesar das dificuldades, a melhor educação possível, sem a qual eu não teria conseguido chegar até aqui, onde sempre batalharam para nos dar a educação necessária. A luta de vocês, foi recompensada.

AGRADECIMENTOS

Aprendemos que na vida, não conquistamos batalhas sozinhos, pois, é necessário o apoio de pessoas que amamos e outras especiais que admiramos, para a conquista dos desafios. Posto isso, não poderia deixar de agradecer as pessoas que tornaram esta fase da minha vida, mais inspiradora.

À Deus, maravilhoso e onipotente por guiar-me sempre aos melhores caminhos, além de dar-me força, perseverança e objetivo.

Aos meus pais, Ildemar Lourenço Dutra (*IN MEMORIAM*) e Luzia Ferreira Butrago, por toda dedicação, zelo e amor em todos os dias da minha vida, mostrando-me o que realmente vale a pena neste milésimo de segundo que é a vida, a luta de vocês foi recompensada.

A meu orientador, Professor Adriano Sampaio pela atenção, paciência e apoio em todas as horas, ajudando na construção deste trabalho, meus respeitos e admiração.

A todos os professores do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO, que sempre se dedicaram a transmitir os seus valiosos conhecimentos, minhas homenagens e respeitos.

A todos os meus amigos colegas de turma, que dividiram comigo momentos e sentimentos neste processo de formação acadêmica, em especial os senhores Bruno Rodrigues, Gladson Henrique, Hergilson Oliveira e Ravde Farias, verdadeiros colegas e parceiros, amizade para todo o sempre, meu carinho e afeição.

Aos membros da banca, que se mostram dispostos a contribuir positivamente para o desenvolvimento deste trabalho, minhas considerações e respeitos.

E a todos que direta ou indiretamente me deram suporte para a elaboração desta pesquisa, meu muito obrigado.

“Grandes feitos nunca vieram da zona de conforto.”

Autor Desconhecido.

PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA LAJE COM A UTILIZAÇÃO DE PRÉ-LAJES (PRÉ-MOLDADO)

¹Angelo Ferreira Dutra

²Adriano Sampaio Lima

RESUMO

O presente estudo tem como principal objetivo a discussão acadêmica, visando retratar de maneira eficaz, o método construtivo de uma laje com a utilização pré-lajes. Com a crescente inovação no mercado da construção civil, sempre visando maior economicidade de seus recursos, o uso de lajes pré-moldadas vem sendo cada vez mais utilizada, em virtude da significativa redução na quantidade de recursos utilizados em sua confecção em relação a outros métodos anteriormente usados. Os estudos partem da premissa que, em meio as inovações e a industrialização da construção civil, pode-se aprimorar novas tecnologias, uma delas seria a utilização das telas soldadas, onde estas podem diminuir os desperdícios do aço, aumentando a produtividade e a qualidade das armaduras, devido sua apresentação em painéis, como também sua facilidade na inspeção e conferência da peça. Procurar-se-á traçar um paralelo entre fundamentação e relevância, dessa tecnologia, sem se descuidar de que cabe ao engenheiro estrutural decidir qual sistema será utilizado na edificação, obedecendo as particularidades do projeto e os prazos do cronograma. Serão apresentadas as principais vantagens, bem como, as possíveis desvantagens deste sistema construtivo. A metodologia da pesquisa adotada será fundamentada no modo descritivo-analítico, desenvolvida na forma quanto ao tipo bibliográfica, baseada em artigos acadêmicos, reportagens, revistas relacionadas ao tema, livros, sem se descuidar na coleta de dados e diversas informações de projetos, no próprio canteiro de obras, obtendo informações práticas necessárias para elaboração e confecção deste trabalho. Posto isto, com o presente estudo, poderá se ter uma noção do quanto é vantajoso a utilização de pré-lajes com telas eletrosoldadas.

Palavras-chave: telas eletrosoldadas. pré-lajes. Construção Civil. Método Construtivo.

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil, pelo Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO.

² Prof^o. Orientador do curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO.

ABSTRACT

The present study has as its main objective the academic discussion, to complement effectively portray the constructive method of a slab with the use of pre-slabs. With the growing innovation in the civil construction market, always prior to greater economy of resources, the use of precast slabs has been increasingly taking advantage of, due to the reduction in the amount of resources used in its configuration compared to other methods previously used. The studies start from the premise that, amidst the innovations and industrialization of civil construction, new technologies can be improved, one of which would be the use of welded meshes, where they can reduce steel waste, increase productivity and the quality of armatures, due to its presentation in panels, as well as its easiness in the permission and verification of the piece. An attempt will be made to draw a parallel between foundation and production, of this technology, without neglecting that it is up to the structural engineer to decide which system will be used in the building, obeying the particularities of the project and the deadlines of the schedule. Will assume the main advantages, as well as the possible disadvantages of this constructive system. The research methodology adopted will be based on the descriptive-analytical mode, developed in the bibliographical type, based on academic articles, reports, magazines related to the topic, books, without neglecting the collection of data and various project information, in the construction site, obtaining mandatory information for education and preparation of this work. Having said that, with the present study, it is possible to have a notion of how advantageous the use of pre-slabs with electrowelded mesh is.

Keywords: electrowelded screens; pre-slabs; Construction; Constructive Method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: PISTA DE MONTAGEM DAS PRÉ-LAJES	15
FIGURA 2: ARMADURA DA PRÉ-LAJE	17
FIGURA 3: CARACTERÍSTICAS DAS TELAS	18
FIGURA 4: PLANO DE CORTE	20
FIGURA 5: ARMADURA DO CAPEAMENTO	21
FIGURA 6: EXEMPLO DA INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES ELÉTRICAS	22
FIGURA 7: EXEMPLO DO DISPOSITIVO DE IÇAMENTO	22
FIGURA 8: EXEMPLOS DE DISPOSITIVOS INTERNOS PARA O MANUSEIO DOS ELEMENTOS	23
FIGURA 9: EXEMPLO DE ESCORAMENTO DO CORREDOR	24
FIGURA 10: ADENSAMENTO DA PRÉ-LAJE	26
FIGURA 11: ADENSAMENTO DA CAPA DO CONCRETO	26
FIGURA 12: FORMAS DE REALIZAR A DESMOLDAGEM	28
FIGURA 13: DESMOLDAGEM DA PRÉ-LAJE	28
FIGURA 14: ARMAZENAMENTO DAS PRÉ-LAJES	29
FIGURA 15: MONTAGEM DAS PRÉ-LAJES	30
FIGURA 16: TETO DA SALA	31

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: CARACTERÍSTICAS DAS FORMAS EM FUNÇÃO DO MATERIAL UTILIZADO.....	16
QUADRO 2: REUTILIZAÇÃO DE FORMAS.....	16

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TELAS SOLDADAS NERVURADAS PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO... 19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	METODOLOGIA	14
2.1	Fôrmas	15
2.2	Armadura	17
2.3	Instalações	21
2.4	Dispositivos auxiliares para manuseio	22
2.5	Concretagem	23
2.6	Escoramento	24
2.7	Adensamento	25
2.8	Cura	26
2.9	Desmoldagem	27
2.10	Armazenamento	29
2.11	Montagem das Pré-Lajes	29
3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DESTE SISTEMA CONSTRUTIVO	30
3.1	Vantagens	30
3.2	Desvantagens	31
4	CONCLUSÃO	32
5	SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil vem evoluindo suas tecnologias e métodos construtivos a cada dia que passa, sempre buscando dar mais celeridade aos seus processos produtivos, na busca de mais economia de materiais e tempo de mão de obra.

Destaca-se que o uso de tais modalidades construtivas, sempre visam a maior economia possível no uso de seus recursos, onde o uso de lajes pré-moldadas passa a ser cada vez mais utilizada, dada a significativa redução do uso de aço e da mão de obra em comparação a outros métodos já utilizados.

Deste modo, obtém-se uma considerada redução no gasto com aço e concreto, o que denota que tal método surge com aspectos, além de mais práticos, também resultados positivos economicamente. Em meio as tantas inovações na industrialização da construção civil, o aprimoramento da nova tecnologia da utilização da tela soldada, podem diminuir os desperdícios do aço, o que resulta no aumento da produtividade e a qualidade das armaduras, devido sua apresentação em painéis, como também sua facilidade na inspeção e conferência da peça.

Nos sistemas que utilizam peças pré-fabricadas vimos um grande avanço, mesmo que o setor da Construção Civil seja considerado atrasado perante aos outros setores.

El Debs (2000) fala “que ao compararmos a outros setores como aeronáutico e o automobilístico, a construção civil é considerada atrasada, devido principalmente a baixa produtividade, desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade”.

O mundo passa por um momento delicado, assim, devido a pandemia do covid-19, podemos observar que temos a real necessidade de escolher o método construtivo mais adequado, por este motivo o sistema construtivo com a utilização de telas eletrosoldadas, surge como uma boa opção. (REGAL e TELES, 2019)

Nesta modalidade construtiva de laje, na maioria das vezes é utilizada para pequenos e médios compartimentos, onde se utiliza cargas menores.

Destaca-se, porém, que estes elementos construtivos, por apresentarem comprimento limitado, não devem ser utilizados em determinados tipos de

projetos, daí a ressalva que, cabe ao engenheiro estrutural decidir qual sistema será utilizado na edificação, obedecendo as particularidades do projeto e os prazos do cronograma da construção.

Os elementos estruturais pré-moldados ou pré-fabricados surgem como soluções da engenharia, de forma sustentável dada a redução no desperdício de tempo, material e de energia no processo de fabricação, permitindo um controle mais rigoroso da produção.

Assim, faz-se necessário comentar a diferença da estrutura pré-moldada para com a pré-fabricada, conforme se obtém a normatização na NBR 9062. A referida norma tem como definição para pré-moldado, como: elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade. Já para o elemento pré-fabricado, tem-se como o pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Destaca-se, entretanto, que para potencializar as vantagens do concreto pré-moldado, a sua estrutura deva ser armada conforme as especificações constantes no projeto original, aplicando-se um padrão adequado para obter a estabilidade correta.

Levando-se em conta o projeto, a fabricação e a construção em si, os elementos estruturais pré-fabricados, demandam ter expertise e conhecimento técnico, que possibilitem sua utilização de forma correta. Posto isto, se obtém que, não é qualquer engenharia que estaria apta a trabalhar e desenvolver esse elemento construtivo.

Conforme (RIVERA, 2005), a forma, o projeto, fabricação e execução de estruturas pré-fabricadas exigem fortes conhecimentos de engenharia e investimentos robustos no domínio dessa tecnologia, com ênfase nas fases de concepção e cálculo estrutural, além do controle da qualidade dos materiais empregados, em especial, o concreto que precisa sofrer controle rigoroso do processo de mistura (traço), com emprego de aditivos e cimentos especiais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo apresentar o processo construtivo de uma laje com a utilização de pré-lajes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Relatar as etapas do processo construtivo das pré-lajes;
- Identificar as principais vantagens da utilização das pré-lajes;
- Apresentar as possíveis desvantagens deste sistema construtivo:

2 METODOLOGIA

Este trabalho contemplara as etapas para a confecção de uma laje com a utilização de pré-lajes pré-fabricadas, sendo estas armadas com telas soldadas.

Segundo a NBR 6118(2014), são denominadas lajes estruturais, quando são “elementos de superfície plana sujeitos principalmente a ações normais do seu plano”.

Segundo El Debs (2000), as estruturas de concreto pré-moldado, exigem um processo de produção com diversas etapas bem definidas, desde de sua execução, passando pelo seu transporte e montagem, até a sua ligação definitiva. Essas fases irão apresentar as situações mais criticas para os elementos estruturais destes tipos de estrutura.

Conforme está descrito na NBR 9062:2017, o que define elementos pré-fabricados, são aqueles que são confeccionados industrialmente em locais apropriados, por uma equipe qualificada e tendo todos os ensaios tecnológicos exigidos, sendo estas peças levados para seu local de aplicação definido, apenas depois de prontos.

Segundo a NBR 14859-1 (2016), fala que as lajes pré-fabricadas como sendo elementos planos estruturais, constituídos por elementos pré-fabricados, possuindo materiais inertes de enchimento e/ou de forma permanente, armadura e

concreto, podendo ser maciça, nervurada unidirecional ou nervurada bidirecional, capaz de vencer vãos e suportar carregamentos.

2.1 Fôrmas

As fôrmas para a moldagem das pré-lajes são feitas em local plano, afim de garantir seu nivelamento, sendo neste local confeccionado um piso em concreto polido, com isso dar o melhor acabamento no fundo da pré-laje, laterais feitas com cantoneiras de ferro, para aumentar a quantidade das reutilizações. Este local é denominado pista de montagem, no qual poderá ter o tamanho de acordo com a necessidade da obra. Na Figura 1 apresenta a pista de montagem do local de estudo.

Figura 1: Pista de montagem das pré-lajes



Fonte: Próprio autor

Para El Debs (2000) comenta que para a escolha do material das formas devemos levar vários fatores em consideração, tais como o acabamento superficial, tolerância, dimensões e formas dos elementos, tipo de adensamento a cura e o número de reutilizações. No Quadro 1 apresenta as características das fôrmas em função do material utilizado.

Quadro 1: Características das formas em função do material utilizado

Características	Aço	Madeira	Concreto	Plástico
Constância Volumétrica	Boa	Ruim	Boa	Boa
Aderência	Boa	Regular	Ruim	Boa
Manuseio	Boa	Boa	Ruim	Boa
Possibilidade de Transporte	Boa	Boa	Ruim	Ruim
Facilidade de Transporte	Boa	Boa	Ruim	Boa

Fonte: El Debs (2000)

El Debs (2000) comenta que as fôrmas de aço e de madeira são as mais utilizadas, sendo a metálica com maior custo. Para vermos qual o material mais vantajoso na execução do processo de pré-fabricados, é apresentado no Quadro 2 o número de reutilizações de cada material permite.

Quadro 2: Reutilização de formas

Tipo de Material		Número de Reutilizações
Madeira não tratada	Sem tratamento térmico	40-80
	Com tratamento térmico	20-30
Madeira tratada ¹	Sem tratamento térmico	80-120
	Com tratamento térmico	30-80
Madeira revestida de chapa ²	Sem tratamento térmico	80-150
	Com tratamento térmico	30-80
Concreto		100-300
Plástico reforçado com fibra de vidro		80-400
Formas de aço desmontáveis		500-800
Formas de aço não desmontáveis		800-1200
¹ Inclui o uso de chapas de madeira compensada.		
² Revestimento de chapa de aço de 0,3 a 0,5 mm de espessura		

Fonte: El Debs (2000)

Segundo Azeredo (1997), devem ser levados em consideração os seguintes requisitos para a confecção das fôrmas de concreto armado:

- 1) Devem ter determinada resistência ao ponto de não se deformar na ação de pequenos esforços;
- 2) Devem obedecer rigorosamente às dimensões indicadas no projeto;
- 3) Não devem possuir nenhum vazamento, para que não possa haver nenhuma perda de cimento pelo arrasto da água, caso existe alguma fissura;
- 4) Devem ser confeccionadas em um formato que facilite a retirada dos elementos mais facilmente e sem choques;
- 5) Devem ser projetadas e construídas, com materiais que permitam o maior número de reutilizações possíveis:

2.2 Armadura

Na confecção do concreto armado das pré-lajes é utilizado as telas soldadas previamente cortadas, estas acarretam maior agilidade na execução, e melhor qualidade nas peças pré-fabricadas. A Figura 2 apresenta a armadura da pré-laje dentro da fôrma para ser concretada, como também o detalhe das passagens das instalações sanitárias, instalações elétricas e shaft.

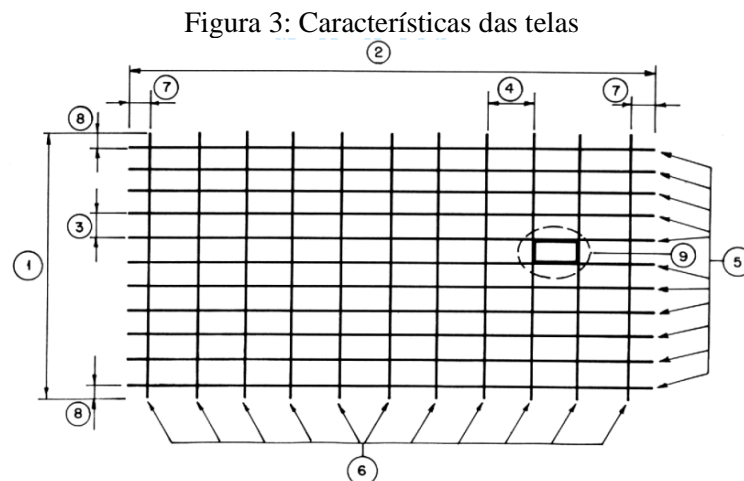
Figura 2: Armadura da pré-laje



Fonte: Próprio autor

Azeredo (1997) comenta que é realizado a associação do aço ao concreto com o intuito de melhorar a resistência desse a determinados tipos de esforços. Foi possível essa associação devido ao fato de existir uma boa aderência entre estes materiais, pois ambos possuem coeficientes de dilatação térmica bem parecidos e o concreto ainda serve de proteção a oxidação do aço.

As telas soldadas, são armaduras pré-fabricadas com a utilização de barras ou fios de aço para uma estrutura de concreto, segundo a NBR 7480 (2007), soldadas em todos os pontos de cruzamento (nós) por meio de corrente elétrica que chamamos de caldeamento e devem estar de acordo com a NBR 7481 (1991), que rege todas suas especificações. A Figura 3 apresenta as características das telas.



Fonte: NBR 7481(2007)

Onde:

- | | |
|---|---|
| (1) Largura, (m) | (6) Ø_t - diâmetro dos fios transversais, (mm) |
| (2) Comprimento, (m) | (7) f_1 - franjas longitudinais, (cm) |
| (3) C_1 - espaçamento entre os fios longitudinais, (cm) | (8) f_t - franjas transversais, (cm) |
| (4) C_t - espaçamento entre os fios transversais, (cm) | (9) malha, cm x cm |
| (5) Ø_1 - diâmetro dos fios longitudinais, (mm) | |

O Instituto Brasileiro de Tela Soldadas - IBTS, padroniza as telas pela sua largura, comprimento, bitola e espaçamento, na qual formam uma seção de aço por metro linear. As designações das telas, estão relacionadas de acordo com o tipo da

tela, sendo esses (Q, R, M, L e T) e sua seção de aço por metro linear. Na Tabela 1 podemos observar as especificações detalhadamente.

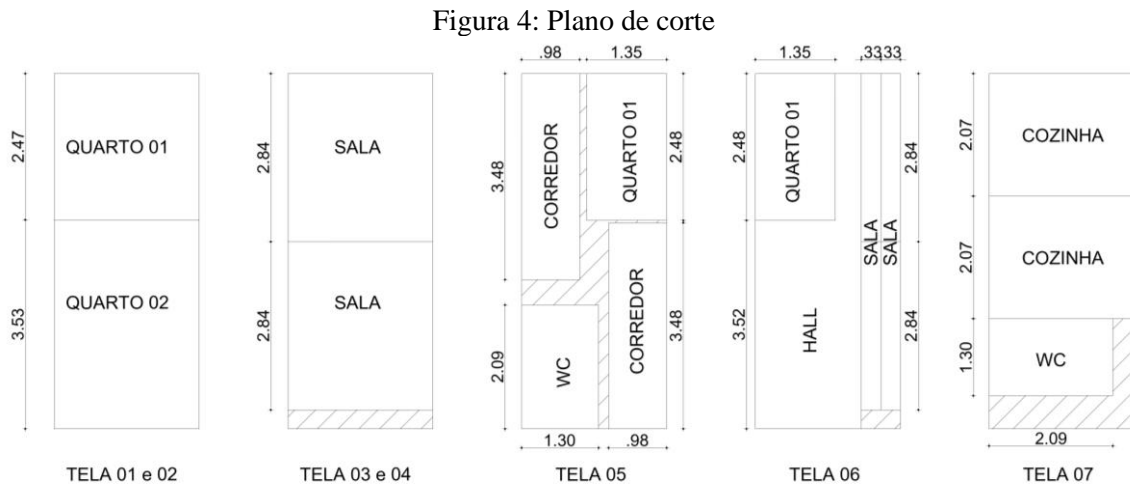
Tabela 1: Telas Soldadas Nervuradas para Estrutura de Concreto Armado

Série	Aço CA 60 Designação	Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm ² /m)		Apresentação	Dimensões (m)		Peso	
		Long. x Transv.	Long. x Transv.	Long. x Transv.	Long. x Transv.	Larg. x Compr.	kg/m ²		kg/peça			
61	Q 61	15 x 15	3,4 x 3,4	0,61 x 0,61	PAINEL	2,45 x 6,00	0,97	14,3				
75	Q 75	15 x 15	3,8 x 3,8	0,75 x 0,75	PAINEL	2,45 x 6,00	1,21	17,8				
92	Q 92	15 x 15	4,2 x 4,2	0,92 x 0,92	PAINEL	2,45 x 6,00	1,48	21,8				
	T 92	30 x 15	4,2 x 4,2	0,46 x 0,92	PAINEL	2,45 x 6,00	1,12	16,5				
113	Q 113	10 x 10	3,8 x 3,8	1,13 x 1,13	PAINEL	2,45 x 6,00	1,80	26,5				
	L 113	10 x 30	3,8 x 3,8	1,13 x 0,38	PAINEL	2,45 x 6,00	1,21	17,8				
	T 113	30 x 10	3,8 x 3,8	0,38 x 1,13	PAINEL	2,45 x 6,00	1,22	17,9				
138	Q 138	10 x 10	4,2 x 4,2	1,38 x 1,38	PAINEL	2,45 x 6,00	2,20	32,3				
	R 138	10 x 15	4,2 x 4,2	1,38 x 0,92	PAINEL	2,45 x 6,00	1,83	26,9				
	M 138	10 x 20	4,2 x 4,2	1,38 x 0,69	PAINEL	2,45 x 6,00	1,65	24,3				
	L 138	10 x 30	4,2 x 4,2	1,38 x 0,46	PAINEL	2,45 x 6,00	1,47	21,6				
	T 138	30 x 10	4,2 x 4,2	0,46 x 1,38	PAINEL	2,45 x 6,00	1,49	21,9				
159	Q 159	10 x 10	4,5 x 4,5	1,59 x 1,59	PAINEL	2,45 x 6,00	2,52	37,0				
	R 159	10 x 15	4,5 x 4,5	1,59 x 1,06	PAINEL	2,45 x 6,00	2,11	31,0				
	M 159	10 x 20	4,5 x 4,5	1,59 x 0,79	PAINEL	2,45 x 6,00	1,90	27,9				
	L 159	10 x 30	4,5 x 4,5	1,59 x 0,53	PAINEL	2,45 x 6,00	1,69	24,8				
196	Q 196	10 x 10	5,0 x 5,0	1,96 x 1,96	PAINEL	2,45 x 6,00	3,11	45,7				
	R 196	10 x 15	5,0 x 5,0	1,96 x 1,30	PAINEL	2,45 x 6,00	2,60	38,2				
	M 196	10 x 20	5,0 x 5,0	1,96 x 0,98	PAINEL	2,45 x 6,00	2,34	34,4				
	L 196	10 x 30	5,0 x 5,0	1,96 x 0,65	PAINEL	2,45 x 6,00	2,09	30,7				
	T 196	30 x 10	5,0 x 5,0	0,65 x 1,96	PAINEL	2,45 x 6,00	2,11	31,0				
246	Q 246	10 x 10	5,6 x 5,6	2,46 x 2,46	PAINEL	2,45 x 6,00	3,91	57,5				
	R 246	10 x 15	5,6 x 5,6	2,46 x 1,64	PAINEL	2,45 x 6,00	3,26	47,9				
	M 246	10 x 20	5,6 x 5,6	2,46 x 1,23	PAINEL	2,45 x 6,00	2,94	43,2				
	L 246	10 x 30	5,6 x 5,6	2,46 x 0,82	PAINEL	2,45 x 6,00	2,62	38,5				
	T 246	30 x 10	5,6 x 5,6	0,82 x 2,46	PAINEL	2,45 x 6,00	2,64	38,8				
283	Q 283	10 x 10	6,0 x 6,0	2,83 x 2,83	PAINEL	2,45 x 6,00	4,48	65,9				
	R 283	10 x 15	6,0 x 6,0	2,83 x 1,88	PAINEL	2,45 x 6,00	3,74	55,0				
	M 283	10 x 20	6,0 x 6,0	2,83 x 1,41	PAINEL	2,45 x 6,00	3,37	49,5				
	L 283	10 x 30	6,0 x 6,0	2,83 x 0,94	PAINEL	2,45 x 6,00	3,00	44,1				
	T 283	30 x 10	6,0 x 6,0	0,94 x 2,83	PAINEL	2,45 x 6,00	3,03	44,5				
335	Q 335	15 x 15	8,0 x 8,0	3,35 x 3,35	PAINEL	2,45 x 6,00	5,37	78,9				
	L 335	15 x 30	8,0 x 6,0	3,35 x 0,94	PAINEL	2,45 x 6,00	3,48	51,2				
	T 335	30 x 15	6,0 x 8,0	0,94 x 3,35	PAINEL	2,45 x 6,00	3,45	50,7				
396	Q 396	10 x 10	7,1 x 7,1	3,96 x 3,96	PAINEL	2,45 x 6,00	6,28	92,3				
	R 396	10 x 15	7,1 x 7,1	3,96 x 2,64	PAINEL	2,45 x 6,00	5,24	77,0				
	M 396	10 x 20	7,1 x 7,1	3,96 x 1,98	PAINEL	2,45 x 6,00	4,73	69,5				
	L 396	10 x 30	7,1 x 6,0	3,96 x 0,94	PAINEL	2,45 x 6,00	3,91	57,5				
	T 396	30 x 10	6,0 x 7,1	0,94 x 3,96	PAINEL	2,45 x 6,00	3,92	57,6				
503	Q 503	10 x 10	8,0 x 8,0	5,03 x 5,03	PAINEL	2,45 x 6,00	7,97	117,2				
	R 503	10 x 15	8,0 x 8,0	5,03 x 3,35	PAINEL	2,45 x 6,00	6,66	97,9				
	M 503	10 x 20	8,0 x 8,0	5,03 x 2,51	PAINEL	2,45 x 6,00	6,00	88,2				
	L 503	10 x 30	8,0 x 6,0	5,03 x 0,94	PAINEL	2,45 x 6,00	4,77	70,1				
	T 503	30 x 10	6,0 x 8,0	0,94 x 5,03	PAINEL	2,45 x 6,00	4,76	70,0				
636	Q 636	10 x 10	9,0 x 9,0	6,36 x 6,36	PAINEL	2,45 x 6,00	10,09	148,3				
	L 636	10 x 30	9,0 x 6,0	6,36 x 0,94	PAINEL	2,45 x 6,00	5,84	85,8				
785	Q 785	10 x 10	10,0 x 10,0	7,85 x 7,85	PAINEL	2,45 x 6,00	12,46	183,2				
	L 785	10 x 30	10,0 x 6,0	7,85 x 0,94	PAINEL	2,45 x 6,00	7,03	103,3				

Telas especiais (bitola, espaçamento, franja e/ou dimensão diferente das telas padronizadas acima): sob consulta.

Fonte: ARCELOR MITTAL

Para um melhor aproveitamento das telas soldadas, deve ser elaborado um plano de corte. A figura 4 apresenta um exemplo de plano de corte para o melhor aproveitamento das telas, deste modo diminuimos as perdas das telas.



Fonte: Próprio autor

As partes das telas que não são utilizados para as pré-lajes, deverão ser utilizados em outras peças pré-fabricadas dentro do canteiro, tais como tampas de caixas de inspeção, assim reduzindo cada vez mais o desperdício.

O Instituto Brasileiro de Telas Soldadas – IBTS (1990), ainda relata as seguintes vantagens das telas soldadas perante as armaduras convencionais:

- 1) Devido o fornecimento do aço na categoria CA-60 até a bitola de 9,0 mm, pode-se gerar uma redução no consumo de até 17% devido à resistência de escoamento dos fios;
- 2) Apresentação das telas soldadas em painéis, diminuindo das perdas;
- 3) Facilidade e agilidade na hora da conferência da armadura;
- 4) Devido os fios serem soldados em todos os pontos de cruzamento, resulta em uma armação de qualidade;
- 5) Diminuir o trabalho com a amarração com o arame recozido, assim diminuindo o erro na hora da confecção da armadura;
- 6) Melhor aderência do concreto, devido principalmente pelo nó soldado:

O concreto do capeamento da laje também leva como armadura a tela eletrosoldada, tendo esta a função de armadura negativa da laje. A Figura 5 apresenta esta armadura.

Figura 5: Armadura do capeamento



Fonte: Próprio autor

As armaduras do capeamento devem ser colocadas em cima das pré-lajes, obedecendo os requisitos da NBR 14931 (2004), que recomenda que as armaduras devem ser posicionadas seguindo as especificações do projeto, de uma forma que no momento do lançamento do concreto do capeamento a armadura se mantenha inalterada. Ainda comenta que para garantir o cobrimento especificado no projeto, se deve utilizar espaçadores ou dispositivos adequados. Estes espaçadores podem ser de diferentes materiais, como concreto, plástico ou argamassa.

2.3 Instalações

Antes da concretagem do capeamento são instalados os eletrodutos sobre as pré-lajes, para que sejam cobertos pela camada de concreto.

Como também são deixados espaços para passagem das tubulações hidrossanitárias.

Figura 6: Exemplo da instalação das tubulações elétricas



Fonte: Próprio autor

2.4 Dispositivos auxiliares para manuseio

Na armadura da pré-laje deve ser implementado um dispositivo do tipo laço, para facilitar sua movimentação dentro do canteiro. A Figura 7 apresenta este dispositivo.

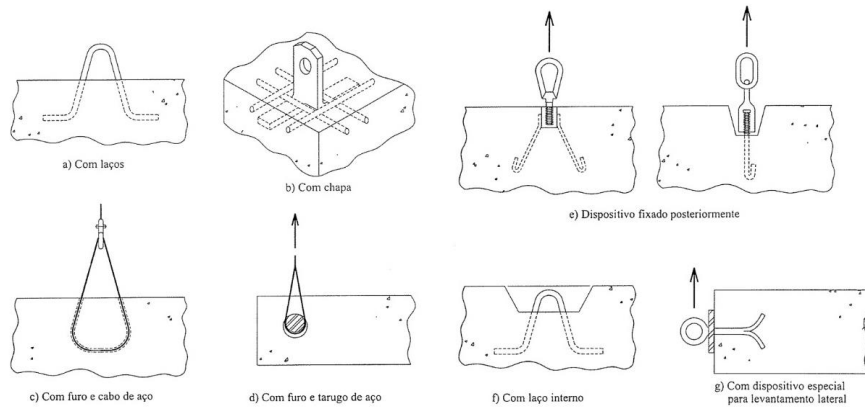
Figura 7: Exemplo do dispositivo de içamento



Fonte: Próprio autor

El Debs (2000) destaca que para a movimentação das peças pré-moldadas devemos implementar dispositivos que possam auxiliar no içamento dos mesmos. Estes dispositivos podem ser chapas chumbadas ou laços, orifícios, argolas rosqueadas posteriormente ou algum tipo de dispositivo especial. A figura 8 apresenta alguns exemplos.

Figura 8: Exemplos de dispositivos internos para o manuseio dos elementos



Fonte: El Debs (2000)

2.5 Concretagem

Conforme a NBR 14931 (2004), cita que o concreto utilizado na concretagem das pré-lajes deve obedecer às especificações do projeto, com a resistência e características, adequadas.

A NBR 14931 (2004), ainda define alguns cuidados a serem tomados.

- 1) Inspeccionar as dimensões das formas, para assegurar a geometria das peças concretadas como da estrutura como um todo;
- 2) Realizar a limpeza da superfície, evitando qualquer contaminação do concreto;
- 3) Verificar as condições das juntas de estanqueidade, para evitar a perda da pasta;
- 4) Verificar a montagem e o posicionamento dos espaçadores, para garantir o cobrimento da armadura;
- 5) Aplicar desmoldante para facilitar a desmoldagem da peça concretada, atentar para não contaminar o concreto:

De acordo com Barros e Melhado (1998), independentemente da origem do concreto (usinado ou produzido dentro da obra) utilizado na concretagem do capeamento ou das pré-lajes, este deverá ser controlado antes do seu lançamento, com a utilização de ensaios comuns, como “slump-test” e o controle de sua resistência a compressão (fck). Depois dos ensaios, esses devem ser levados até a concretagem.

2.6 Escoramento

A NBR 15696 (2009), comenta que estruturas provisórias de escoramento devem ser capazes de resistir e transmitir as bases de apoio, todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas verticais e horizontais, até o concreto se tornar autoportante.

Conforme Carvalho e Figueiredo Filho (2007) o escoramento deve ser composto por pontaletes e “guias mestres” (tábuas), nas quais deverão ser postas no espelho. Deve-se colocar as contra flechas, quando necessário.

Figura 9: Exemplo de escoramento do corredor



Fonte: Próprio Autor

2.7 Adensamento

O Adensamento deve ser conforme dito na NBR 9062 (2017) o concreto deverá ser adensado por meio da vibração, prensagem ou centrifugação, deve ser um processo cuidadoso pois deve preencher todos os espaços da forma. Durante o processo da concretagem devemos tomar certos cuidados para que formem ninhos ou que haja alguma segregação dos materiais.

El Debs (2000) comenta que o adensamento é uma atividade importante na execução da peça pré-moldada, pois implica na qualidade do concreto e na produtividade do processo. O autor ainda comenta que se procura utilizar concretos com resistência mais elevada comparados com os convencionais. Assim, com concretos com menores relações água/cimento, deste como com menores índices de consistência.

Yazigi (2009), comenta que são necessários apenas quinze segundos para adensar a área com o vibrador, caso o tempo de vibração seja excessivo ocorrerá a segregação dos materiais do concreto. Além disso, deve-se tomar o cuidado para evitar o contato do vibrador com a fôrma e a armadura.

Segundo Azeredo (1997) o adensamento do concreto tem como objetivo deslocar com esforços os agregados que compõem, assim obrigando as partículas a ocuparem os espaços vazios, liberando o ar do material. Este processo pode ser por meio de socamento, mecânico ou manual. Ainda conforme o autor, a vibração do concreto possibilita a desaeração, como também dá mais fluidez ao concreto, sem a necessidade da adição da água.

As pré-lajes, e o concreto do capeamento deste estudo de caso são adensadas em forma de vibração, com a utilização de uma régua vibratória, tendo em vista a sua pouca espessura. As Figuras 10 e 11 apresentam os adensamentos sendo executados.

Figura 10: Adensamento da Pré-Laje



Fonte: Próprio Autor

Figura 11: Adensamento da capa do concreto



Fonte: Próprio Autor

2.8 Cura

O procedimento de cura ocorre nas etapas de pré-laje quanto na etapa da cura da capa de concreto.

Segundo Bauer (2009), a cura do concreto é um conjunto de procedimentos para evitar a evaporação da água utilizada na mistura, pois esta tem a função de reagir com o cimento, assim hidratando-o. Este processo melhora a resistência mecânica a ruptura como também ao desgaste, impermeabilidade e resistência a ataques de possíveis agente agressivos. Outro fator importante para hidratação da peça e para evitar a retração, assim evitando a formação de fissuras de retração, onde essas podem comprometer a permeabilidade do concreto.

Freire (2001), comenta que a cura do concreto poderá ser realizada pelos métodos de represamento, imersão, por aspersão de água, utilização de revestimento saturado de água ou aplicação de filtro impermeável. O autor ainda comenta que todos as faces do concreto necessitam em cura, mas, geralmente é realizada apenas na face superior da laje.

2.9 Desmoldagem

Conforme a NBR 9062 (2017) cita que a desmoldagem deverá ser de uma forma que não danifique a peça concretada, mantendo o ângulo de saída, ter as laterais livres para remoção e com os cantos chanfrados ou arredondados. Em casos que se utiliza antiaderentes (desmoldantes), estes não podem existir qualquer reação química com o concreto e não deve entrar em contato com a armadura.

El Debs (2000) fala que a desmoldagem depende basicamente da fôrma, sendo elas dos tipos:

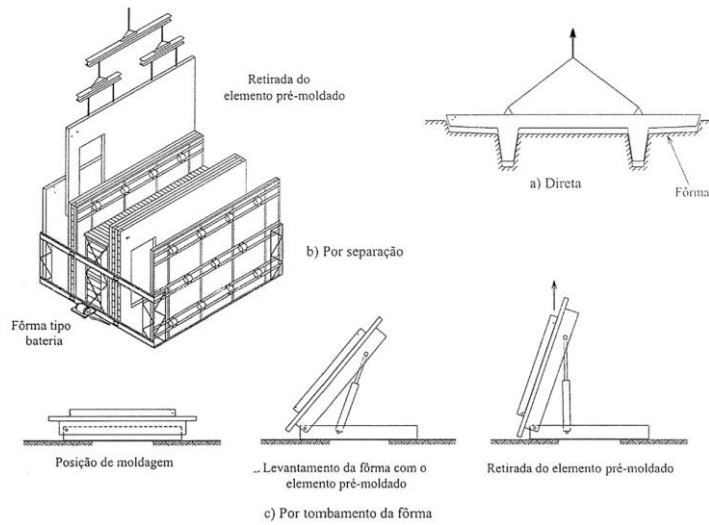
Direta – Neste caso a peça e retirada por levantamento, com a retirada ou não de partes laterais da fôrma;

Por separação dos elementos – Neste caso às fôrmas do tipo bateria utilizadas na execução de painéis;

Por tombamento da fôrma – Neste caso, a peça é concretada de forma horizontal, onde na hora da desforma a peça e coloca na posição vertical para a desmontagem sendo mediante o tombamento da mesma.

A Figura 12 apresenta as formas para realizar a desmoldagem.

Figura 12: Formas de realizar a desmoldagem



Fonte: El Debs (2000)

Nas pré-lajes utilizamos a desmoldagem pela forma direta, com a utilização de guindaste acoplado em caminhão, conforme a figura 13.

Figura 13: Desmoldagem da pré-laje



Fonte: Próprio Autor

2.10 Armazenamento

Segundo a NBR 9062 (2017), os elementos pré-moldados devem ser armazenados em local plano e firme, tendo suas peças dispostas sobre apoios. As peças podem ser colocadas em pilhas, desde de que não haja contato entre as superfícies dos dois elementos.

Figura 14: Armazenamento das Pré-Lajes



Fonte: Próprio Autor

2.11 Montagem das Pré-Lajes

Para a montagem dos elementos pré-fabricados devem ser utilizados maquinários para a realização desse içamento. El Debs (2000), cita que podem ser grua de torre, grua de pórtico, autogruas ou guindastes acoplado em caminhões. A figura 9 mostra a montagem com o auxílio de caminhão com guindaste acoplado utilizado na desforma e montagem das pré-lajes.

Figura 15: Montagem das pré-lajes



Fonte: Próprio Autor

3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DESTE SISTEMA CONSTRUTIVO

3.1 Vantagens

Rivera (2005) comenta algumas das vantagens em comum entre pré-Moldados e Pré-Fabricados:

- 1) Execução da obra em curto prazo;
- 2) Custo da mão de obra e manutenção mais baixo;
- 3) Economia devido a redução das perdas com os materiais;
- 4) Retorno do investimento em curto prazo;
- 5) Otimização da execução das etapas;
- 6) Maior precisão sobre o cronograma do planejamento, devido ser um procedimento com menos erros;

El Debs (2000), fala que a utilização do concreto pré-fabricado reduz o tempo de construção, existe um melhor controle dos elementos, assim reduzindo os desperdícios de materiais. Com a utilização deste método acarreta em maior desenvolvimento tecnológico para o país, pois valoriza a mão de obra e gera maior oferta de equipamentos. O autor também comenta que no Brasil está ficando cada vez mais escassa a mão de obra qualificada ou aquela que se sujeita as condições tradicionais da construção civil. A utilização de pré-fabricado pode ajudar a resolver

este problema, devido gerar melhores condições de trabalho.

Yazigi (2009) cita um ponto positivo dos pré-fabricados, seria a confecção das peças em fábrica, os tornando passivos a um controle industrial centralizado, tendo seus insumos com melhor qualidade, pois terão fornecedores selecionados e mão de obra especializada.

Dentre todas estas vantagens, da utilização da pré-laje, não se pode deixar de mencionar também a economia gerada em sua aplicação, pois é dispensada materiais e mão de obra para o revestimento argamassado do teto em sua superfície já está preparada para o recebimento da pintura. A figura 10 apresenta o acabamento do fundo da pré-laje.

Figura 16: Teto da Sala



Fonte: Próprio Autor

3.2 Desvantagens

Considera-se como desvantagens:

1. Alto custo mensal devido a locação de maquinários para a desforma e montagem das pré-lajes;
2. Espaço adequado para o armazenamento das peças pré-moldadas, pois caso o canteiro de obras não possua locais adequados, tornaria mais difícil a implementação deste sistema.

3. Espaço para a logística da montagem das pré-lajes, pois em obras cuja a implantação dos blocos não possuam acesso lateral, torna muito difícil sua montagem.

4 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi alcançado, pois foi apresentado o processo construtivo de uma laje com a utilização de pré-lajes, mostrando suas vantagens e desvantagens que o emprego deste método construtivo pode proporcionar.

O primeiro objetivo específico foi alcançado, pois na primeira parte do trabalho, foram apresentados os procedimentos para a confecção das pré-lajes, que são: fôrma, armadura, instalações, concretagem, escoramento, adensamento, cura, desforma, armazenamento e montagem. Com a apresentação dessas etapas, se torna mais claro e simples, o entendimento para a confecção dessas peças pré-fabricadas.

O segundo e terceiro objetivos também foram atendidos, pois foram apresentados as vantagens e possíveis desvantagens deste método construtivo.

Uma das desvantagens que este método construtivo apresenta, é o alto custo com a locação do maquinário. Mas podemos ratear e diminuir os gastos, com a elaboração de uma logística de abastecimento e aproveitamento do tempo em que as máquinas estejam ociosas, caso haja, em outras atividades dentro da obra, como abastecimento de tijolos/blocos estruturais, argamassas nas frentes de serviço considerando uma obra horizontal.

5 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Realizar o estudo da viabilidade econômica da pré-laje, em comparação a laje treliçada

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **NBR 6118. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. projeto de estrutura em concreto - procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.** Rio de Janeiro. 2017.

_____. **NBR 14862: Armaduras treliçadas eletrossoldadas - requisitos.** Rio de Janeiro. 2002.

_____. **NBR 7480: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro. 2004.

_____. **NBR 7481: Tela de aço soldada - Armadura para concreto.** Rio de Janeiro, 1990.

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira. **Análise de alternativas estruturais para edificações de concreto armado.** Dissertação – Universidade de São Paulo. 1999.

ARCELOR MITTAL. **Treliças Nervuradas - Especificações Técnica,** Disponível em: <https://brasil.arcelormittal.com/produtos-solucoes/construcao-civil/trelicas-nervuradas>. Acessado em 23/10/21.

ARCELOR MITTAL. **Telas Soldadas Nervuradas - Especificações Técnicas,** Disponível em: <https://brasil.arcelormittal.com/produtos-solucoes/construcao-civil/telas-soldadas-nervuradas?asCatalogo=pdf>. Acessado em 24/10/21.

AZEREDO, Hélio Alves. **O edifício até sua cobertura**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1997.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lages de concreto**. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campos de Bauru, São Paulo, 2015.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura.; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. Projeto EPUSP/SENAI. São Paulo, 1998.

BAUER, Luiz Alfredo Falção. **Materiais de construção: Novos Materiais para Construção Civil**. Volume.1. 5º edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2009.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 3. ed. São Carlos. Editora da Universidade Federal de São Carlos, 2007.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos. Projeto REENGE, EESC-USP, 2000.

FREIRE, Tomás Mesquita. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. 2001. 325p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Telas soldadas Emendas. Informações técnicas**. Boletim Técnico n.1. São Paulo. 1990.

REGAL. JORGE LUIZ DE OLIVEIRA; TELES. Gizela Ariele da Silva. **LAJES PRÉ-MOLDADAS E SUAS CARACTERÍSTICAS**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº. 000164, 14/05/2019.

Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/lajes-pre-moldadas-e-suas-caracteristicas>. Acessado em: 16/11/2021.

RIVERA, Adriana Falcochio; GOMES, Cláudio André; AFONSO, Marcelo d'Ávila; GOBBI, Tarso Leite. **Sistema Tilt-up**. Tese (Mestrado Profissional em Habitação) – IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS MCASSOL TECNOLÓGICAS da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar. 2ª edição**. São Paulo: Pini, 2009.