



FAEX - FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE EXTREMA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Henrique Bueno de Almeida

CONCRETO PRÉ-MOLDADO E SISTEMA TILT-UP

Extrema - MG
2018

FAEX - FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE EXTREMA

Henrique Bueno de Almeida

CONCRETO PRÉ-MOLDADO E SISTEMA TILT-UP

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Engenharia Civil da FAEX - Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.^a Renata Martinho de Camargo

Extrema - MG

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por nos proporcionar a vida, pois lutamos, sofremos, vivemos muitos momentos de alegrias e tristezas, mas no final a fé é maior e com Deus sempre vencemos e conseguimos conquistar nossos objetivos na vida, por isso sempre sonhei e a cada dia que se passa estou vencendo no meu objetivo que é ser um Engenheiro Civil e poder passar o que eu aprendi e estou aprendendo a todos os seres humanos. Agradeço a meus pais e familiares, por sempre me motivarem e darem força para sempre seguir em frente e nunca desistir do que queremos ser no futuro, a vida é tão bela, deve ser vivida e aproveitada o máximo possível, com foco, força e fé. Agradeço a minha orientadora, professora Renata por toda a atenção prestada e colaboração quanto ao trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

O Tilt-up é um método de construção onde se concretiza sobre o piso acabado, no canteiro de obras e depois o eleva para a posição final da estrutura. É um método de construção em pré-moldado que consiste em elevar painéis com o auxílio de guindastes. O estudo deste resume-se no processo executivo, no planejamento, no estudo das normas CSA, ACI, assim como a interação entre elas, e na realização de um dimensionamento, onde é executado na empresa visitada que utiliza as normas já citadas. O processo executivo está amplamente vinculado ao modo de execução e ao acompanhamento com profissionais familiarizados com o tema, divide-se em etapas: execução dos pisos, das fundações, montagem das fôrmas sobre o piso, aplicação do desmoldante, armação e colocação dos inserts, polimento, elevação, escoramento dos painéis e por fim o travamento da estrutura e a retirada das escoras. O Planejamento é realizado através do escopo de cada etapa do pré-moldado tilt-up, sendo estudadas através de livros, pesquisas, citações de quem tem conhecimento e prática do assunto, os resultados apresentam através das vantagens e desvantagens do Pré-Moldado Tilt-up e as definições das estruturas.

Palavras chave: Tilt-up, Pré-Moldado, Planejamento.

ABSTRACT

The Tilt-up is a method of construction where it is concreted on the finished floor at the construction site and then elevates it to the final position of the structure. It is a pre-cast construction method that consists of raising panels with the aid of cranes. This study is summarized in the executive process, in the planning, in the study of the CSA, ACI norms, as well as the interaction between them, and in the accomplishment of a dimensioning, where it is executed in the visited company that uses the standards already mentioned. The executive process is largely linked to the way of execution and follow-up with professionals familiar with the theme. It is divided into stages: execution of floors, foundations, assembly of the molds on the floor, application of the release agent, polishing, lifting, shoring of the panels and finally the locking of the structure and removal of the struts. The planning is carried out through the scope of each stage of the pre-cast tilt-up, being studied through books, surveys, quotes of those who have knowledge and practice of the subject, the results present through the advantages and disadvantages of Pre-Molded Tilt-up and the definitions of structures.

Keywords: Tilt-up, Pre-Molded, Planning.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE SIGLAS	
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 METODOLOGIA	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.2 O QUE É PRÉ-MOLDADO TILT-UP	17
2.3 SURGIMENTO DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP	17
2.4 DIFERENÇAS ENTRE PRÉ-MOLDADO E PRÉ-FABRICADO.....	18
2.5 VANTAGENS DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP.....	21
2.6 DESVANTAGENS DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP	23
2.7 CARACTERÍSTICAS DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP.....	24
2.8 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO UTILIZANDO O TILT-UP	26
2.9 COMPARAÇÃO DO PRÉ-MOLDADO LEVE E PESADO.....	27
2.10 FABRICAÇÃO DO CONCRETO PRÉ-MOLDADO	29
3. SISTEMAS ESTRUTURAIS DE PRÉ-MOLDADO	30
4. PRÍNCIPIOS BÁSICOS DE PROJETO	35
5. PRODUÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS	36
6. EXECUÇÃO DE OBRA EM PRÉ-MOLDADOS	38
7. APLICAÇÕES NA CONTRUÇÃO CIVIL	39
7.1 CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS.....	39
7.2 MURO DE CONTENÇÃO EM PRÉ-MOLDADO	40
7.3 PEÇAS PRÉ-MOLDADAS PARA SANEAMENTOS	41
8. VISITA TÉCNICA: PRÉ-MOLDADO TILT-UP EM CAJAMAR-SP	42
9. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

A. LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Surgimento do Painel Pré-Moldado Tilt-up	18
Figura 2: Concreto Pré-Moldado.....	20
Figura 3: Fabricação do Pré-Fabricado.....	20
Figura 4: Parede Pré-Fabricada pronta sendo instalada na obra	21
Figura 5: Rapidez e segurança com os painéis tilt-up.....	22
Figura 6: Painéis finalizados utilizando o tilt-up	23
Figura 7: Método rápido de construção feito nos EUA.....	23
Figura 8: Guindaste na obra transportando peça Pré-Moldada Tilt-up	24
Figura 9: Parede tilt-up feita no canteiro de obras	25
Figura 10: Painel tilt-up totalmente instalado na obra	26
Figura 11: Guindaste auxiliando e colocando painel tilt-up no devido local ..	27
Figura 12: Exemplo de Pré-Moldado Leve.....	28
Figura 13: Exemplo de Pré-Moldado Pesado	29
Figura 14: Sendo fabricado o Pré-Moldado	30
Figura 15: Sistema esqueleto Pré-Moldado.....	31
Figura 16: Laje alvolar colocada na obra	32
Figura 17: Laje alveolar.....	33
Figura 18: Exemplo de construção com painéis portantes.....	34
Figura 19: Sistema Construtivo de Paredes em Concreto Celular.....	35
Figura 20: Fluxograma da relação entre o pedido do cliente e o processo de produção	37
Figura 21: Pré-Moldado sendo executado no fechamento de um galpão	39
Figura 22: Residência pronta em Pré-Moldado.....	40
Figura 23: Painel Pré-Moldado em muro de contenção.....	41
Figura 24: Peça Pré-Moldada	42
Figura 25: Início da montagem da armadura	43
Figura 26: Armadura colocada na fôrma.....	43
Figura 27: Armadura finalizada à espera da concretagem.....	44
Figura 28: Concretagem da armadura na fôrma	44
Figura 29: Finalizando a concretagem da parede tilt-up	45
Figura 30: Painel tilt-up totalmente concretado.....	45
Figura 31: Deixando o painel com a superfície lisa e no nível	46

Figura 32: Superfície do painel totalmente lisa	46
Figura 33: Após o tempo de cura e com resistência máxima, o guindaste começa a levantar a parede tilt-up.....	47
Figura 34: Painel tilt-up com formato de parede sendo içado para seu local final.....	47
Figura 35: Painel tilt-up em pé com a ajuda do guindaste e funcionários na condução	48
Figura 36: Painel Tilt-up finalizado e colocado na posição final da obra.....	48

B. LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de desperdícios no processo executivo em fábricas de concreto pré-moldado	37
---	----

C. LISTA DE SIGLAS

NBR = Norma Brasileira

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

CSA = Canadian Standards Association

ACI = American Concrete Institute

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a construção civil passou por um grande crescimento pós crise mundial, alavancado pelo aumento da renda da população e pelos incentivos do Governo, como o programa Minha Casa Minha Vida.

Atualmente, com as altas taxas, tributação elevada, variação cambial, alto custo de mão de obra e falta de qualificação fazem com que o preço das construções se eleve e a sua demanda sofra uma queda.

Diante deste cenário é proposta a viabilidade de utilização de técnicas pré-moldadas mais avançadas, como o Tilt-up que traz uma tecnologia que fornece economia de custo, otimização de tempo e boa qualidade. Esta técnica permite liberdade no projeto de arquitetura, maior área útil, flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, racionalização de materiais e mão-de-obra, alívio de carga nas fundações, garantia de qualidade, maior organização nos canteiros de obras e precisão construtiva.

Os setores da construção civil que utilizam dessa tecnologia são edifícios comerciais, residenciais, hotéis, flats e até em edifícios industriais.

1.1 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é mostrar o processo sobre o pré-moldado tilt-up, o surgimento nos Estados Unidos, que neste país é usado há muito tempo pelas inúmeras vantagens sempre é um sistema usado no país, após muito tempo, aqui no Brasil começou a aderir à idéia do tilt-up, mas ainda são poucas construtoras que trabalham com este sistema, mas já é um sucesso no Brasil. Muitas pessoas utilizam o tilt-up, por ser algo ágil, prático e seguro na obra, vamos analisar alguns tipos de pré-moldados, mostrando os processos de construção, suas vantagens e algumas desvantagens, a mão de obra, como é instalada no canteiro de obras, o tipo de transporte usado para levar as peças pré-moldadas, ou seja, o passo a passo dos tipos de pré-moldados e uma comparação com o pré-fabricado, dependendo do tipo de solo e análise do terreno, se é viável ou não o uso do tilt-up, apesar do sistema aderir a muitos tipos de terrenos e solos, mostraremos a produção dos pré-moldados e alguns pré-fabricados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos anos atuais, tem havido por parte das construtoras a busca de produtividade e agilidade no término da obra, por isso os pré-moldados saem na frente também nesse aspecto. A produção é rápida, junto com a instalação e conseqüentemente a obra acabará mais rápido, contando com a qualidade do sistema e também a resistência que resultará ao final da obra, fora o lucro que obtém com esses passos.

1.3 METODOLOGIA

Foi feita uma visita técnica a empresa que faz os painéis tilt-up. Os painéis foram visualizados e fotografados, obtendo mais informações do mesmo, membros da equipe da empresa explicaram do assunto e relatou muitas informações interessantes sobre os painéis pré-moldados, suas inúmeras vantagens e a grande demanda de pré-moldado que estão vendendo na região nesse ano, a empresa presa muito pela qualidade do serviço, a segurança no trabalho com os seus empregados e também após a conclusão da obra com os painéis montados, sua missão é crescer no mercado de pré-moldados com um trabalho bem feito, segue fotos da montagem dos painéis pré-moldados. O processo tilt-up também será mostrado nas fotos, pois é um método inovador e que vem crescendo no Brasil através da empresas que estão fabricando este tipo de material.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

O Pré-Moldado se identifica com a história da industrialização, que está relacionada com o período histórico da mecanização, ou seja, com a evolução das ferramentas e máquinas para a produção de bens. De forma gradativa as atividades exercidas pelo homem com a ajuda de máquinas, foram sendo substituídas por mecanismos avançados, como aparelhos mecânicos ou eletrônicos.

Atualmente o desenvolvimento dos automatismos industriais de sistemas pré-fabricados está ligado não só aos processos de fabricações, mas também aos processos de transporte, de montagem, aos métodos de inspeção e controle, à criação de novos materiais e ao controle das conseqüências desses processos ao meio ambiente. O uso de concreto pré-moldado em edificações está amplamente relacionado a uma forma de construir econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica segundo El Debs (2000).

Segundo a Norma NBR 9062/1985, o elemento Pré-Fabricado é o elemento Pré-Moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade. Portanto, define que o elemento pré-moldado comum é executado fora do local de sua definitiva utilização na estrutura, porém o tilt-up é feito no canteiro de obras onde está localizada a obra. O objetivo da Norma NBR 9062/1985 é fixar as condições exigíveis no projeto, na execução e controle de estruturas Pré-Moldadas de concreto armado ou protendido, excluídas daquelas que se empregam concreto leve ou outros especiais, também fala que o objetivo imediato é o da estrutura de Pré-Moldado em edifícios. Porém, suas prescrições podem ser utilizadas, quando pertinentes, no projeto e execução de estruturas para fundações, obras viárias e demais elementos de utilização isolada, a norma distingue os elementos Pré-Moldados dos Pré-Fabricados, estabelecendo condições específicas de projeto, produção e controle de qualidade.

2.2 O QUE É PRÉ-MOLDADO TILT-UP

O Tilt-up é um sistema construtivo que consiste na confecção horizontal das paredes (painéis) de concreto armado autoportantes utilizando o piso nivelado da própria obra como fôrma. Uma vez prontos estes painéis são içados por guindastes, colocados sobre as fundações e escorados até o receberem o travamento através das estruturas do telhado.

Proporciona rapidez na execução, facilidade de trabalho e segurança, além da manutenção da aparência, personalização, integridade estrutural durante a vida útil do edifício, ou seja, são mais duráveis e de baixíssima depreciação. Há liberdade de criação e personalização das construções, já que não existem modulações pré-estabelecidas.

2.3 SURGIMENTO DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP

Essa tecnologia foi implantada no Brasil em 1993 pelo construtor Walter Torre Jr, vindo diretamente dos Estados Unidos da América. Como ainda é uma “coisa nova” no Brasil, deve ser mais difundida para nível industrial e comercialização no país, pois atualmente só 5 construtoras brasileiras mexem com esses painéis tilt-up. Com o avanço da tecnologia e ganhando força e destaque com sua fórmula econômica e segura, outras construtoras poderão começar a produzir o tilt-up no Brasil, pois é um sistema muito vantajoso, economiza materiais e mão de obra com sua instalação em menor tempo que outros tipos de obra com concreto armado. Nos Estados Unidos da América, o método tilt-up surgiu em 1906, a origem do nome se deu através de “inclinado”, em inglês “tilt” e “up” com o significado de “para cima”, traduzindo e juntando as palavras conclui em “inclinado para cima”, após levantar as paredes pré-moldadas em concreto armado. É necessária a ajuda de guindastes para colocar o painel tilt-up no seu devido lugar no canteiro de obras, com o painel colocado e concluído a parede se dá o nome de tilt-up, juntando a fase de concretagem até o levantamento das paredes, durante a fase de quatro a cinco semanas para a obra estar terminada, feito do início ao fim do sistema no canteiro de obras.



Figura 1: Surgimento do Painel Pré-Moldado Tilt-up. Fonte: (engciv.wordpress.com)

2.4 DIFERENÇAS ENTRE PRÉ-MOLDADO E PRÉ-FABRICADO

O pré-moldado e o pré-fabricado fazem modelos diferentes de lajes e painéis de concreto, sendo o pré-moldado no terreno e o pré-fabricado é montado em fábricas, fora do ponto do terreno onde vão ser implantados, após estarem prontos, as peças vão para o local definitivo da obra, mas cada um com suas especificações e determinações necessárias para sua montagem. Quem define os termos de pré-moldado e pré-fabricado é a NBR 9.062/2006, projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, da associação brasileira de normas técnicas (ABNT). Segundo a norma, o pré-moldado é todo moldado previamente podendo ser feito no terreno ou fora do local onde a estrutura vai ficar em definitivo, executado conforme procedimentos de qualidade escrito em duas normas, NBR 14.931/2004 que fala sobre execução de estruturas de concreto - procedimento e a NBR 12.655/2015 que comenta sobre concreto de cimento portland. Cita o preparo, controle, recebimento e aceitação - procedimento. Tem que ser feito um controle de qualidade para a empresa que faz esses elementos estruturais. No pré-moldado não precisa de laboratório ou instalações do tipo, já o pré-fabricado embora também moldado e fora do local da estrutural final, é executado industrialmente ou fábrica, com instalações apropriadas para a estrutura

deste fim. É obrigatório que o pré-fabricado dentro da empresa atenda os requisitos mínimos da norma NBR 9.062, pois a mão de obra tem que ser treinada e especializada nesse propósito, assim como todos os processos deve ser racionalizado e qualificado pelo uso de máquinas e os equipamentos. O principal material é o cimento, por isso não se pode escolher qualquer um para fazer os pré-fabricados, deve ser um cimento de qualidade e resistente, pois a norma é exigente. Tendo também as especificações da produção final do pré-fabricado definidas em projeto e realizações de ensaios com corpo de prova, para ver se realmente o cimento e suas especificações estão de acordo com a norma. Por esses motivos os cuidados com o pré-fabricado são maiores que os pré-moldados. A ABNT 9.062 nos informa que a matéria-prima que é utilizada nas fabricas devem ser qualificada e terem sidos realizados ensaios para ver sua situação, também vale para o cimento, a norma ainda diz que o cimento utilizado na fabricação do pré-fabricado tem que atender a NBR 12.655, tendo também “Sd” máximo desvio padrão de 3,5 MPa, na consideração da compressão de dosagem “fcj” quanto a resistência, exceto para peças de abatimento zero, para podermos ter um pré-fabricado de qualidade na fabrica, in-loco ou no canteiro de obras devemos ter o melhor concreto no mercado, utilizando um cimento de confiança.

A figura 2 a seguir nos mostrará a montagem com os painéis de Pré-Moldado de concreto.



Figura 2: Concreto Pré-Moldado. Fonte: (www.incopre.com.br)

A figura 3 representa a fabricação das paredes de Pré-Fabricado na empresa Leonardi, mostrando a fôrma com a montagem da parede com a armadura já colocada e concretada, pronta para ser içada e levada a obra.



Figura 3: Fabricação do Pré-Fabricado. Fonte: (www.aecweb.com.br)

De acordo com a figura 4 a parede Pré-Fabricada está sendo içada com a ajuda de um guindaste e colocada na posição final da obra.



Figura 4: Parede Pré-Fabricada pronta sendo instalada na obra.

Fonte: (www.perguntas.habitissimo.com.br)

2.5 VANTAGENS DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP

Contem muitas vantagens, pois depois de um século de existência, a construção com pré-moldados é muito competitiva e certas obras não conseguiriam ser feitas sem o uso do pré-moldado. O seu baixo custo se torna uma grande vantagem do tilt-up e ganhará muito na concorrência com outros métodos construtivos. A manutenção do tilt-up é muito baixa, sendo uma grande vantagem por isso, outros sistemas requerem manutenção freqüentemente e mais gastos virão com o decorrer disso, os painéis tilt-up tem uma durabilidade enorme. Isso é um ponto positivo, todos querem comprar algo que tenha durabilidade e resistência, segurança é um ponto fundamental, porque não há a necessidade do funcionário subir em lugares altos, pois as peças são feitas na horizontal e no chão, sendo erguidas quando já estão resistentes e colocadas no seu devido lugar através dos guindastes. Com isso o número de acidentes no canteiro de obras é praticamente inexistente nesse sistema, tudo que fazemos tem que ter segurança como chave desse processo e os pré-moldados tilt-up são peças com um fator de segurança muito grande, que fortalece ainda mais por sua escolha, outra vantagem é o baixo custo dos seguros e a rapidez da construção utilizando os pré-moldados tilt-up, em um prazo dentro de uma obra sempre deve ser levado em

conta e com o tilt-up seu prazo final do serviço pronto será muito mais rápido que um concorrente da alvenaria estrutural, a execução ágil se torna a principal vantagem do pré-moldado tilt-up, pois os painéis já estão montados com resistência máxima e é içado através de um guincho para o local final da obra, agilizando todo o processo de construção e finalizando a obra rapidamente. O sistema tilt-up é indicado para qualquer tipologia, não tendo restrição técnica de uso, no entanto deve ter atenção ao tipo do projeto e condições pra ver se são viáveis ou não o uso do sistema, atualmente o tilt-up pode ser construído em prédios de até 30 andares, nos Estados Unidos da América já existe uma associação que divulgam todos os detalhes da utilização do tilt-up. Sem contar que os painéis tilt-up apresentam um ótimo isolamento acústico e é muito resistente ao fogo.

Os pré-moldados apresentam segundo os autores, muitas vantagens técnico e econômico, pois permite tanto na execução da obra, quanto na qualidade do produto final, principalmente diminuindo no desperdício de material na execução da obra, com a utilização de alguns pré-moldados. Pode-se reduzir 25% nos custos, ou seja, aplicando a racionalização nas obras, com o mínimo de resíduos possíveis em canteiro de obras. Deve-se atentar para as vantagens econômicas e financeiras, além de aspectos de projetos e execução, pois estes aspectos demonstram se o empreendimento é viável ou não.



Figura 5: Rapidez e segurança com os painéis tilt-up. Fonte: (www.libercon.eng.br)



Figura 6: Painéis finalizados utilizando o tilt-up. Fonte: (www.joharc.com.br)



Figura 7: Método rápido de construção feito nos EUA.
Fonte: (www.engciv.wordpress.com.br)

2.6 DESVANTAGENS DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP

Na realidade o sistema tilt-up tem muitas vantagens e poucas desvantagens. O que consideramos como aspecto negativo nesse sistema depende do tipo do solo do terreno, terrenos afastados da cidade, onde os

recursos não ajudam, podem prejudicar este tipo de obra, outro detalhe é a experiência com este tipo de sistema, sendo que para que tenha um resultado bom, precisa ser trabalhado com cautela e experiência no que está fazendo para que se torne um trabalho final bem feito, pois não devemos ter erros no projeto e na execução, gera perda financeira e de tempo. Não podemos desperdiçar esses fatores, pois são desvantagens para uma obra, o planejamento é uma fase complicada para o sistema, pois requer muita atenção e dedicação para não errar no andamento da obra e atrasar o prazo da entrega final. Outra desvantagem é a despesa com transportes de guindastes que içam as peças até o local final da obra, também entra como aspecto negativo a mão de obra qualificada para fazer o serviço.



Figura 8: Guindaste na obra transportando peça Pré-Moldada Tilt-up.

Fonte: (www.tilt-up.blogspot.com)

2.7 CARACTERÍSTICAS DO PRÉ-MOLDADO TILT-UP

O tilt-up é um sistema construtivo muito usado na América do Norte, chega a 15% do total das obras industriais. Esse sistema é feito de concreto dentro do canteiro de obras. É nivelado o piso a laser, moldada na forma horizontal as paredes em concreto com qualquer tipo de desenho ou textura, com as formas que a empresa faz e de acordo do gosto do cliente, os painéis podem ser feito com

vãos de portas e janelas como o cliente desejar, após atingir a resistência necessária as peças são levantadas por guindastes e colocadas verticalmente nos blocos de fundações originando as paredes. A racionalização construtiva do tilt-up proporciona mais qualidade e rapidez na montagem das edificações, as paredes são pré-moldadas in-loco, sobre a base de concreto em um piso industrial, que é nivelado a laser e polido, depois de escorados até sua posição final. Após a conclusão da montagem da estrutura é feito o travamento da porção superior dos painéis, com isso é removido às escoras iniciais de montagem, o sistema é feito totalmente no canteiro de obras e feito a mão de obra local, sendo assim, não dará a incidência de imposto sobre circulação de mercadorias e serviços, imposto sobre produtos industrializados ou qualquer outro tipo de custo, como por exemplo, o transporte das peças, por isso o tilt-up é um sistema bastante competitivo no mercado, comparado a outros sistemas de pré-fabricados.

De acordo com a figura 9, vemos a parede tilt-up sendo feita na fôrma no canteiro de obras, colocada a armadura e está à espera da concretagem. Após a concretagem a parede ganhará resistência através da cura do concreto e será finalizada, retirada da plataforma e será içada através do guindaste para o local final da obra.



Figura 9: Parede tilt-up feita no canteiro de obras.

Fonte: (www.aecweb.com.br)



Figura 10: Painel tilt-up totalmente instalado na obra.

Fonte: (www.cimentoitambe.com.br)

2.8 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO UTILIZANDO O TILT-UP

Na hora de projetarmos utilizando o tilt-up devemos seguir a norma NBR 9062 que é para pré-moldados, norma NBR 6118 que é para concreto armado e a norma americana ACI-318 que é específica para o sistema tilt-up. Os painéis feitos em tilt-up têm que ser feito com concreto maior que 25 fck e aço CA50, eles apresentam uma dimensão média de 5x18 m com espessura mínima de 12 cm, mas há exemplos de obras com paredes de 28 m de largura e 29 m de altura, chegando a pesar até 140 toneladas, mesmo com essas especificações a fundação se torna segura com apenas uma estaca por painel. Diferente das construções em alvenaria, a primeira coisa a ser feita no tilt-up é o piso, pois o piso tem uma grande importância nesse sistema, pois ele servirá como nível na construção dos painéis e de apoio para diversos tipos de cargas, como por exemplos os guindastes. Depois do piso feito e a fundação instalada, as formas de madeira ou alumínio são montadas de maneira que agem como um molde para o concreto, depois disso, os armadores colocam as armaduras e insertos para o içamento para a ligação entre painéis, fundação e telhado. Depois de instalado corretamente é iniciado a concretagem, ganhando a resistência necessária é içado

por grua ou um guindaste ao local da obra, ficando na posição correta ligado ao piso, laje e a cobertura, o guindaste por desvincular da peça tilt-up.

A figura 11 passa a informação do painel tilt-up sendo içado após a cura do concreto pelo guindaste para ser colocado na obra.

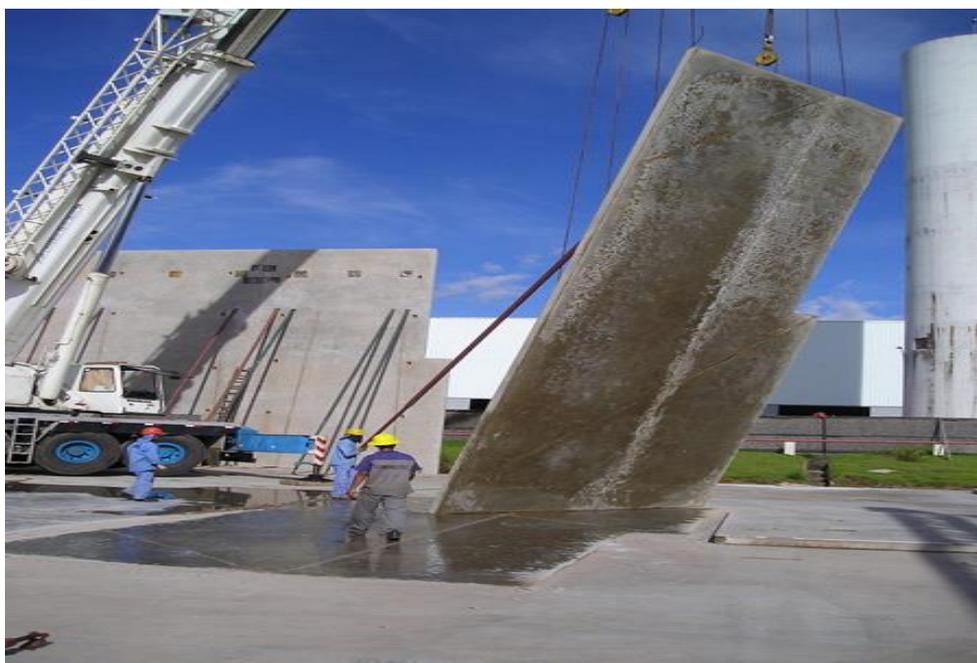


Figura 11: Guindaste auxiliando e colocando painel tilt-up no devido local.

Fonte: (www.joharc.com.br)

2.9 COMPARAÇÃO DO PRÉ-MOLDADO LEVE E PESADO

O Pré-Moldado Leve é feito em pórticos, que são estruturas de cobertura integrada ao sistema, se torna muito vantajoso, pois contém soluções econômicas, pode ser feito com ou sem tirantes, os vãos podem ter entre 8 a 25 metros, o pé direito de 3 a 20 metros, a modelação de 4 a 12 metros e por fim as telhas que podem ser feitas com fibrocimento ou cerâmica por exemplo. A figura 4 mostra uma obra feita em Pré-Moldado Leve.

El Debs (2000) comenta que o pré-moldado leve não precisa de equipamentos especiais para transporte e montagem, improvisando os equipamentos ou atinge a situação que a montagem é manual.

Os pré-moldados leves podem ser manuseados com facilidade, não necessita de equipamentos mecânicos para movimentar até a obra, como por exemplo, as placas de vedação e as lajes mistas.

As lajes pré-fabricadas também se enquadram na proposta do trabalho em pré-moldados leves, portanto, com a diversidade do sistema de lajes, existindo atualmente que o trabalho seja muito extenso com a abordagem que o assunto merece, portanto o assunto deve ser trabalhado especificamente. Alguns dimensionamentos e execução de lajes treliçadas pré-moldadas foram e estão sendo desenvolvidas na Escola de Engenharia de São Carlos.



Figura 12: Exemplo de Pré-Moldado Leve. Fonte: Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto.

O Pré-Moldado Pesado são estruturas que suportam vãos maiores que 25 metros, pois as peças são enormes, portanto o peso das placas é muito grande, gerando um cuidado maior na colocação das peças na montagem da obra. Tem uma capacidade portante muito grande e será necessária a mobilização de guindastes com maior capacidade de carga para suportar as peças até o seu lugar final. A figura 13 a seguir representa uma obra com concreto Pré-Moldado Pesado.



Figura 13: Exemplo de Pré-Moldado Pesado. Fonte: Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto.

2.10 FABRICAÇÃO DO CONCRETO PRÉ-MOLDADO

De acordo com El Debs (2000) foi dividido as atividades executadas nos pré-moldados em três etapas: atividades preliminares, a execução do trabalho e as atividades posteriores.

Nas atividades preliminares incluem o preparo dos materiais (armazenagem da matéria prima, dosagem, a mistura do concreto quando for preparado em fabrica, após a preparação da armadura e a montagem desta quando necessário, por fim o transporte dos materiais até o local de trabalho, ou seja, até a fôrma.

A execução diz respeito à montagem da forma e da armadura, depois se aplica o concreto e espera a cura, finalizando com a liberação da força de protensão e com a retirada do elemento da forma (desmoldagem).

As atividades posteriores são relacionadas ao transporte interno dos elementos, quando são produzidos na fábrica e não no canteiro de obras, portanto, retiram-se do local de desmoldagem da área de acabamento, junto às atividades de inspeções, os tratamentos finais e armazenamento das peças pré-moldadas. É importante mencionar a armazenagem para que a resistência do concreto atinja

seu valor completo de projeto, porém a peça tem que ficar pouco tempo estocado para não atrapalhar as novas peças que serão feitas.



Figura 14: Sendo fabricado o Pré-Moldado. Fonte: (www.mapadaobra.com.br)

3. SISTEMAS ESTRUTURAIS DE PRÉ-MOLDADO

A indústria de Pré-Moldado possui um número grande de sistemas e soluções técnicas para as construções, portanto, todos estes fazem parte de um número limitado de sistemas estruturais básicos do Pré-Moldado, onde os princípios do projeto são parecidos.

A seguir serão mostrados os tipos de estruturas de concreto Pré-Moldado:

Consideramos que o sistema esqueleto tem uma ótima aplicação para construções industriais, shopping centers, estacionamentos, centros esportivos, e também para construções de escritórios grandes por causa da possibilidade de grandes vãos que permite alcançar espaços abertos sem interferência de vigas e pilares diz Van Acken (2002). Na Figura 15, observa-se a foto de uma estrutura em esqueleto.



Figura 15: Sistema esqueleto Pré-Moldado. Fonte: (www.lajes.com.br)

As lajes alveolares são muito vantajosas na construção, pois tem a capacidade de vencer grandes vãos, baixo peso próprio e capacidade de produção em série. A norma brasileira de lajes alveolares ABNT NBR: 14861 estabelecem os requisitos e procedimentos de projeto, na produção e na montagem das lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido. Na figura 15, um exemplo de laje alveolar.

A laje alveolar tem varias alturas, entre elas estão H16, H20, H30, H40 e H50, elas são indicadas para obras com vão maiores que 5 metros e acima de 100m², podem resistir sobrecargas de até 1,5KN/m², não utiliza concreto protendido apenas armaduras CA-60 na parte inferior para resistir a tração ocasionada de até 2,5KN/m².

As lajes alveolares são feitas através de extrusoras que movem por compactação do sistema de extrusão formando apenas um bloco. As vigas vão apresentar contra flechas devido aparecer esforços de protensão, esse processo tem perfeita aderência nos cabos, assim evita a segregação nas camadas, permitindo produzir lajes com até 50 cm de altura para vão de no máximo 20 metros.



Figura 16: Laje alveolar colocada na obra. Fonte: (www.leonardi.com.br)

Depois do corte, são retiradas da pista, as lajes vão passar por uma inspeção final e após são mandadas ao setor de estocagem ou carregadas diretamente para a obra, sendo transportadas na carreta padrão e colocadas em um suporte de madeira, empilhadas na forma, mas não pode exceder a 6 lajes por pilha, sem passar de 28 toneladas. As lajes alveolares são executadas em pistas metálicas, com superfície inferior lisa, não necessita de revestimento, na parte superior é necessário o capeamento com tela soldada para distribuir o peso sobre a laje corretamente.

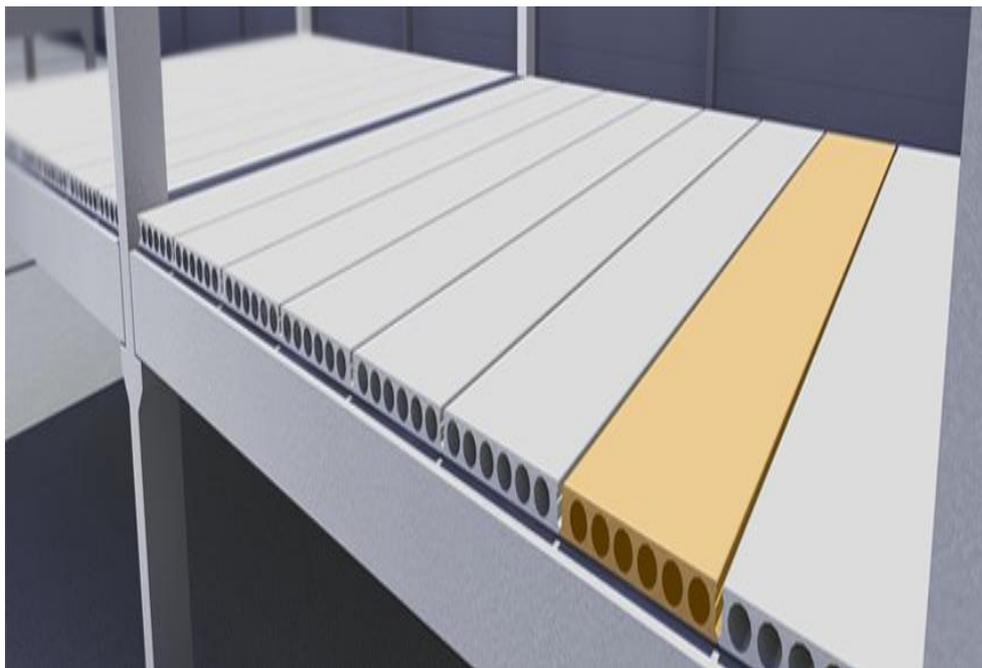


Figura 17: Laje alveolar. Fonte: (www.leonardi.com.br)

Existem os sistemas de pré-moldados em painéis portantes que exigem alto investimento inicial em fôrmas, equipamentos de produção e montagem, além de treinamento. Por ser totalmente pré-moldada, a construção com painéis portantes requer também estudo de viabilidade antes de ser contratada. Investigamos a forma de construir e o comprometimento com a qualidade. A tecnologia não pode ter falhas que seriam aceitas numa estrutura convencional, pois isso exigirá reforços caros e gerará patologias que podem vir a comprometer a aceitação por parte do usuário final. É um sistema com restrição de uso. Por isso, não oferecemos para qualquer cliente. Então, não se deve buscar o sistema de painel portante como algo mágico. Porém, se bem aplicado ele traz resultados significativos. A construção com painéis portantes pode ser feita com concreto convencional com abatimento alto, mas é recomendável o concreto autoadensável. Eles também podem ser produzidos fora do canteiro de obras ou “in loco”. “Se temos várias obras num raio de até 50 quilômetros e possibilidade de compensação de impostos para não existir bitributação, compensa uma central de produção. Se temos um empreendimento grande, com mais de 1.000 unidades, é recomendável viabilizar uma usina no canteiro. Na figura 18, está um exemplo de uma casa construída com painéis portantes.



Figura 18: Exemplo de construção com painéis portantes. Fonte: (www.ufrgs.br)

Sistemas Celulares consistem de células de concreto pré-moldado, portanto, utilizados para blocos de banheiros, cozinhas, garagens, etc. Esse sistema é vantajoso, pois é ágil, a fabricação é industrializada até o término, e os equipamentos celulares podem ser montados completamente na fábrica. Problema da utilização deste sistema é no transporte das peças e a arquitetura não pode ser alterada, a figura 19 nos mostrará um exemplo desse sistema celular.



Figura 19: Sistema Construtivo de Paredes em Concreto Celular.

Fonte: (www.ecopore.com)

4. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE PROJETOS

A NBR 9062/2006: Projeto e execução de concreto pré-moldado definem os processos necessários para projeto e execução para os concretos pré-moldados e pré-fabricados. Segundo a referida norma aplicam-se às estruturas de concreto pré-moldado as regras e processos de cálculo relativos às estruturas moldadas no local, conforme disposto na NBR 6118/2014. Porém, são dadas algumas informações complementares em relação ao dimensionamento, estabilidade e ligações das estruturas. Os desenhos, segundo a NBR 9062/2006, devem representar, de forma clara e precisa, as dimensões e posições dos elementos, armaduras, insertos, furos, saliências e aberturas e devem ser elaborados facilitando a execução da estrutura e também a qualidade da produção dos elementos pré-moldados. Com relação ao dimensionamento das peças, devem levar em consideração fatores como tolerâncias globais compatíveis com o processo construtivo na fabricação e montagem. Como estabelecido pela NBR 9062, os elementos pré-moldados podem ser assentados nos seus apoios definitivos. De acordo com Van Acker (2002), as possibilidades, restrições e vantagens do concreto pré-moldado devem ser consideradas na concepção do projeto, bem como suas características de produção, transporte, montagem e estado de serviço. Segundo Van Acker (2002), a modulação é

importante economicamente para o projeto e a construção de edifícios em pré-moldados, tanto para o trabalho estrutural como para o acabamento. Van Acker (2002) explica que as peças pré-moldadas apresentam uma padronização para cada tipo de elemento. Geralmente, os detalhes, dimensões e geometria das seções transversais dos componentes são padronizadas, o que não ocorre com frequência com relação ao seu comprimento.

5. PRODUÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS

O processo de execução, independente da técnica adotada pela empresa, deve-se atender o gerenciamento de todo processo produtivo, tendo que evitar desperdícios relacionados ao tempo, custo, material e mão-de-obra. Portanto foi realizada uma pesquisa com 120 companhias, onde suas atividades foram acompanhadas dia-a-dia durante um tempo determinado, chegou à conclusão que apenas 5% das atividades agregavam no valor final. Em uma manufatura enxuta, expressando que a atividade agrega ao valor do produto final, tendo por finalidade que a atividade transforma um determinado produto para que o pedido final do cliente seja atendido, sendo atividade de maior interesse que esse, com isso as outras atividades que estão envolvidas que não vão agregar valor no produto final serão afirmadas como desperdício. Nesta obra, procura-se motivar os leitores para a aplicação do concreto pré-moldado, sem deixar de alertar para as dificuldades inerentes ao processo. De fato, essas dificuldades fazem com que o concreto pré-moldado deva ser encarado com o “pé no chão”. Mas, por outro lado, deve-se ter o “olho no futuro”, pois, embora possam existir condições desfavoráveis, não se pode deixar de ter em vista que, à medida que aumenta o desenvolvimento tecnológico e social do país, aumentam as chances de emprego do concreto pré-moldado segundo Mounir Khalil El Debs.

Não há sentido em se falar em qualidade na obra ou produtividade no processo construtivo quando não se tem planejado o local onde os serviços da construção acontecem.

Na figura 20 a seguir, mostra resumidamente um processo produtivo de elementos pré-moldados, com a conexão entre o cliente e a as etapas de maior

importância, que é o contato com o engenheiro, a seqüência na fabricação da mercadoria e o seu recebimento.

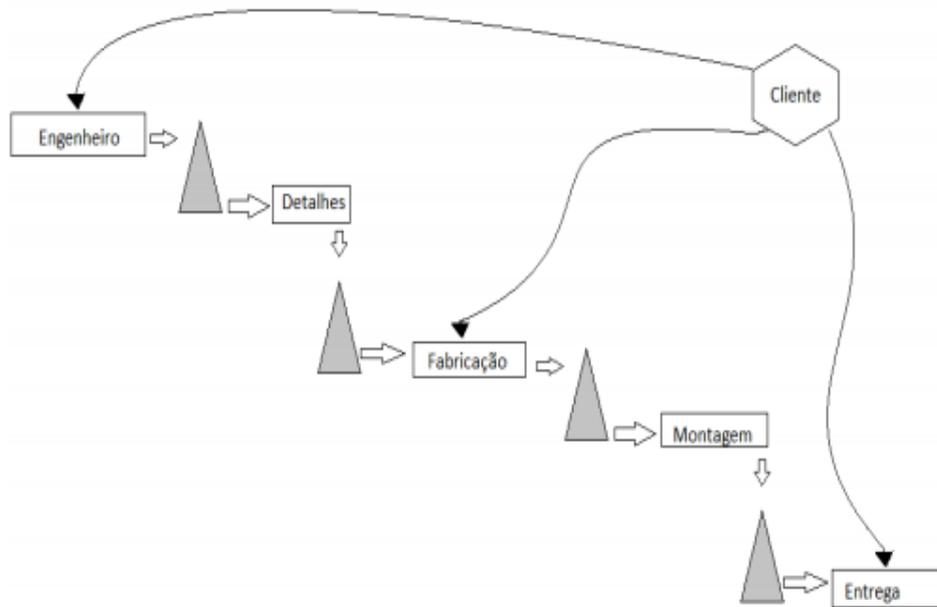


Figura 20: Fluxograma da relação entre o pedido do cliente e o processo de produção. Fonte: (www.seer.ufu.br)

No processo de gestão são identificados vários tipos de desperdício em fábricas de concreto pré-moldado (será mostrado na Tabela 1), seu objetivo é melhorar a produtividade da empresa, melhorar a qualidade dos produtos e diminuir os custos, com isso é apresentado métodos e ferramentas para diminuir os desperdícios.

As ferramentas e os métodos são mostrados através do detalhamento do processo executivo da empresa, do estudo e da otimização da execução. Dentre os benefícios na redução de desperdícios, tem o aumento da qualidade, flexibilidade, segurança e a motivação entre os empregados, das capacidades de inovações.

Tabela 1 – Tipos de desperdício no processo executivo em fábricas de concreto pré-moldado (RAY et al., 2006).

Tipos de Desperdício	Descrição
Movimento	Qualquer movimentação de pessoas ou maquinário que não é tido como atividade que agregará valor ao produto ou serviço final.
Espera	Tempo ocioso resultante da espera por ferramentas, equipamentos ou matéria-prima que não estão disponíveis em determinado momento do processamento.
Defeitos	Produto não está de acordo com especificações do cliente.
Transporte	Fluxo de mercadorias, que não agrega valor final ao produto.
Excesso de produção (superprodução)	Finalização de uma mercadoria em tempo inferior àquele requerido pela etapa seguinte de produção.
Estocagem	Estoque de mercadorias em quantidade superior à mínima necessária para a próxima etapa de processamento.
Processo	Processamentos que não agregam valor a um produto, em relação ao ponto de vista do cliente.
Empregados	O não aproveitamento da capacidade de raciocínio lógico, da criatividade ou de habilidades dos empregados da empresa.

6. EXECUÇÃO DE OBRA EM PRÉ-MOLDADOS

El Debs (2000) nos diz que as técnicas relacionadas à execução podem ser com fôrma estacionária, com forma móvel (carrossel) ou pista de concretagem, observamos que na execução estacionária os trabalhos são feitos nas fôrmas, entretanto, permanecem na mesma posição durante toda a etapa de produção. Na execução das peças de pré-moldados, vemos uma movimentação das fôrmas durante as atividades, por isso permanecem as equipes em estações estacionárias. No final do processo na execução em pista de concretagem são produzidos em seqüência, contínua ou descontinuamente, pois este processo é empregado nos elementos protendidos em pista de protensão. Considerando as opções do processo executivo, as fábricas deverão adotar a sua produtividade desejada, que seja de acordo com o capital disponível para poder fazer os investimentos e a especialização da produção, levando em conta o emprego ou não dá pré-tração na armadura e da forma de elemento, se é linear ou superficial.



Figura 21: Pré-Moldado sendo executado no fechamento de um galpão.

Fonte: (www.premonta.com.br)

7. APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

7.1 CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS

O Pré-Moldado é usado em residências habitacionais, prédios de múltiplos pavimentos e edifícios de alto padrão. Na figura 22 representa uma residência feita totalmente em Pré-Moldado.



Figura 22: Residência pronta em Pré-Moldado.

Fonte (www.cornettaarquitetura.com.br)

7.2 MURO DE CONTENÇÃO EM PRÉ-MOLDADO

Em uma definição rápida, podemos dizer que os muros de contenção têm a função de segurar a terra da parte que for mais alta entre dois lados, estabilizando assim a pressão que a terra exerce e contendo o risco de desmoronamento que aumenta quando a terra está molhada. Em diversas situações, o muro de contenção é essencial para manter a segurança de pessoas ou bens que estejam próximas a essas áreas. Ficando clara a sua necessidade, as estruturas pré-fabricadas servem para facilitar esse serviço. Citaremos agora mais alguns benefícios do seu uso.



Figura 23: Painel Pré-Moldado em muro de contenção.

Fonte: (www.incopre.com.br)

7.3 PEÇAS PRÉ-MOLDADAS PARA SANEAMENTOS

Usadas em drenagem pluvial, condução de esgoto e aterros sanitários, entre outras obras, as peças Pré-Moldadas de concreto armado são produzidas e chega quase prontas ao canteiro, o que pode representar agilidade de tempo, qualidade e durabilidade na implantação de rede de saneamento representada na figura 24.



Figura 24: Peça Pré-Moldada. Fonte: (www.infraestruturaurbana17.pini.com.br)

8. VISITA TÉCNICA: PRÉ-MOLDADO TILT-UP EM CAJAMAR-SP

Foi visitado uma obra que foi usada o pré-moldado tilt-up em Cajamar-SP, através das fotos a seguir será visualizado todo o procedimento correto dentro do escopo do tilt-up, sendo mostrado desde como é feito, até sua instalação final na obra através do guindas, tudo sendo feito no próprio canteiro de obras onde será instalado os painéis.

A primeira imagem mostra o primeiro passo do escopo, ou seja, o setor de montagem da armadura dentro da fôrma para iniciar o tilt-up.



Figura 25: Início da montagem da armadura. Fonte: (O autor, 2018)

Outra imagem mostrando a montagem da armadura sendo feito com todo cuidado para não ter umidade, nem contato com o chão e ser colocada de maneira correta dentro da fôrma.



Figura 26: Armadura colocada na fôrma. Fonte: (O autor, 2018)

A figura 27 representa a armadura finalizada na fôrma, esperando apenas a concretagem da parede tilt-up.



Figura 27: Armadura finalizada à espera da concretagem. Fonte: (O autor, 2018)

Com a armadura finalizada, inicia o próximo passo do escopo, que é a concretagem da fôrma junto à armadura.



Figura 28: Concretagem da armadura na fôrma. Fonte: (O autor, 2018)

A imagem a seguir mostra a seqüência da concretagem próximo a sua finalização na fôrma.



Figura 29: Finalizando a concretagem da parede tilt-up. Fonte: (O autor, 2018)

A seguir, a parede tilt-up aparece totalmente concretada na fôrma, a espera da cura e secagem para poder retirar o painel.



Figura 30: Painel tilt-up totalmente concretado. Fonte: (O autor, 2018)

Próxima etapa é usar a máquina politriz para deixar o concreto com a superfície lisa e totalmente no nível correto.



Figura 31: Deixando o painel com a superfície lisa e no nível. Fonte: (O autor, 2018)

Seguindo com o escopo, mostraremos a imagem da parede tilt-up totalmente concretada, lisa e no nível correto.



Figura 32: Superfície do painel totalmente lisa. Fonte: (O autor, 2018)

Após a etapa anterior, será necessária a espera da cura do concreto, para ter a resistência máxima, junto com a secagem do mesmo.



Figura 33: Após o tempo de cura e com resistência máxima, o guindaste começa a levantar a parede tilt-up. Fonte: (O autor, 2018)

A figura 34 e 35 nos mostrará o içamento da parede tilt-up através do guindaste, para o local definitivo da obra, todo o processo sendo realizado com a segurança da peça e dos funcionários que executam o trabalho.



Figura 34: Painel tilt-up com formato de parede sendo içado para seu local final. Fonte: (O autor, 2018)



Figura 35: Painel tilt-up em pé com a ajuda do guindaste e funcionários na condução. Fonte: (O autor, 2018)

No ultimo passo do nosso escopo da obra, a figura 36 mostra o painel tilt-up finalizada e colocada em definitivo onde ficará a obra.



Figura 36: Painel Tilt-up finalizado e colocado na posição final da obra. Fonte: (O autor, 2018)

9. CONCLUSÃO

O trabalho de conclusão de curso teve a intenção de demonstrar o quanto o uso dos pré-moldados e do sistema tilt-up pode ajudar na construção civil, em questões de tempo, pois é um serviço ágil, econômico, economia de materiais e não deixa resíduos na obra, porque a industrialização da construção civil está crescendo conforme passa os anos e por isso temos que estar à procura de novos sistemas construtivos que possam nos atender tanto em agilidade, economia, qualidade e segurança. O pré-moldado de concreto e sistema tilt-up tornaram-se fundamentais na construção civil, por conta das aplicações em muitos ramos na construção civil, por ter uma idéia de sustentabilidade da construção que não ocorre desperdício na execução e montagem, isso torna um fator principal para o sistema, pois a velocidade da construção é maior que a construção convencional. Percebemos no desenvolvimento do trabalho, que a utilização do pré-moldado e tilt-up estão aumentando de ano em ano no Brasil, porém também está surgindo novas tecnologias e sendo criados outros sistemas de pré-moldados que podem ser relacionados com alguns sistemas de construção, por isso podemos ter dentro de alguns anos um aumento do uso de estruturas industrializadas. É muito importante reforçar o método do uso de pré-moldados de concreto e o sistema tilt-up, pois definitivamente está no caminho de uma busca maior na industrialização da construção civil no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EL DEBS, MOUNIR KHALIL. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118/2014: **Projeto de estruturas de concreto**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 9062/2006: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**.

ACKER, ARNOLD VAN. **Manual de sistemas de pré-fabricados de concreto. FIP 2002**, Tradução Marcelo Ferreira, ABCIC 2003.

VASCONCELOS, A. C. (2002). **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 9062/1985.

RAY ET AL (2006). **Pré-Moldados**