UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ - REITORIA DE GRADUAÇÃO E ASSUNTOS ESTUDANTIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Adenilson Queiroz Lima
Rafael Berto Costa

ESTUDO DO PROCESSO CONSTRUTIVO EM *TILT-UP*: AVANÇO DA PRODUÇÃO NA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS

Sorocaba/SP
2023

Adenilson Queiroz Lima

Rafael Berto Costa

ESTUDO DO PROCESSO CONSTRUTIVO EM *TILT-UP*: AVANÇO DA PRODUÇÃO NA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do Diploma de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade de Sorocaba.

Orientador: Me. Mário Sérgio Killian

Sorocaba/SP
2023

Adenilson Queiroz Lima

Rafael Berto Costa

ESTUDO DO PROCESSO CONSTRUTIVO EM *TILT-UP*: AVANÇO DA PRODUÇÃO NA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do Diploma de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade de Sorocaba.

Aprovado em: 14 Jun. 2023

BANCA EXAMINADORA:

Professor Me. Mário Sérgio Killian

Universidade de Sorocaba

Professora Ma. Luma Caroline de Barros

Universidade de Sorocaba

Professor Me. Vitor Rogério Pires

Universidade de Sorocaba

RESUMO

A engenharia civil é uma área que ao longo dos anos, passa por gradativas mudanças em suas técnicas e formas de execução. O maior déficit está no quesito eficiência, racionalização de materiais e novas alternativas. Diante disso surgiu o estudo para se apresentar as principais etapas de um projeto eficiente e prático, conhecido como *tilt-up*. Apesar de ser um sistema antigo, este método vem se modernizando com o advento da tecnologia e sabe-se que atualmente este sistema é bastante difundido em países como a Austrália, Canadá, Estados Unidos, Nova Zelândia e no Reino Unido. Esse método de construção industrializada vem para aprimorar e inovar, trazendo rapidez, economia e segurança. As paredes pré-moldadas por inclinação (*Tilt-Up*), com eficiência e ótima produtividade é um método construtivo muito utilizado na construção de galpões. O sistema construtivo *tilt-up* tem como potencial a alta durabilidade e rapidez, garantindo reaproveitamento de materiais e composição dos elementos todos moldados *in loco*, desde sua montagem de forma, armação, concretagem e consequentemente o içamento dos painéis. Logo com os dados coletados e valores obtidos no estudo de projeto, o método *Tilt-Up*, quando verificado somente valores, pode-se dizer que não é barato, porém analisando o aumento de produção que uma obra ganha com toda construção moldada *in loco*, sendo galpão logístico ou industrial. Se observa uma boa relação custo-benefício, tornando-se competitivo no mercado.

Palavras-chave: eficiência. racionalização. rático. rapidez*. tilt-up*.

ABSTRACT

Civil engineering is an area that, over the years, undergoes gradual changes in its techniques and forms of execution. The biggest deficit is in terms of efficiency, rationalization of materials and new alternatives. In view of this, the study emerged to present the main stages of an efficient and practical project, known as tilt-up. Despite being an old system, this method has been modernized with the advent of technology and it is known that this system is currently widespread in countries such as Australia, Canada, United States, New Zealand and the United Kingdom. This industrialized construction method comes to improve and innovate, bringing speed, economy and safety. The precast walls by tilting (Tilt-Up), with efficiency and great productivity, is a constructive method widely used in the construction of sheds. The tilt-up constructive system has the potential to be highly durable and quick, guaranteeing the reuse of materials and composition of the elements, all molded in loco, from the assembly of the mold, frame, concreting and, consequently, the lifting of the panels. So with the data collected and values obtained in the project study, the Tilt-Up method, when verified only values, it can be said that it is not cheap, but analyzing the increase in production that a work gains with all construction molded in loco, being a logistic or industrial warehouse. A good cost-benefit ratio is observed, making it competitive in the market.

Keywords: efficiency. rationalization. practical. quick. *tilt-up*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais acontecimentos na história do grupo WTorre. 11
Figura 2 - Painéis *Tilt-Up* curvos.....12
Figura 3 - Painéis *Tilt-Up* 13
Figura 4 - Projeto de Paginação dos Painéis.....14
Figura 5 - Projeto de Elevação do Painéis.....15
Figura 6 - Fluxograma de Projeto 16
Figura 7 - Fluxograma do processo de construção.....18
Figura 8 - Planta do empreendimento com bloco de fundição.....21
Figura 9 - Bloco de fundação.....22
Figura 10 - Concretagem exposta 27
Figura 11 - Notas gerais de características do concreto.....29
Figura 12 - Rompimento de corpo de prova 29
Figura 13 - Tanque de cura 30
Figura 14 - Montagem de formas.....31
Figura 15 - Aplicação de cera.....31
Figura 16 - Armação do painel *Tilt-Up* 32
Figura 17 - Limpeza para liberação da concretagem.....33
Figura 18 - Concretagem final 34
Figura 19 - Arranjo do escoramento de um painel.....35
Figura 20 - Painéis sendo içados com auxílio de guindastes. 36
Figura 21 – Detalhes para içamento.....37
Figura 22 - Escoramento provisório.....38
Figura 23 - Junta dos painéis.....39
Figura 24 - Identificação de cera no Painel *Tilt-Up* 40
Figura 25 - Lixamento do Painel *Tilt-Up*.....40
Figura 26 - Lavagem do Painel *Tilt-Up*, após o lixamento 41
Figura 27 - Painel de *Tilt-Up* com Pintura Final 41
Figura 28 - Painéis *Tilt-Up* com previsão de futuras aberturas. 42

Tabela 1 - Materiais e Equipamentos.....10
Tabela 2 - Valores por M².....23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 OBJETIVO 9
2.1 Objetivo geral 9
2.2 Objetivo específico 9
3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS PARA EXECUÇÃO 10
4 HISTÓRIA DO *TILT-UP* NO BRASIL 11
5 ESTUDO DE CASO 14
6 ÁNALISE CRÍTICA DE PROJETOS 16
7 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE 17
8 MÉTODO DE EXECUÇÃO 18
8.1 Segurança 19
8.2 Conforto Térmico e Acústica 19
8.3 Tempo de Execução 19
9 FUNDAÇÃO RÁPIDA E ECONOMICA 21
10 VIABILIDADE ECONÔMICA 23
11 VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA *TILT-UP* 24
12 PLANEJAMENTO DO PROJETO 25
13 PROGRAMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 26
13.1 Layout e método de moldagem dos pisos polido 27
13.2 Considerações do concreto para plano de içamento 28
13.3 Locação e montagem de formas 30
13.4 Aplicação de cera 31
13.5 Armação 32
13.6 Limpeza para liberação da concretagem 32
13.7 Execução de concretagem de placas *Tilt-Up* 33
13.8 Cura do concreto de placas concretadas 34
13.9 Execução de içamento de placas *Tilt-Up* 35
13.10 Finalização dos acabamentos de painéis 38
13.11 Pintura em Painel *Tilt-Up* 39
14 EXPANSÃO DE EDIFICAÇÕES COM SISTEMA *TILT-UP* 42
15 VANTAGENS 43
16 PRÉ MOLDADOS E PRÉ FABRICADOS 44
17 CONSIDERAÇÕES FINAIS 45
18 CONCLUSÃO 46
REFERÊNCIAS 48

1 INTRODUÇÃO

O *Tilt-Up* é o sistema construtivo muito utilizado atualmente entre os novos lançamentos de empreendimentos industriais. Esse sistema de pré-moldado é construído a partir de concretagem no próprio local da obra. Após a concretagem do piso polido, são moldadas as paredes em concreto com qualquer desenho de estrutura ou texturas, as paredes são levantadas com ajuda de um guindaste. Considerado um sistema construtivo autoportante, podem ser incorporados vãos para portas e janelas com grandes aberturas, e ainda sendo possível se aventurar com a arquitetura moderna em detalhes técnicos de acabamento. Quando atingem a resistência necessária após a concretagem, os painéis são içados por guindastes e apoiadas nos blocos das fundações (EMPRESA X, 2023).

Ao decorrer do estudo com a EMPRESA X (2023), foi apresentado todo seu processo executivo, considerando ser um sistema originado diretamente dos EUA, ao decorrer do estudo será apresentado a utilização deste processo construtivo em um empreendimento atual no Brasil. Sendo utilizado com grande interesse de custo-benefício, qualidade, rapidez e com a garantia em contar com desperdício zero de materiais na execução. De maneira como todo método construtivo, *Tilt-Up* necessita, obrigatoriamente que a equipe de produção, planejamento e projeto se comunique, de modo que todas etapas e fases da obra, seja definida de maneira organizada, logo assim as atividades de sequência não sejam impactadas com desvios de obra.

Assim com projeto de implantação e elevação do edifício é possível determinar o local onde será montada as formas e concretadas em função de seu içamento, prevendo assim, o fechamento do edifício.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral.

Estudo do processo construtivo em *Tilt-Up*, assim apresentar o método de execução de cada etapa em obra, de modo que garanta qualidade e rapidez no avanço de obras industriais.

2.2 Objetivo específico.

- Estudo do processo construtivo *Tilt-Up*;
- Apresentar a história do *Tilt-Up* no Brasil;
- Abordar em campo análises críticas de projeto;
- Apresentar um método construtivo com possibilidade de suprir desafios de mercado, de modo rápido e inteligente;
- Representar o custo médio de mercado, de modo que comparado com a agilidade de execução, seja observada como custo-benefício;
- Demonstrar que o sistema é satisfatório quando bem planejamento;
- Apresentar vantagens obtidas através do estudo de campo;

3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS PARA EXECUÇÃO

De acordo com o estudo do processo construtivo *Tilt-Up* na EMPRESA X (2023), através de coleta de dados em campo, conforme Tabela 1, cita todos materiais e equipamentos necessários para execução em obra.

Tabela 1 - Materiais e Equipamentos

Item	Material	Características
01	Estação total	Topografia
02	Trena metálica	5 m ou 3 m de comprimento
03	Formas de madeira	Madeira pinus
04	Desempenadeira de Aço	Lisa
05	Linha guia de “pedreiro”	Nylon
06	Prego	Aço, com cabeça
07	Martelo de Carpinteiro	Carpinteiro
08	Vassoura e rodo (para limpeza e aplicação de cera)	Piaçava
09	Cera	Desmoldante
10	Aço	Barra reta CA50 e CA60
11	Alicate de Corte	Turquesa
12	Enxadas	Enxada
13	Vibrador de imersão	Concreto com mangote
14	Régua de pedreiro	Alumínio
15	Alisadora de concreto	Bambolê
16	Massa de Vidro	Massa de Calafetagem
17	Lona	Plástica
18	Marreta	1 a 2 Kg
19	Talhadeira de 1m	Talhadeira de mão
20	Lavadora de alta pressão	Alta pressão elétrica
21	Insertos	N/A
22	Superlift	Gancho
23	Guindaste	Caminhão
24	Escoras	Aço
25	Furadeira	Impacto
26	Parafuso	Parabolts
27	Chave tipo catraca	Tipo Catraca
28	Manta Geotêxtil	Bidim para cura do concreto
29	Escoras	Aço
30	Furadeira	Impacto
31	Parafuso	Parabolts
32	Chave tipo catraca	Tipo Catraca
33	Manta Geotêxtil	Bidim para cura do concreto

Fonte: EMPRESA X

4 HISTÓRIA DO *TILT-UP* NO BRASIL

O sistema *Tilt-Up*, foi iniciado como método construtivo no Brasil pela construtora WTorre, de acordo com a Figura 1, demonstra o processo de iniciação com a utilização do método *Tilt-Up* no mercado da construção civil.

> A construtora WTorre, nascida em 1981 como uma construtora, nessa época sua atividade principal era a de projetar armazéns industriais para locação, um nicho de mercado que ainda não era explorado no país. O passo seguinte foi a construção de galpões sob medida, com soluções diferenciadas de armazenagem e transporte de cargas para cada cliente. A inovação e o uso de modernos recursos construtivos sempre estiveram presentes em seus projetos. Para se ter uma ideia, a WTorre foi responsável por trazer para o Brasil a tecnologia *Tilt-Up* (GRUPO WTORRE, 2023).

Figura 1 - Principais acontecimentos na história do grupo WTorre.

Fonte: Grupo WTorre, 2023. Disponível em: http://www.wtorre.com.br/grupo/historia

De acordo com o estudo do processo construtivo *Tilt-Up*, existem poucas empresas de Engenharia no Brasil com especialização do método construtivo *Tilt-Up,* sendo, Libercon, Ribeiro Caram e Diase. De modo que, o estudo da utilização do *Tilt-Up* no Brasil, foi utilizado como referência a empresa DIASE CONSTRUTORA (2023).

> Fundada em 1999 e com mais de 5 milhões de m² em área construída, a DIASE é a maior empresa nacional de engenharia especializada na tecnologia *Tilt-Up* e membro do TCA *(Tilt-Up Concrete Association*), uma associação americana de alcance global dedicada à essa técnica, que garante obras mais rápidas, duráveis, com custos otimizados e muito mais sustentáveis (DIASE CONSTRUTORA, 2023).

> A Indústria da Danfoss do Brasil foi construída em Osasco – SP e tem 10.887 m². Com seu projeto desafiador, recebeu o prêmio da TCA (*Tilt-Up Concrete Association*) no 24º Encontro Anual da Associação. Possuindo painéis curvos de *Tilt-Up*, a obra foi homenageada no evento como exemplo de técnica e excelência em sua construção (DIASE CONSTRUTORA, 2023).

Figura 2 - Painéis *Tilt-Up* curvos

Fonte: Diase Construtora, 2023.

Figura 3 - Painéis *Tilt-Up*

Fonte: Diase Construtora, 2023.

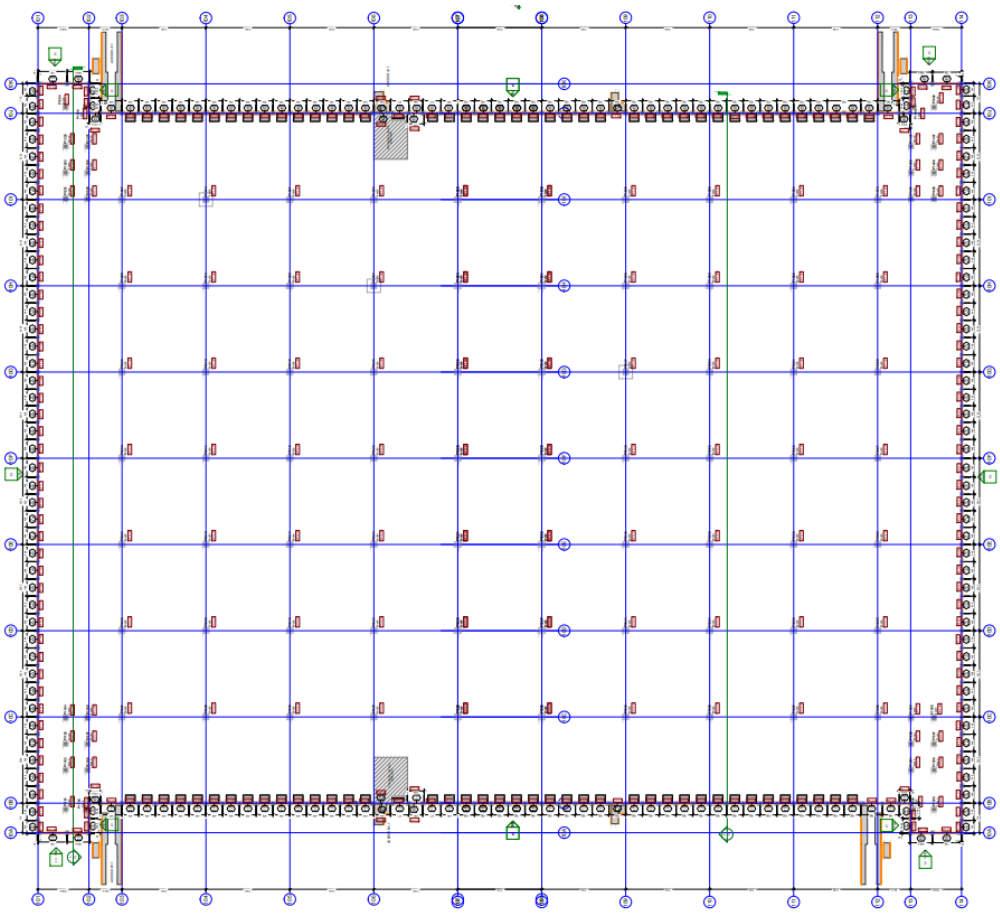
5 ESTUDO DE CASO

O *Tilt-Up* consiste em produzir paredes de concreto armado pré-moldados *in loco*.

Como base do estudo de caso, foi utilizado a obra de galpão de fins logísticos situado na Rodovia Raposo Tavares da EMPRESA X (2023), com área total construída de 43.853,00 m², sendo 11.588,00 m² de paredes *Tilt-Up*.

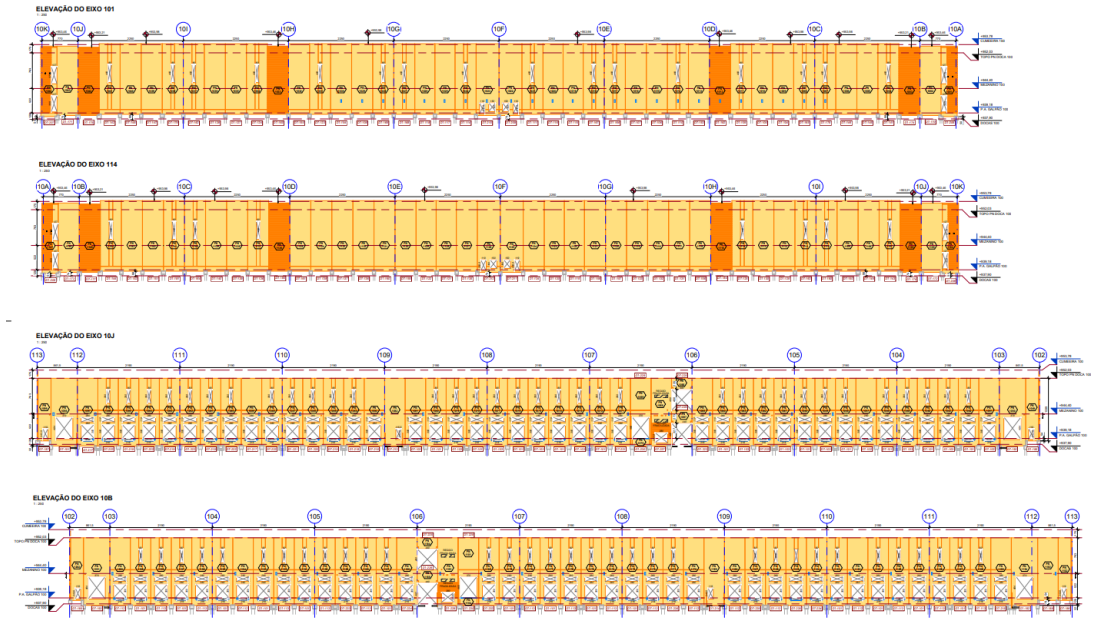
De acordo com o projeto de paginação e elevação dos painéis do galpão estudado, é possível identificar o posicionamento de cada painel, de modo que será executado cada um em seu devido local de fabricação ao içamento, até o fechamento do galpão, conforme Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Projeto de Paginação dos Painéis



Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 5 - Projeto de Elevação do Painéis



Fonte: EMPRESA X, 2023.

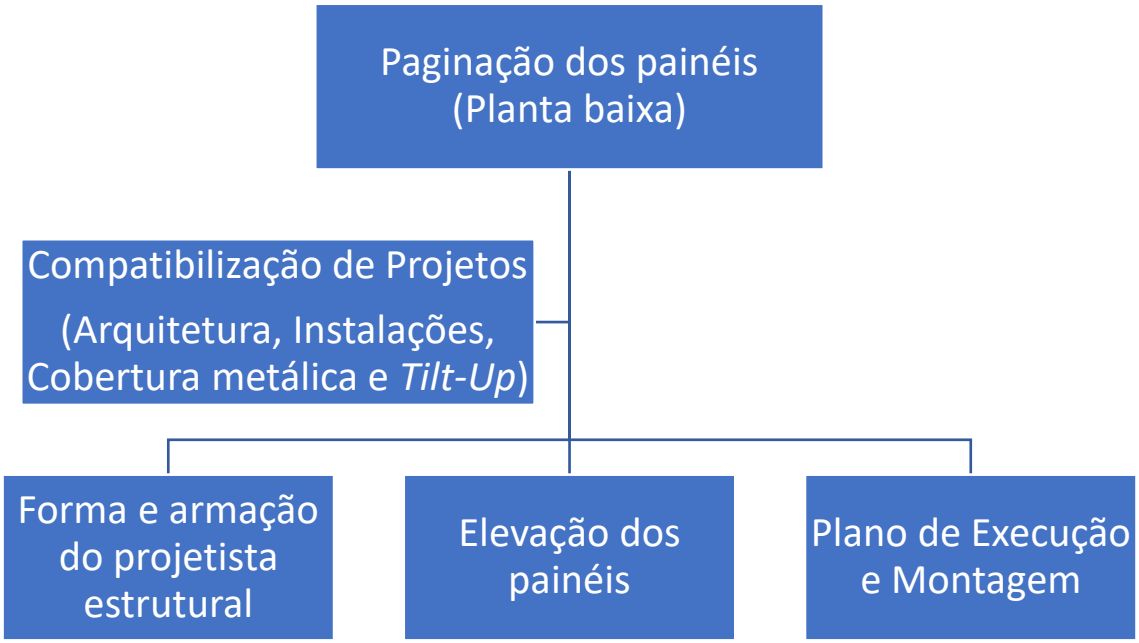
As paredes são preparadas utilizando o piso de concreto polido como piso para fabricação de painéis, e logo com a ajuda de guindaste, fazer o içamento das paredes até o local definitivo na obra. O sistema permite flexibilidade, podendo colocar vãos para portas e janelas e fazer um acabamento excelente.

6 ÁNALISE CRÍTICA DE PROJETOS

Conforme estudo com a EMPRESA X (2023), foi possível coletar dados sobre o quão importante é ter um responsável do setor de projetos em tempo integral em obra.

Os projetos do *Tilt-Up* devem estar disponíveis e obrigatoriamente verificados e analisados, caso haja incompatibilidade ou elementos faltantes a obra deve questionar ou reunir-se com os projetistas envolvidos, conforme Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma de Projeto



Fonte: EMPRESA X, 2023.

7 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

Com a construção horizontal de paredes, com ausência de pilares e com fundações simplificadas, faz que a obra seja finalizada e entregue em tempo consideravelmente menor.

A referida velocidade de execução, logo com a forma ágil da construção, faz dela um benefício competitivo comparado ao sistema construtivo convencional ou até mesmo os de pré-fabricados, que requerem a transferência dos painéis da fábrica para o local da obra.

> Em contraste com a piora da economia brasileira, o setor de obras residenciais está crescendo aceleradamente e até sofrendo com a falta de mão de obra para trabalhar. O problema já é visto na cidade de São Paulo, onde há escassez de profissionais qualificados, como; pedreiros, carpinteiros, azulejistas e mestres-de-obras**.** (BONATELLI, 2022)

Embora ocorra oscilação no setor da construção civil, de acordo com os dados coletados no estudo com a EMPRESA X (2023), a mão de obra para execução de *Tilt-Up*, necessariamente é preciso que tenha encarregado ou mestre de obras com experiencia do processo *Tilt-Up*, de maneira que exige conferência inteligente a cada etapa do processo.

Segundo o mesmo autor, a mão de obra necessária para execução são carpinteiros e armadores, sendo também mão de obra disponíveis em outros métodos construtivos, assim como obras convencionais com grande possibilidade de aperfeiçoamento e qualificação em poucos dias.

8 MÉTODO DE EXECUÇÃO

Sendo um elemento pré-moldado e executado industrialmente em canteiros de obra, sob fiscalizações e conferências rigorosas de controle de qualidade.

Conforme dados coletados no estudo da EMPRESA X (2023), para execução do *Tilt-Up* deve ser constituída pelos projetos de forma, armação, elevação e após análise dos técnicos responsáveis deve ser desenvolvido o plano de execução e montagem. Este plano deve determinar as posições das formas de concretagem dos painéis no piso, para que o encarregado pela montagem possa visualizar os movimentos necessários para a montagem das placas.

Para o desenvolvimento deste plano, deve-se verificado com cautela as sobreposições dos painéis dos cantos do empreendimento para verificar se haverá mezaninos nesta área. Havendo mezaninos, os painéis possuirão consoles para montagens da laje, sendo assim, o projetista deverá ser consultado para que os arranques e consoles sejam realizados posteriormente antes da montagem e evitando quaisquer custos adicionais com equipamentos (EMPRESA X, 2023).

A Figura 7, apresenta o fluxograma do processo de construção do *Tilt-Up*.

Figura 7 - Fluxograma do processo de construção

Fonte: EMPRESA X, 2023.

8.1 Segurança

O sistema construtivo *Tilt-Up* é muito empregado na construção de galpões, onde as paredes são moldadas no nível do piso, eliminando montagens de andaimes, formas de madeiras e escoramentos a grandes alturas, assim quando comparado ao método convencional de alvenaria. Deste modo garante maior segurança para a equipe de execução (EMPRESA X, 2023).

8.2 Conforto Térmico e Acústica

De acordo com a AECWEB (2017), “Enquanto os materiais considerados bons absorvedores sonoros são os leves (pouca massa), moles e porosos, os isolantes acústicos são os pesados (muita massa), duros e lisos, como concreto, aço, vidro e chumbo.”

Assim se o edifício estiver em área ruidosa, através do método de paredes de concreto, o empreendimento conta com vantagens das propriedades acústicas do concreto. A massa absorve ruídos com mais eficácia. E a massa térmica inerente aos painéis reduzirá os picos e cargas térmicas do sistema de refrigeração (EMPRESA X, 2023).

8.3 Tempo de Execução

De acordo com os dados obtidos no estudo do método construtivo no empreendimento EMPRESA X (2023), durante toda a obra utilizou-se uma média de 40 funcionários, sendo eles, ajudantes, carpinteiros, armadores, montadores de painéis e mestre de obras, que executaram todos os painéis de *Tilt-Up* e os dispuseram na posição final.

Para se ter uma ideia, de acordo com o acompanhamento em obra da EMPRESA X (2023), se pode comprovar que um único guindaste consegue executar o içamento de 10 painéis por dia. Ou seja, um processo que poderia levar semanas, talvez até meses, tem sua execução em questão de dias.

Totalizando o galpão com área construída de 43.853,00 m² foram 6 meses utilizados para fechamento do galpão na execução de *Tilt-Up*, sendo, para liberação

de frente com piso polido concretado, fabricação dos painéis e seus içamentos e posicionamento de acordo com a fabricação.

Enquanto a obra completa teve duração de 9 meses em dias corridos.

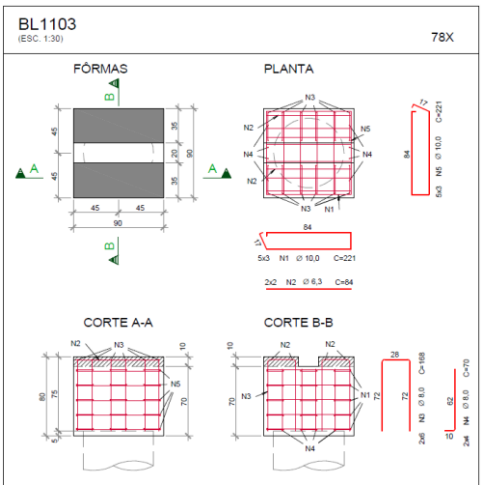
9 FUNDAÇÃO RÁPIDA E ECONOMICA

De fato, com o estudo na EMPRESA X (2023), o método de fundação para o sistema construtivo *Tilt-Up*, garante economia de material e na mão de obra, onde sua fundação é simplificada, logo garante menor manutenção e diminuição de tempo na execução da construção.

> Elemento de fundação profunda que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiado em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m, quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada, neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões. (ABNT NBR 6122:2022, p. 5)

De acordo com as Figuras 8 e 9, é possível viabilizar o quão rápido e ágil com a fundação simplificada. Com apenas um tipo de bloco de fundação, se torna possível otimizar o tempo de execução da fundação, garantindo qualidade, prazo e lucro na entrega do empreendimento (EMPRESA X, 2023).

Figura 8 - Planta do empreendimento com bloco de fundição.



Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 9 - Bloco de fundação

Fonte: (EMPRESA X, 2023)

10 VIABILIDADE ECONÔMICA

> No setor financeiro, o planejamento geralmente fornece informações quanto à viabilidade econômica do empreendimento referente ao custo de construção obtido pelo orçamento detalhado da obra, pelo cronograma físico-financeiro e pelo custo de construção de cada unidade do empreendimento (GOLDMAN, 2004).

De acordo com os dados fornecidos pela EMPRESA X (2023), (Tabela 2) o processo construtivo *Tilt-Up* tem o custo em média de R$552,00 m^2, com todos seus insumos incluídos.

Tabela 2 - Valores por M²

ÁREA TOTAL CONSTRUIDA M²	43853,00
ÁREA DE *Tilt-Up* M²	11588,00
VALOR DO M² DO *Tilt-Up*	552,00
CUSTO TOTAL	**R$ 6.396.576,00**

Fonte: EMPRESA X, 2023.

De maneira que o galpão logístico da EMPRESA X (2023), tem de área construída 43.853,00 m², sendo 11.588,00 m² com o *Tilt-Up*, o custo total do processo construtivo estima-se a R$ 6.396.576,00.

Assim com dados e valores obtidos em nosso estudo com a EMPRESA X (2023), o método *Tilt-Up*, quando verificado somente valores, pode-se dizer que não é barato, porém analisando o aumento de produção que uma obra ganha com toda construção moldada *in loco*, sendo galpão logístico ou industrial. Se observa uma boa relação custo-benefício, tornando-se competitivo no mercado.

11 VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA *TILT-UP*

Diante aos fatores analisados a obra na EMPRESA X (2023), se adéqua ao que ao sistema *Tilt-Up*. Como o empreendimento logístico a agilidade de execução é vantajosa para quando o cliente que exige velocidade no prazo de entrega do edifício. De modo que o galpão como base de estudo, tenha a obra concluída o mais rápido possível para entre em funcionamento e tenha o retorno do capital investido.

> Sistemas modernos fazem parte das chamadas técnicas de construções abertas, os quais significam que, a arquitetura é livre para criar o projeto de acordo com as exigências do cliente. A tendência é construir espaços abertos livres entre as paredes portantes e usar divisórias leves para definir o layout interno. Com essa técnica é possível mudar o projeto futuramente, sem maiores custos (IGLESIA, 2006).

> Como o sistema construtivo proporciona ao construtor: velocidade na execução da estrutura, eliminação do cimbramento, liberação imediata de outros serviços a serem executados na edificação, racionalização dos processos e materiais de construção e redução da equipe de execução direta, os custos com forma, armação e aluguel de equipamentos de apoio além do custo indireto com a equipe administrativa devem ser computados no cálculo dos custos (ARAÚJO FILHO**;** FARAH, 2011)

12 PLANEJAMENTO DO PROJETO

Ao planejar uma obra, o gestor adquire alto grau de conhecimento a respeito do empreendimento, o que lhe permite ser mais eficiente na condução dos trabalhos.

Dentre outros os principais benefícios que o planejamento traz são: (i)Conhecimento pleno da obra; (ii) detecção de situações desfavoráveis; (iii) agilidade de decisões; (iv) relação com o orçamento; (v) otimização da alocação de recursos; (vi) referência para acompanhamento; (vii) padronização; (viii) referência para metas; (ix) documentação e rastreabilidade; (x) criação de dados históricos; (xi) alinhamento da equipe de produção (EMPRESA X, 2023).

13 PROGRAMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

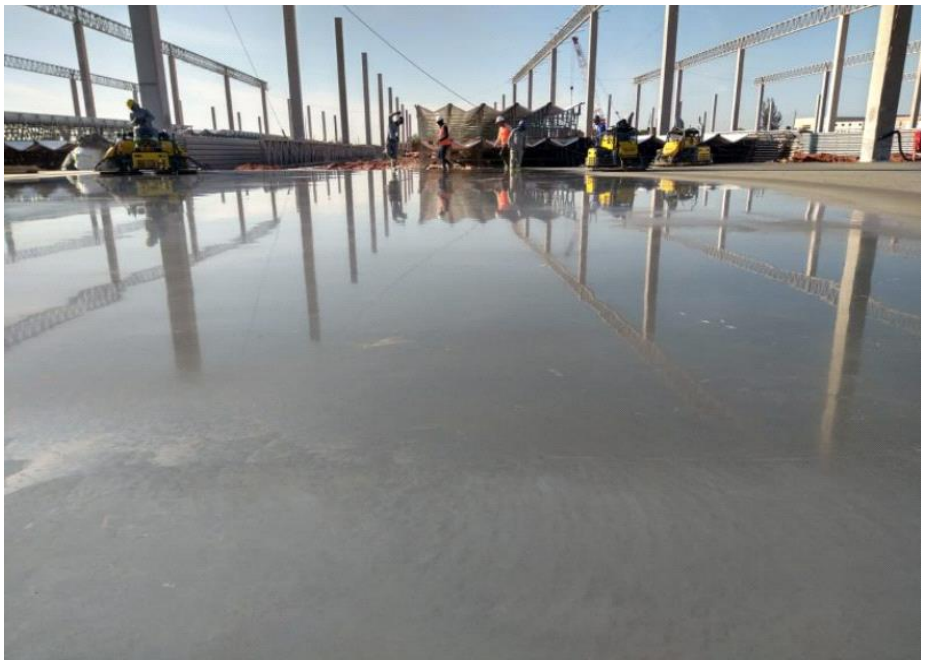
De acordo com o estudo em obra na EMPRESA X (2023), os aspectos da construção devem ser identificados no planejamento do projeto e não apenas no momento de execução da obra. Devem ser considerados os aspectos físicos da edificação, o tempo para execução de cada etapa, sendo elas: Concretagem de piso polido para liberação de frentes de montagem de formas, montagem de forma, montagem de armação, concretagem e içamento, de modo que no ato da execução o construtor não seja surpreendido com interferências não adotadas no momento da contratação, entre contratante e contratado).

13.1 Layout e método de moldagem dos pisos polido.

Conforme estudo do processo *Tilt-Up*, na EMPRESA X (2023), a concretagem do piso polido do edifício é o início para liberação de frente dos painéis *Tilt-Up*. De modo que a primeira fase de concretagem do piso interno do galpão são as faixas laterais do edifício, de maneira que a cada concretagem do piso polido é liberado frente de trabalho para montagem de forma dos painéis.

> Responsável pelo projeto do piso, prestou também consultoria no desenvolvimento do traço de concreto, acompanhamento das concretagens para afinamento dos procedimentos executivos e vem realizando a aferição dos índices *F-Numbers* (Planicidade e Nivelamento). Naturalmente, em função do uso da técnica *tilt-up*, todas as concretagens desta fase ocorreram sem fechamento superior, expondo a execução às intempéries mais críticas, como o sol direto, consideravelmente prejudicial para as etapas executivas do piso de concreto. Por conta disso, na etapa inicial, foi necessário realizar as concretagens no período noturno, buscando a melhor condição climática possível, uma vez que, à noite, há menor variação de temperatura e incidência solar (LPE ENGENHARIA, 2023).

Figura 10 - Concretagem exposta



Fonte: LPE ENGENHARIA. Disponível em: (https://lpe.eng.br/prologis-raposo-tavares-km-39/)

13.2 Considerações do concreto para plano de içamento

De acordo com o estudo na EMPRESA X (2023), em virtude de garantir aumento da produção no içamento dos painéis, deve-se planejar qual característica utilizar para cada concretagem.

O içamento está relacionado a qual tipo de concreto será considerado diante a concretagem, tendo variação de acordo com a necessidade do aumento de produção do içamento, de modo que o guindaste não fique sem produzir.

A resistência característica à compressão, e a unidade de medida usada para definir os seus valores é o Mega Pascal, abreviado para MPa, sendo:

fck 25 MPa para içamento com sete dias de cura.

fck 30 MPa para içamento com quatro dias de cura.

fck 40 MPa para içamento com três dias de cura.

De acordo com o estudo na obra, EMPRESA X (2023), para garantir agilidade na produção, é necessário que se contrate um laboratório que possua acreditação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), para realizar os ensaios solicitados de projeto, sendo: Ensaios à compressão e módulo de elasticidade.

Assim sendo responsáveis por todo o processo desde a chegada do caminhão de concreto na obra, ao rompimento dos corpos de provas e realização de relatórios finais, conforme Figuras 11 e 12.

A EMPRESA X (2023), utiliza-se com bastante frequência o concreto com fck 40 MPa, conforme Figura 11, o projeto solicita que seja utilizado o concreto de fck 30 MPa, com análises de cálculo estrutural do projetista responsável, foi possível alterar a resistência característica à compressão, para o concreto de fck 40 MPa, pois assim é possível garantir resultado de resistência à compressão com 3 dias de cura e aumentar a produtividade de içamento.

Conforme Figura 13, todo corpo de prova fica retido em obra e armazenado em um tanque de cura, prescrito conforme normas técnicas, (ABNT NBR 16889:2020, ABNT NBR 5739:2018 e ABNT NBR 8522-1:2021).

Figura 11 - Notas gerais de características do concreto

NOTAS GERAIS
NOTES

1) As cotas estão expressas em centímetros e os níveis em metros;

2) O nível 939,18 refere-se ao nível do piso acabado INTERNO do galpão;

3) Propriedades consideradas para o concreto (PAINÉIS TILT-UP):
- *fck= 30 MPa, Eci= 31 GPa, Ecs= 27 GPa;*
- *fcj = 25 MPa, Ecj = 28 GPa; Ecs = 24 GPa; (para içamento)*
- *Fator água/cimento máximo = 0,60; consumo mínimo de cimento= 280 kgf/m³;*
- *Classe de agressividade ambiental II.*

Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 12 - Rompimento de corpo de prova

Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 13 - Tanque de cura

Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.3 Locação e montagem de formas

A fabricação da placa é feita com o auxílio do topografo a qual é realizada a locação dela na superfície do piso por onde será iniciada a execução das formas.

A montagem das formas deve constituir primeiramente a realização da limpeza do piso, em seguida as marcações das placas e verificação de esquadros para distribuição da madeira e fixação delas. A aplicação de cera desmoldanteno piso para evitar que o painel seja aderido durante a cura e para que facilite a desforma no içamento do painel só deverá ser aplicado após execução das formas conforme mostrado na Figura 14 (EMPRESA X, 2023).

Figura 14 - Montagem de formas

Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.4 Aplicação de cera

Para garantir menor aderência do concreto *Tilt-Up* com piso existente. As formas laterais são encaixadas em seções tipo canaleta que normalmente tem formato trapezoidal para formar chanfros nos painéis. Além das formas perimetrais, os painéis podem ter aberturas de vãos que serão delimitadas por tábuas devidamente travadas, em ambos os casos a função é conter o concreto fresco a ser lançado, conforme mostrado na Figura 15 (EMPRESA X, 2023).

Figura 15 - Aplicação de cera

Fonte: EMPRESA X, 2023

13.5 Armação

A execução da armação ocorre todo corte do aço fora da forma a ser concretada, após o corte e dobra, todo aço é levado à forma da peça a ser concretada, conforme Figura 16 (EMPRESA X, 2023).

Figura 16 - Armação do painel *Tilt-Up*

Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.6 Limpeza para liberação da concretagem

Na finalização da montagem de toda armação é realizado a limpeza geral, garantindo que não haja poeira nem possíveis materiais soltos que possam afetar o elemento estrutural, conforme a Figura 17 (EMPRESA X, 2023).

Figura 17 - Limpeza para liberação da concretagem.

Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.7 Execução de concretagem de placas *Tilt-Up*

Execução de concretagem de placas *Tilt-Up*, todo processo de concretagem é acompanhado por uma equipe treinada, na chegada do caminhão de concreto na obra a equipe de laboratório faz toda conferência solicitada em projeto estrutural até o descarregamento do concreto pela equipe de acabamento da peça, para garantir o traço estrutural solicitado pelo projetista, o concreto é espalhado com o auxílio de ferramentas manuais, vibrado em diversos pontos (durante o processo de vibração deve ser evitado o contato da agulha do vibrador com as formas dos painéis, com os frisos, e principalmente com a armadura) e sarrafeado com réguas de alumínio. Após o lançamento e nivelamento, o tempo de pega inicial do concreto obedecido para iniciar o desempenamento mecânico que proporciona o acabamento ao painel. Cada camada de concreto deverá ser vibrada para eliminar todos ou vazios no seu interior ao longo das superfícies das fôrmas e materiais embutidos (EMPRESA X, 2023).

No lançamento do concreto cada camada deve-se deixar que o mangote de vibração penetre e revire o concreto. Após a concretagem os painéis devem-se ser acabados com polidoras de concreto que promoverão a aparência lisa imprescindível ao método. O concreto especificado com base no dimensionamento do painel é lançado, adensado, nivelado e a sua superfície regularizada. Para garantir a qualidade

das peças subsequentes à primeira concretagem, deve ser executada limpeza da laje de piso conforme Figura 18 (EMPRESA X, 2023).

Figura 18 - Concretagem final

Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.8 Cura do concreto de placas concretadas.

Placas já concretadas aguardando tempo de cura do concreto e resultado de ensaio de compressão para liberação do içamento, A cura do concreto dos painéis poderá ser feita através da lona plástica ou manta Geotêxtil e sobre estes, mantido lâmina de água, conforme Figura 19 (EMPRESA X, 2023).

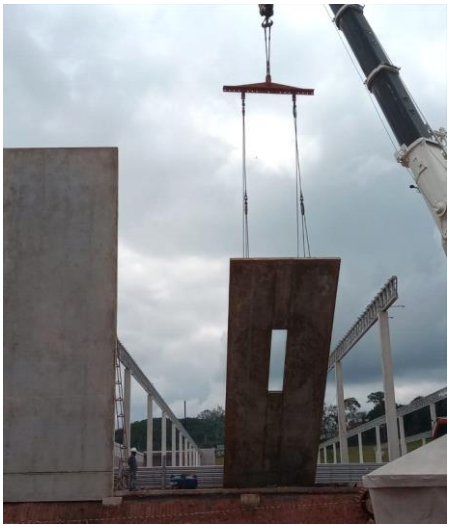
Figura 19 - Arranjo do escoramento de um painel

Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.9 Execução de içamento de placas *Tilt-Up*.

Execução de içamento, (elevação de peça na maneira vertical) de placas *Tilt-Up*, As escoras serão fixadas no painel e no piso através de chumbadores que deverão ser determinados pelo projetista e levado em consideração a espessura do piso de concreto. As escoras deverão ser fixadas no painel antes do Içamento, nos pontos determinados no projeto. Antes do içamento, as placas deverão ser lavadas para remoção de sujeiras e após fixação dos dispositivos de içamento, realizar a descolagem da placa com alavancas para reduzir as cargas de saque conforme Figura 20 (EMPRESA X, 2023).

Figura 20 - Painéis sendo içados com auxílio de guindastes.



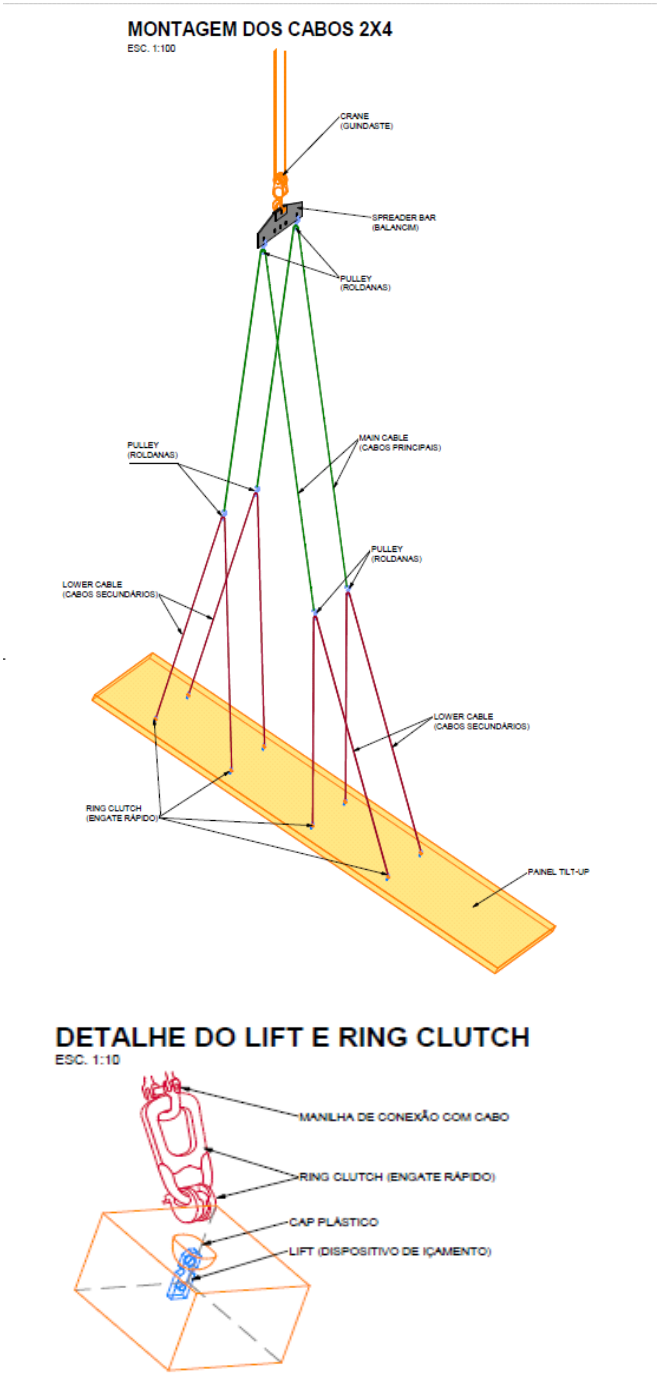
Fonte: EMPRESA X, 2023.

De acordo com os dados coletados em obra na EMPRESA X (2023), os painéis são içados através dos lifts, onde são posicionados em linhas com quatro ou mais peças para cada painel, conforme Figura 21, onde o projeto deverá citar a capacidade, quantidades e posição de fixação, logo que no momento da concretagem é de extrema importância a conferência do posicionamento e fixação à armação do painel.

As escoras deverão ser fixadas no painel antes do Içamento, nos pontos determinados no projeto. Antes do içamento, as placas deverão ser lavadas para remoção de sujeiras e após fixação dos dispositivos de içamento, realizar a descolagem da placa com alavancas para reduzir as cargas de saque (EMPRESA X, 2023).

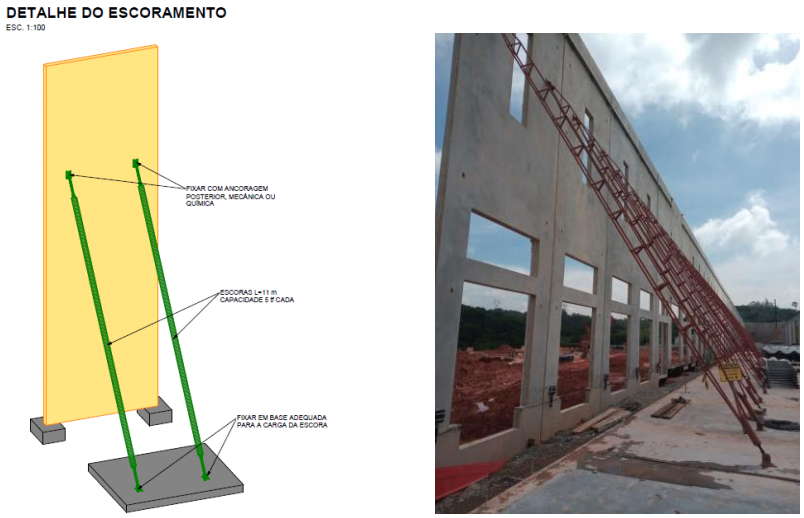
Após o içamento de painel é executado o travamento com utilização de escoras metálicas fixadas no painel com Parafuso Parabolt (parabolt é um sistema de fixação expansivo muito versátil capaz de sustentar estruturas em superfícies, sendo capaz de suportar cargas elevadas, proporcionando uma montagem segura e rápida). Assim, as escoras devem ser ligadas a dispositivos metálicos fixados no piso ou blocos de qualquer formato chamados de deadman (conhecido no canteiro de obra como “Bloco Morto”). Assim quando elevados na posição vertical os painéis devem ser escorados temporariamente, conforme Figura 22, até que seja executada a cobertura do edifício que trabalhará como um diafragma e será responsável pelo contraventamento e estabilidade da estrutura (EMPRESA X, 2023).

Figura 21 – Detalhes para içamento



Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 22 - Escoramento provisório

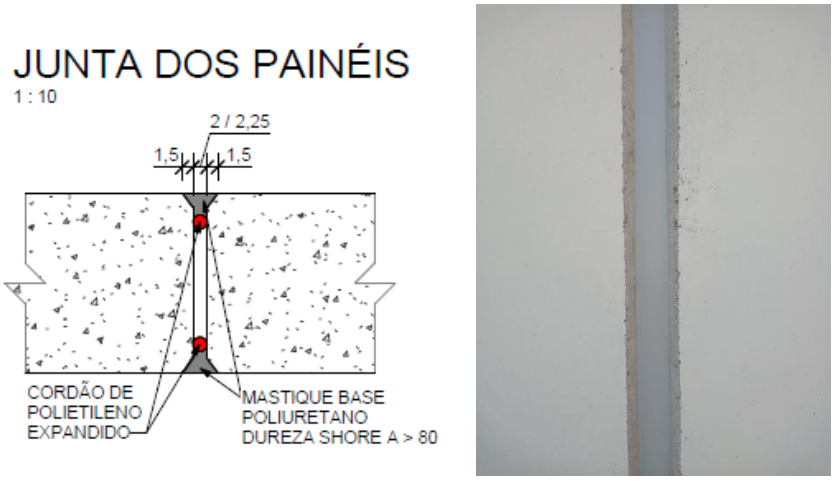


Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.10 Finalização dos acabamentos de painéis.

É necessário que os painéis tenham pequenos espaços entre eles de modo que seja suficiente para o alinhamento dos mesmos e que se evite contato durante seu içamento, logo que seja respeitado o espaçamento entre juntas, conforme a Figura 23. Deve-se levar em consideração na escolha do material de preenchimento a dilatação térmica e retração dos elementos, nível de resistência térmica, resistência às intempéries climáticas e movimentos de acomodação da estrutura (EMPRESA X, 2023).

Figura 23 - Junta dos painéis.



Fonte: EMPRESA X, 2023.

13.11 Pintura em Painel *Tilt-Up*

De modo com o estudo do processo *Tilt-Up*, na EMPRESA X (2023), a etapa de pintura é exigida controle cuidadoso ao ambiente de trabalho, inicia-se na verificação em relação às condições climáticas antes e depois da execução. Para a pintura da face externa das placas é necessário retirar a cera desmoldante, conforme Figura 24.

Caso contrário a pintura não adere e causa bolhas na superfície da peça, sendo um fator importante para o bom resultado do sistema de proteção, logo toda superfície a ser pintada deverá estar limpa, seca, lixada, isenta de partículas soltas e completamente livre de gordura, ferrugem e pó, de acordo com a demonstração das Figuras 25 e 26. Logo após o processo de lixamento e limpeza dos painéis é iniciado a pintura conforme Figura 27 (EMPRESA X, 2023).

Figura 24 - Identificação de cera no Painel *Tilt-Up*

Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 25 - Lixamento do Painel *Tilt-Up*

Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 26 - Lavagem do Painel *Tilt-Up*, após o lixamento

Fonte: EMPRESA X, 2023.

Figura 27 - Painel de *Tilt-Up* com Pintura Final

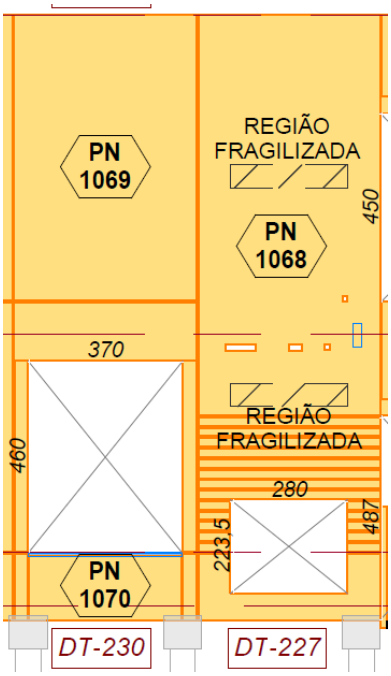
Fonte: EMPRESA X, 2023.

14 EXPANSÃO DE EDIFICAÇÕES COM SISTEMA *TILT-UP*

Sob condições de estudos estruturais, a construção em inclinação pode ser projetada e construída com facilidade, simplesmente destacando e relocando os painéis ou cortando novas aberturas sobre eles.

Através de dados obtidos com estudo do projeto na EMPRESA X (2023), o empreendimento solicitou ao projetista previsões em painéis com áreas fragilizadas, sendo para possíveis instalações futuras de exaustores, conforme Figura 28.

Figura 28 - Painéis Tilt-Up com previsão de futuras aberturas.



Fonte: Projeto Galpão B100, 2023.

15 VANTAGENS

Conforme existem estudos no mercado sobre o sistema *Tilt-Up*, o (CIMENTO ITAMBÉ, 2010), cita sobre o sistema *Tilt-Up*:

> As vantagens são inúmeras e, depois de um século de existência, a construção com pré-moldados é altamente competitiva e certas obras seriam impossíveis de serem executadas se não fosse o pré-moldado. A tendência é utilizar concretos cada vez mais resistentes e permitir a produção de peças cada vez mais esbeltas, propiciando edificações mais arrojadas e esteticamente mais agradáveis e mais duráveis também (Cimento Itambé, 2010).

De acordo com os dados obtidos do estudo sistema *Tilt-Up,* na EMPRESA X, (2023), é listado as seguintes vantagens:

- Isolamento acústico;
- Durabilidade;
- Agilidade na execução de edifícios;
- Baixo custo de manutenção;
- Segurança na execução;

16 PRÉ MOLDADOS E PRÉ FABRICADOS

Através da associação brasileira de normas técnicas, ABNT NBR 9062:2017, estabelece as condições para o projeto, a execução e o controle de estruturas de concreto pré-moldado, armado ou protendido, estabelecendo controle de qualidades, especificações de projeto e produção.

Elemento pré-moldado: “ Os pré-moldados são inspecionados individualmente ou em lotes, por profissionais da própria construtora ou de órgãos fiscalizadores especializados” (CASSOL PRÉ-FABRICADOS LTDA, 2019).

Elemento pré-fabricado:

> O pré-fabricado possui alto rigor técnico e um controle de qualidade mais detalhado, que avalia cada fase do processo de fabricação, além de passar por controle de catalogação, como registro de data, tipo de concreto e aço utilizados além da assinatura dos responsáveis (CASSOL PRÉ-FABRICADOS LTDA, 2019).

17 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à grande procura de prazos mais curtos que o mercado exige, tende a aumentar a procura de meios práticos e métodos visando a rapidez. Os sistemas construtivos em concreto pré-moldado, em geral, apresentam um custo elevado se for comparado a um sistema convencional. Por isso, é preciso focar no planejamento, controle, agilidade de execução, eles terão um resultado bem mais satisfatório que outro método. O *Tilt-Up*, que é tema de estudo neste trabalho, é um sistema prático e racional, porém tem sua montagem muito custosa e que precisa ser bem planejada. De modo que a construção civil partindo para a modulação toda em obra dos mais variados elementos, nos levando a crer que dentro de alguns anos conseguiremos valores razoáveis para execução desses métodos, também em construções de pequeno e médio porte.

As construções em *Tilt-Up* têm como principais objetivos a racionalização de material, a qualidade do serviço e a agilidade da execução. De modo que este método construtivo é totalmente executado no canteiro de obras e pode empregar mão de obra local treinável. Consequentemente, não há incidência de impostos ou outros custos envolvidos, como, por exemplo, transporte. Isso o torna bastante competitivo, ao ser comparado a pré-fabricados que demanda tempo e custo de transporte para locomoção em obra.

Contudo para utilização do sistema *Tilt-Up*, é necessário que seja analisado o objetivo do empreendimento o valor disponível para esta realização, chegando assim a uma solução satisfatória para atender a todas as necessidades da obra, sendo um sistema inteligente e que bem planejado, se observa uma boa relação custo-benefício tornando-se competitivo no mercado.

18 CONCLUSÃO

Contudo, após a análise de estudo do processo construtivo em *Tilt-Up*, pode-se verificar que devido a grande necessidade por prazos curtos que o mercado exige, deve-se cada vez mais estar à procura de novos métodos, de modo que fatores como qualidade, lucro financeiro e rapidez, sejam levados em conta no momento de escolha de novos empreendimentos.

Diante a história e ao estudo de caso, a utilização do sistema *Tilt-Up*, atualmente no Brasil são poucas construtoras especializadas no método, de maneira que necessita de reconhecimento para que seja competitivo no mercado brasileiro. Uma vez que, com a mão de obra bruta, é possível ser treinada e qualificada em pouco tempo, porém a mão de obra de frente, como encarregados, mestre de obras e engenheiros são poucos com conhecimento do sistema.

Para desenvolvimento de projeto em obra, ter um responsável do setor de projetos em tempo integral, é quão importante para equipe de produção, pois uma vez que não compatibilizado os projetos, as interferências aparecem naturalmente diante a equipe de produção, por tratar de uma parede que nela se eleva as instalações e todo suporte para cobertura do edifício.

Foi possível com o estudo de campo comprovar que o processo construtivo de modo geral é rápido, porém demanda ótima planicidade e localidade para implantação da obra, pois leva em consideração a etapa de içamento ser totalmente por guindaste, necessitando de local amplo e livre de interferências para sua movimentação.

Levado em conta o porquê da não utilização em todas as obras, nos mostra ainda uma abertura no método para sua utilização ser reconhecida no mercado brasileiro, pois este processo demanda planejamento em conjunto com custo em média de R$552,00 m^2, com todos seus insumos incluídos e a produção de uma obra, de modo que grandes especialistas em uma construção, demanda grandes investimentos de equipe, tornando-se um método de alto custo.

Diante ao estudo em campo, demonstra-se que o sistema é satisfatório quando bem planejamento, em conjunto com projetos e equipe de produção.

Com o propósito de apresentar o processo construtivo *Tilt-Up*, diante o processo de execução, necessariamente é preciso grandes investimentos, para ter uma ótima equipe, assim garantindo vantagens como isolamento acústico, durabilidade, baixo custo de manutenção, segurança na execução, qualidade e

rapidez, tendo bons resultados, custo-benefício e tornando-se competitivo no mercado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO**,** Luiz Carlos da Silva**;** FARAH, Tarek Tarcísio Ferreira Quintella **Projeto em *Tilt-Up*: viabilidade, planejamento e dimensionamento.** Trabalho de conclusão de curso Graduação (Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife 2011. Acesso em: 10 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:2018: Determinação da Resistência à Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122:2022, p 5. Requisitos a serem observados no projeto e execução de fundações de todas as estruturas da engenharia civil.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522-1:2021: Determinação dos módulos de elasticidade e deformação**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062:2017: Requisitos para projeto, execução e o controle de estruturas de concreto pré-moldado, armado ou protendido.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889:2020: Ensaio de Abatimento pelo Tronco de Cone.**

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 4ª Edição. São Paulo: Pini, 2004.

CASSOL PRÉ-FABRICADOS LTDA. **Pré-Fabricados e Pré-Moldados entenda diferença**. Disponível em: https://www.cassol.ind.br/pre-fabricados-diferenca/ Acesso em: 08 jun.2023.

CIMENTO ITAMBÉ. *Tilt-Up* e suas múltiplas vantagens. **Itambé cimento para toda obra.** Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/tilt-up-e-suas-multiplas-vantagens/ Acesso em: 10 maio 2023.

DIASE CONSTRUTORA. Maior empresa nacional de Engenharia especializada na tecnologia *Tilt-Up*. **Processo construtivo *Tilt-Up*.** Disponível em: https://www.diase.com.br/index.php Acesso em: 20 fev.2023.

DIASE CONSTRUTORA. Linkdin. Disponível em: https://www.linkedin.com/company/diaseconstrutora/posts/?feedView=all . Acesso em: 09 jun.2023.

AECWEB. **Diferença de Absorção sorona x isolamento acústico**. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/absorcao-sonora-x-isolamento-acustico-entenda-as-diferencas/15424 Acesso em: 10 jun.2023.

BONATELLI, Circe. **Construção já sofre com falta de mão de obra e 'roubo de trabalhador'.** ESTADÃO, O Estado de S.Paulo 12/01/2022. Disponível em: https://imoveis.estadao.com.br/noticias/construcao-ja-sofre-com-falta-de-mao-de-obra-e-roubo-de-trabalhador/ Acesso em: 10 abr.2023.

GRUPO WTORRE. Principais acontecimentos na história do grupo Wtorre. Disponível em: http://www.wtorre.com.br/grupo/historia. **Uma história de empreendedorismo e inovação.** Acesso em: 21 maio 2023.

IGLESIA, Tiago Borges. **Sistema construtivo em concreto pré-moldado.** Trabalho de conclusão de curso Graduação (Engenharia Civil), Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo 2006. Acesso em: 10 jun. 2023.

LPE ENGENHARIA. **Galpão Logistico, km 39 da Rodovia Raposo Tavares**. Disponível em: https://lpe.eng.br/prologis-raposo-tavares-km-39/. Acesso em: 7 maio 2023.