

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
ISABELA TOMBINI

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DO PRAZO DE EXECUÇÃO, COM USO DE
SISTEMAS DE CONCRETO ARMADO MOLDADO *IN LOCO* COM O DE PRÉ-
VIGAS PRÉ-FABRICADAS E DE PRÉ-VIGAS EXECUTADAS *IN LOCO*.**

CASCATEL - PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ISABELA TOMBINI

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DO PRAZO DE EXECUÇÃO, COM USO DE
SISTEMAS DE CONCRETO ARMADO MOLDADO *IN LOCO* COM O DE PRÉ-
VIGAS PRÉ-FABRICADAS E DE PRÉ-VIGAS EXECUTADAS *IN LOCO*.**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Eng. Civil, Ms. Eng. Oceânica, Débora Felten.

**CASCADEL - PR
2016**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

ISABELA TOMBINI

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DO PRAZO DE EXECUÇÃO, COM USO DE SISTEMAS
DE CONCRETO ARMADO MOLDADO *IN LOCO* COM O DE PRÉ-VIGAS PRÉ-
FABRICADAS E DE PRÉ-VIGAS EXECUTADAS *IN LOCO*.**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG,
como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob
orientação do Professor (a) **Eng. Civil, Ms. Eng. Oceânica, Débora Felten.**

BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof^a. Me. Débora Felten
Centro Universitário FAG
Engenharia Civil



Professora Me. Andréa Resende
Centro Universitário FAG
Engenharia Civil



Professor Esp. Ricardo Paganin
Centro Universitário FAG
Engenheiro Civil

Cascavel, 31 de Outubro de 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Léo e Sandra, que com muita dedicação se esforçam para realizar todos os meus sonhos. Obrigada por tudo, meus amados pais, serei eternamente grata!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia.

Agradeço também aos meus pais, que sempre estiveram presentes, e sempre me apoiaram em todas as decisões, e é por isso que estou aonde estou, por eles.

À minha orientadora e coordenadora, Debora Felten, pela confiança, apoio e carisma entregue a mim em todo o decorrer do curso.

E a todos os meus amigos e familiares, que acreditaram na minha capacidade e me deram muito apoio.

RESUMO

Para garantir melhores resultados econômicos e qualitativos em menor tempo de execução, as construtoras estão investindo em sistemas construtivos diferenciados do convencional. A escolha desse tema se deu para apresentar qual sistema construtivo é mais vantajoso em relação ao sistema de concreto armado convencional, pré-vigas pré-fabricadas e pré-vigas moldadas *in loco*. O trabalho em questão tem por objetivo analisar o prazo de execução de peças estruturais dos três sistemas construtivos que estão localizados, em um condomínio residencial de alto padrão, na cidade de Cascavel – Pr, composto por três edificações, sendo, cada uma, com dois subsolos, pavimento térreo individual, quinze pavimentos tipos, um pavimento com duplex inferior e outro com duplex superior, além de um pavimento com casa de máquinas e caixa d'água, com área total de 11.800 m², cada edificação, onde cada pavimento tipo possui área de 416 m², sendo que um dos edifícios teve seu sistema construtivo de estrutura convencional, e os outros dois foram construídos utilizando o sistema de pré-vigas pré-fabricadas e pré-vigas moldadas *in loco*, ambas apresentavam o mesmo projeto arquitetônico e a mesma equipe de trabalho. A metodologia usada foi verificação e análise de planilhas que apresentam a produtividade de cada sistema estrutural para coleta e apresentações de dados, além de planilhas com os volumes de índices pluviométricos e velocidade dos ventos. Neste estudo, verificou-se uma redução de 20 dias na execução das lajes analisadas com o uso do sistema de pré-vigas pré-fabricadas, e 15 dias com o uso do sistema de pré-vigas moldadas *in loco*, comparando-as com o sistema convencional. Verificou-se, também, uma economia na folha de pagamento de um mês da equipe utilizada para o sistema de pré-vigas pré-fabricadas de 32%, e de 21% com o uso de sistema de pré-vigas moldadas *in loco*, comparando-as ao sistema convencional.

PALAVRAS CHAVE: Pré-vigas. Sistema Convencional. Pré-fabricados. Moldados *in loco*. Produtividade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema convencional de concreto armado	18
Figura 2: Sistema pré-viga.....	20
Figura 3: Montagem pré-viga.....	22
Figura 4: Pré-viga	22
Figura 5: Dente de gerber	23
Figura 6: Pré-vigas içadas	24
Figura 7: Projeto arquitetônico do pavimento tipo.....	30
Figura 8: Pré-vigas sendo montadas na obra.....	30
Figura 9: Detalhamento de pré-vigas	33
Figura 10: Ata de fechamento das negociações da convenção coletiva de trabalho 2016/2017.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Produtividade dia/laje de sistema convencional x sistema pré-vigas pré-fabricadas x sistema pré-vigas moldada <i>in loco</i>	41
Gráfico 2: Comparativo de dias usados (corridos) para execução das 5 lajes tipo	42
Gráfico 3: Consumo de carpinteiros em percentual entre sistema convencional, sistema pré-vigas pré-fabricadas e pré-vigas moldada <i>in loco</i>	46
Gráfico 4: Equipe usada no sistema convencional x sistema pré-vigas pré-fabricadas x pré-vigas moldada <i>in loco</i>	47
Gráfico 5: Redução em percentual de equipe usada em cada sistema.....	48
Gráfico 6: Gasto com folha de pagamento em 1 mês.....	50
Gráfico 7: Produtividade Hh/m ² em relação aos dias trabalhados em cada torre.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens dos Sistemas Construtivos	26
Tabela 2: Levantamento de dados da Torre I	35
Tabela 3: Levantamento de dados da Torre II	37
Tabela 4: Levantamento de dados da Torre III.....	39
Tabela 5: Tabela com número de carpinteiros usados em cada sistema construtivo	46
Tabela 6: Número Total de mão de obra envolvida na estrutura de cada sistema.....	48
Tabela 7: Preço de equipe usada na estrutura por m ²	52

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A: Dados de execução da Torre I – Sistema Convencional.	58
APÊNDICE B: Dados da execução da Torre II – Sistema Pré-vigas Pré-fabricadas.	63
APÊNDICE C: Dados de execução da Torre III – Sistema Pré-vigas Moldadas <i>in loco</i>	68
APÊNDICE D: Precipitações pluviométricas e velocidade de ventos em torre I.	73
APÊNDICE E: Precipitações pluviométricas e velocidade de ventos em torre II.	74
APÊNDICE F: Precipitações pluviométricas e velocidade de ventos em torre III.	75

LISTA DE ABREVIATURAS

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
1.1 INTRODUÇÃO	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
CAPÍTULO 2	18
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1.1 Sistema Convencional de concreto armado	18
2.1.2 Fundamentos dos pré-fabricados	19
2.1.3 Conceito estrutural pré-viga	19
2.1.3.1 Sistema Construtivo Pré-vigas	20
2.1.3.2 Produção de Pré-vigas	21
2.1.3.3 Apoio de Pré-viga em Pré-viga	22
2.1.3.4 Içamento das Peças	23
2.1.3.5 Organização do canteiro de obras para pré-vigas moldadas <i>in loco</i>	24
2.1.4 Pré-vigas moldada <i>in loco</i> x pré-fabricados	25
2.1.4.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas	25
2.1.5 Ação dos ventos nas edificações	27
2.1.5.1 Influência no vento no içamento das peças	27
CAPÍTULO 3	28
3.1 METODOLOGIA	28
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	28
3.1.2 Caracterização da amostra	29
3.1.3 Coleta de dados	31
3.1.4 Análise dos dados	31
CAPÍTULO 4	32
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1.1 Adaptação de projetos estrutural de sistema convencional para sistema pré-vigas	32

4.2 PRODUTIVIDADE SISTEMA CONVENCIONAL X SISTEMA PRÉ-VIGAS PRÉ-FABRICADAS X SISTEMA PRÉ-VIGAS MOLDADA <i>IN LOCO</i>	33
4.2.1 Produtividade laje / mês	34
4.2.2 Redução de dias de execução entre sistema convencional x sistema pré-vigas pré-fabricadas x sistema pré-vigas moldada <i>in loco</i>	42
4.2.3 Índices Pluviométricos	43
4.3 REDUÇÃO DE MÃO DE OBRA COM O SISTEMA DE PRÉ-VIGAS	45
4.3.1 Redução de carpinteiros com o uso de pré-vigas	45
4.3.2 Redução de equipe com uso de cada sistema analisado	47
4.4 REDUÇÃO DE GASTOS COM MÃO DE OBRA ENTRE SISTEMAS	49
4.5 PRODUTIVIDADE / M ² E CUSTO COM A MÃO DE OBRA / M ²	50
4.5.1 Produtividade / m ²	50
4.5.2 Custo com a mão de obra / m ²	51
CAPÍTULO 5	53
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
CAPÍTULO 6	55
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo está busca praticidade, agilidade e eficiência. Além desses quesitos, o mercado está muito mais exigente do que em tempos anteriores, e a concorrência, cada vez mais acirrada. Este processo aconteceu em todos os setores de produção, e no mercado da construção civil, não foi diferente. Devido a estes motivos, cabe às empresas se aperfeiçoarem de diferentes maneiras, para alcançar as expectativas técnicas e ainda as expectativas rigorosas de seus clientes.

De acordo com Thomaz (2001), os materiais e componentes de estruturas, não conseguem atingir uma qualidade satisfatória em sistemas estruturais adequados para cada tipo e porte de obra, juntamente com a matéria-prima, equipamentos e métodos de produção, portanto, a qualidade se concretiza com a união de materiais, mão de obra qualificada e gerenciamento dos sistemas estruturais adequados.

O mesmo autor afirma, que a organização de homens, máquinas, processos, etapas, influem no desempenho de um canteiro de obras, com técnicas apuradas de gerenciamento e relacionamento humano. Desta forma, os líderes, mestres e encarregados definem o melhor ou o pior desempenho da força de trabalho, ou seja, obras que conseguem ter prazos e qualidade esperados são aquelas bem gerenciadas e organizadas.

Castro (2009) relata que a construção de edificações no Brasil encontra-se dentro do paradigma tecnológico dos sistemas de estruturas, composto por etapas sucessivas na agregação e transformações de produtos no canteiro. As estruturas de concreto armado moldável *in loco* foram fortalecidas de forma progressiva a partir de 1930, e é realizada da mesma maneira até hoje, portanto, considera-se um sistema “atrasado” tanto pela análise do processo produtivo, como pela análise do processo de trabalho.

Segundo Loturco (2005), baseando-se em análises desses processos produtivos e de trabalho, há outros sistemas estruturais que podem ser utilizados, um deles é o sistema de pré-vigas. O sistema pode ser pré-fabricado ou moldado no canteiro de obras. O mesmo otimiza os processos usados, sendo parcialmente concretados nas fábricas ou no próprio canteiro de obras, eles são consolidados com concreto moldado *in loco* a ser colocada a viga. Os sistemas deixam os estribos e armaduras de arranque aparentes e com superfícies rugosas, garantindo excelente ligação entre os concretos pré-fabricados ou moldados no local com os de consolidação.

O mesmo autor afirma que, com a utilização desses sistemas de pré-vigas, o processo construtivo fica menor e mais fácil, com uso de formas e cimbramento reduzidos, beneficiando o prazo e qualidade, com agilidade, e reduzindo o custo de mão de obra.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa será analisar o prazo de execução de sistemas de concreto armado moldado *in loco*, de pré-vigas pré-fabricadas e de pré-vigas executadas no canteiro de obras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o prazo de execução de peças estruturais, com uso de sistema de concreto armado moldado *in loco*, de pré-vigas pré-fabricadas e de pré-vigas executadas no canteiro de obras.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Comparar custo de mão de obra dos sistemas: pré-vigas pré-fabricadas, pré-vigas executadas na obra e concreto armado moldado *in loco*;
- Comparar produtividade do uso dos sistemas: pré-vigas pré-fabricadas, pré-vigas executadas na obra e concreto armado moldado *in loco*;
- Comparar o prazo de finalização nas obras, utilizando cada sistema;

1.3 JUSTIFICATIVA

Existem inovações de processos estruturais no Brasil, mas ocorrem de forma lenta, por não dependerem da escala da obra, pois garantem qualidade de execução de algumas etapas, facilitam a execução das posteriores ou eliminam algumas delas. A disponibilidade da mão de obra qualificada para execução de novos sistemas estruturais é um paradigma tecnológico na construção civil (CASTRO, 2009).

Quando se tem mão de obra qualificada, dependendo do porte da obra, é de grande importância investir em sistemas diferenciados, para reduzir os prazos de execução e qualidade das obras.

De acordo com Vieira Netto (1993), as estruturas de concreto armadas, são estruturas de concreto que possuem, em seu interior, armações feitas com barras de aço. As mesmas atendem a deficiência do concreto em resistir a esforços de tração, e são indispensáveis na execução de vigas. Esse sistema convencional é o que possui maior abrangência, pois se adapta em diversas condições de execução disponíveis como: espaços no canteiro de obras e grandes equipamentos disponíveis. Esse sistema é mais flexível, portanto, o controle de qualidade deve ser maior que em outros sistemas.

Os sistemas de pré-vigas, da mesma forma que o concreto armado comum, garante qualidade e durabilidade das peças, sejam elas pré-fabricadas ou moldadas *in loco*. Esse sistema não impõe limitações arquitetônicas e garante que o processo construtivo será padronizado, desde as etapas de planejamento, até as produtivas. Por possuírem elevado potencial de industrialização, esses sistemas geram menor dependência da mão de obra, reduzindo, desta forma, os custos da obra, além disso, a quantidade de elementos com o mesmo formato nos projetos das edificações o facilitam (VIEIRA NETTO, 1993).

Loturco (2005) diz que as pré-vigas podem ser pré-fabricadas ou moldadas no próprio canteiro de obras, mas em teoria, a qualidade dos materiais é superior nos pré-fabricados, pois há um maior controle dos processos, diminuição no desvio-padrão e maior possibilidade de usufruir da tecnologia do concreto.

Loturco (2005) ainda afirma que um dos únicos limites para esse sistema é a disponibilidade de equipamentos para içamento das peças, portanto, se o canteiro de obras for espaçoso, não terá problemas com deslocamento e montagem das peças. As principais vantagens desse sistema são: escoramento no pavimento reduzido, quantidade mínima de formas utilizadas na obra, planejamento mais previsível, aumento do controle de processos construtivos, custos estruturais reduzidos, compatibilidade com outros sistemas, desperdício mínimo, maior organização no canteiro de obras e redução de recortes de peças.

No cenário em que se encontra, a disputa entre as empresas está cada vez mais acirrada, conseguindo juntar os dois requisitos básicos, qualidade e prazo, incluindo também a redução do custo de mão de obra, esses sistemas de pré-vigas diferem do comum utilizado na maioria das obras e consegue-se uma produção vantajosa para as empresas.

Apresenta-se o interesse em analisar os sistemas estruturais comuns, comparando-os com os sistemas de pré-vigas pré-fabricadas e pré-vigas moldadas *in loco*, inclusive o prazo de execução dos três.

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Dentre vários avanços na construção civil, em relação ao sistema de execução das peças estruturais, qual sistema é mais vantajoso para a construtora, em relação ao prazo de execução das obras?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa delimita-se à análise de três edifícios idênticos (mas realizados com sistemas diferenciados), localizados no centro da cidade de Cascavel-PR, cada edifício foi construído com um sistema diferente. O primeiro sistema utilizado foi tradicional, de concreto armado moldado *in loco*, o segundo é o sistema de pré-vigas pré-fabricadas e o último sistema utilizado foi pré-vigas executadas *in loco*.

Serão escolhidas cinco lajes, para determinação da execução e da produtividade de cada sistema analisado. As lajes escolhidas serão os 7º, 8º, 9º, 10º e 11º pavimentos de cada edifício. Escolheu-se essas lajes pois, acredita-se que a partir do 7º pavimento tipo, os funcionários estejam mais adaptados com a execução de cada sistema estrutural.

Os três edifícios possuem quinze pavimentos tipos, com duas unidades por andar, duplex inferior e duplex superior, um pavimento térreo e dois subsolos.

Para este trabalho, considerou-se as informações fornecidas pela empresa no local da execução. Os funcionários que trabalharam na execução de cada sistema para cada edifício são os mesmos.

Este presente trabalho é uma continuação da pesquisa realizada pela acadêmica de Engenharia Civil, Patrícia Perissato Reis, no ano de 2015, pela Faculdade Assis Gurgacz, portanto, nesta pesquisa serão utilizados dados pesquisados pela mesma.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Sistema convencional de concreto armado

O concreto armado foi inventado na Europa no século XIX, e veio para o Brasil em 1904, no Rio de Janeiro. Ele consiste em uma pasta, feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, com uma armadura de aço. O diferencial do concreto armado é a união das propriedades de resistência à tração do aço, com a resistência à compressão do concreto, permitindo, dessa forma, alcançar grandes vãos e alcançar grandes alturas, por isso, é muito utilizado nas edificações (LEONHARDT & MÖNNIG, 1982).

O sistema convencional de concreto armado é o emprego de vigas, lajes e pilares moldados *in loco*, na execução de estruturas. Atualmente, ainda é o sistema mais utilizado pelas construtoras, pois é empregado em lajes, pilares e vigas. Esse sistema possui vantagens na flexibilidade das formas utilizadas, não requer mão de obra especializada e exige pouco investimento com equipamentos, porém o mesmo tem um consumo de formas e escoramento elevado e necessita de bastante mão de obra para execução, conforme demonstrado na Figura 01 (LEONHARDT & MÖNNIG, 1982).

Figura 1: Sistema convencional de concreto armado



Fonte: O autor

2.1.2 Fundamentos dos Pré-Fabricados

A evolução da industrialização progressiva, nos processos executivos da construção civil, deixa claro que após ocorrer nos países da América do Norte e da Europa, agora no Brasil, o desperdício e a baixa produtividade perdem espaço em uma construção racionalizada e controlada. A indústria dos pré-fabricados no Brasil começa a atender às novas exigências com: maior preocupação com estética, elementos de acabamento suavizado, encaixes mais desenvolvidos e peças especiais para composição com outros sistemas construtivos (pré-lajes e pré-vigas), assim, o pré-fabricado dá respostas ao novo mercado (MELO, 2004).

A primeira tentativa de estruturas pré-fabricadas no Brasil foi o Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo – CRUSP, da cidade universitária Armando Salles de Oliveira, em São Paulo, com doze pavimentos, projetado para abrigar estudantes da universidade. O trabalho realizado foi perfeito e as peças foram moldadas *in loco*, porém, ocorreram vários problemas devido à falta de mão de obra especializada dos operários. A partir dessa primeira construção, começou a ocorrer o aperfeiçoamento da mão de obra e das peças estruturais (SALAS, 1988).

De acordo com Salas (1988), a pré-fabricação iniciou juntamente com o concreto armado, todos elementos que, a partir das matérias-primas, são industrializados e transportados às obras para montagem das peças estruturais pré-fabricadas.

O autor ainda afirma que o pré-fabricado supera a falta de versatilidade na moldagem estrutural, com ligações rotuladas, semi-engastadas, estruturas contínuas, atendendo, dessa forma, qualquer tipo de projeto estrutural com racionalidade e otimização de tempo de execução. Os elementos pré-fabricados são divididos em subsistemas: cobertura, pilares, fundações, vigas, fechamento em painéis alveolares, fechamento em painéis arquitetônicos, lajes alveolares, lajes prontas maciças, pré-lajes e pré-vigas e escadas. A vantagem da utilização dos mesmos é que eles foram desenvolvidos com perfeitos encaixes e grande desempenho estrutural.

2.1.3 Conceito estrutural pré-viga

O sistema estrutural pré-viga foi desenvolvido no Brasil pelo escritório Pedreira de Freitas Engenharia, em São Paulo, e adaptado para as condições de execução de usinas de pré-fabricados. É semelhante ao sistema convencional de concreto, porém, nos sistemas pré-fabricados, os nós são executados no local e podem ser tratados como conexões de pórticos

necessários para funcionamento estrutural monolítico da estrutura. As vigas são solidarizadas em pilares moldados *in loco* (MELO, 2004).

Melo (2004) afirma que, quando se integra o sistema de pré-vigas com o sistema convencional, as mesmas se apoiam na forma do pilar, desta forma, quando ocorre a desforma do pilar, não é possível distinguir um sistema do outro. As pré-vigas se caracterizam por serem visíveis abaixo da linha inferior da laje, sendo que a qualidade das peças fica superior em relação aos outros sistemas. A vida útil das pré-vigas depende do cobrimento correto das armaduras, resistência característica do concreto, permeabilidade e porosidade, processo de cura utilizado e a proteção da superfície das mesmas.

Os estribos da pré-viga ficam aparentes na face superior, por terem sido posicionadas prevendo-se a altura completa da viga. Nesse espaço “vazio”, entre o concreto pré-fabricado e o topo do estribo, introduz-se a armadura negativa da viga e concretiza-se *in loco* o seu complemento. A partir da cura desse concreto, a viga passa a trabalhar em sua seção completa (MELO, 2004).

Figura 2: Sistema Pré-viga



Fonte: Revista Técnica

2.1.3.1 Sistema Construtivo Pré-Vigas

Provocando grande ligação entre elementos pré-fabricados e as partes da estrutura moldadas no local, é necessário um estudo/projeto sobre os nós (em especial para cada nó) estruturais, para não ocorrer problemas com os elementos. O estudo dos nós garante a ancoragem das armaduras positivas das pré-vigas nos pilares, verificando as armaduras negativas das vigas. Desta forma, todos os elementos se encaixarão perfeitamente, facilitando

e agilizando a montagem. Para não ocorrer a flambagem nas barras longitudinais, é necessário uma adaptação dos estribos dos pilares (MELO, 2004).

O autor ainda afirma que as armaduras negativas são importantes para transferir momentos para os pilares e garantir a eficiência do conjunto das ligações da edificação. Para a fabricação das pré-vigas, é necessário o detalhamento dos testeiros das peças, indicando as posições exatas das armaduras positivas.

Nas vigas de periferia são necessárias furações, aproximadamente a cada metro de espaçamento, para que possam ser fixadas as formas que garantem o nível superior (nível de sarrafeamento) da concretagem *in loco*. Após a cura da laje e do complemento da pré-viga, o sistema permite a fixação de elementos de obra, como bandejas e formas auxiliares (MELO, 2004).

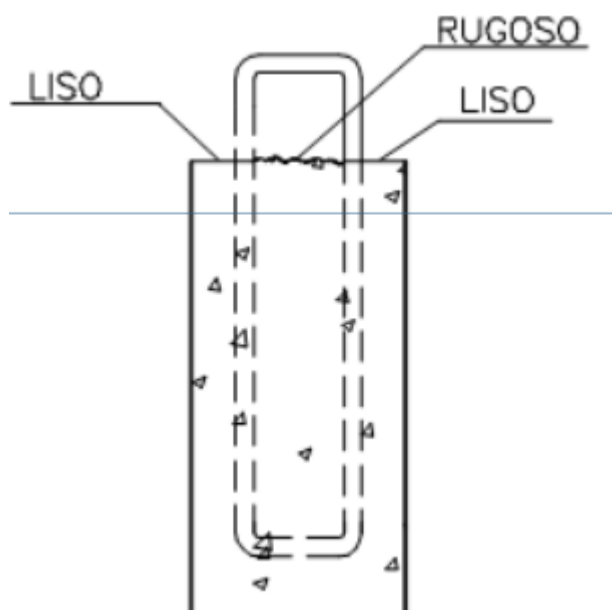
2.1.3.2 Produção de Pré-Vigas

Segundo El Debs (2000), para a produção das pré-vigas moldadas *in loco*, é necessário o seguinte procedimento:

Montagem da Pista:

- Nivelar o terreno;
- Executar a sapata de base do pórtico;
- Executar o contrapiso de chumbamento das formas de pré-vigas;
- Montar o pórtico.
- Produção das peças:
- As formas devem ser presas ao chão, de forma rígida, para garantir o alinhamento e prumo;
- Devem possuir espaçadores, para garantir o cobrimento da armação.

Figura 3: Montagem pré-viga



Fonte: Revista Infraestrutura

Figura 4: Pré-viga



Fonte: Revista Infraestrutura

2.1.3.3 Apoio de pré-viga em pré-viga

Nesses casos de apoio de pré-vigas em outras pré-vigas, é necessário a utilização de um dente de Guerber positivo, na viga que irá se apoiar, e um dente negativo, na viga que recebe a carga. Os dentes devem ser armados para resistir aos esforços finais, podendo haver um re-escoramento das pré-vigas. O dente negativo recebe a carga concentrada. Após a montagem das peças, é colocado argamassa entre os dentes, para não existir vazios entre os elementos (MELO, 2004).

Figura 5: Dente de gerber



Fonte: Revista Infraestrutura

2.1.3.4 Içamento das Peças

O transporte de uma viga pré-fabricada até o seu local de instalação requer muito cuidado. É de grande comprometimento que os vãos da peça içada não afetem o equipamento, a estrutura de apoio e o canteiro. Além da escolha correta do equipamento a ser utilizado para o içamento, é necessário um planejamento das peças com o mesmo. Alguns itens devem ser analisados na escolha do equipamento, como: tipo de serviço a ser executado, alcance da lança, altura máxima do içamento, peso da carga, terreno para o deslocamento, tempo de execução e condições de vento local (NAKAMURA, 2014).

No projeto de execução de pré-vigas, devem ser detalhados todos os insertos, furos, saliências, aberturas e suas respectivas armaduras, reforços e alças para içamento. Nas peças, devem ser dimensionados o volume e o peso. É de grande importância a especificação da resistência mínima para manusear e estocar as peças (EL DEBS, 2000).

O autor ainda afirma que, a movimentação das peças é realizada com máquinas, equipamentos e acessórios apropriados, por pontos de suspensão localizados nas peças. Nesses pontos, são colocadas alças de içamento, visando a sustentação das peças.

Figura 6: Pré-vigas içadas



Fonte: Revista Infraestrutura Urbana

2.1.3.5 Organização do canteiro de obras para pré-vigas moldadas *in loco*

Um dos pontos críticos, que afeta a produção, é o ambiente de trabalho, principalmente no caso de sistemas construtivos moldados *in loco*, como é o caso das pré-vigas. É grande a dificuldade em aumentar a produtividade quando não há bom planejamento do local onde a construção acontece. O canteiro de obras deve ser organizado e ter muita segurança, em razão de aumentar o fluxograma da produção. Quando os materiais são bem estocados e organizados, as perdas reduzem, a área de vivência da obra melhora e a produção dos trabalhadores aumenta (SOUZA, 2000).

O autor ainda afirma que, no caso de sistemas de pré-vigas moldadas *in loco*, é necessário que o canteiro esteja organizado, com delimitações de espaços para as peças, além de requerer espaço suficiente para estocagem dos elementos até a sua utilização, com organização dos transportes necessários para as peças, para melhorar a interação entre o local de armazenamento e equipamentos de içamento, diminuindo assim o risco de acidentes e danificação de peças.

É necessário que cada material utilizado na fabricação das pré-vigas seja armazenado de forma correta, assim como deve ser o tempo para a estocagem. É importante ter um cronograma físico dos materiais e operários, para melhor fluxo (EL DEBS, 2000).

2.1.4 Pré-vigas moldada *in loco* x pré-fabricados

Segundo Loturco (2005), a expressão “moldada *in loco*” vem do latim, e significa “moldada no próprio local”, no conceito de engenharia, significa dizer que a estrutura foi confeccionada no local onde está sendo realizada a construção. As estruturas moldadas *in loco*, podem ser chamadas de pré-moldadas, pois são feitas dentro do canteiro de obras, mas fora do local de aplicação final. Já os pré-fabricados são os elementos produzidos e moldados industrialmente, com dimensões padronizadas. Ambos constroem os mesmos elementos construtivos, mas com diferenças, vantagens e desvantagens de cada sistema.

De acordo com o autor citado, as estruturas de pré-fabricados possuem um custo maior do que as peças moldadas *in loco*, porém, há maiores vantagens no sistema industrializado. As pré-vigas pré-fabricadas possuem maior potencial de industrialização, pois os sistemas são mecanizados e, neles existe maior controle de qualidade dos processos, diminuindo os desvios-padrão e aumentando o uso da tecnologia do concreto. As estruturas moldadas *in loco*, devem seguir a NBR-9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado, e são produzidas em condições menos rigorosas de controle de qualidade, não necessitando de laboratórios e instalações especializadas.

2.1.4.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas

Na comparação dos três sistemas construtivos, existem vantagens e desvantagens a serem analisadas, como aponta a Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas Construtivos		
	Vantagens	Desvantagens
Sistema Convencional (PEDREIRA, 2013)	• Menor investimento; • Menor necessidade de mão de obra especializada; • Menor gasto com máquinas e equipamentos; • Necessidade de pouco espaço no canteiro de obras; • Nenhum problema com içamento e transporte das peças.	• Tempo de execução elevado; • Necessidade de muitos operários para execução; • Maior movimentação na compra de materiais; • Necessidade de muito escoramento; • Pouco reaproveitamento de escoras e formas; • Planejamento imprevisível.
Pré-Viga Pré-Fabricada (SUL BRASIL, 2013)	• Velocidade na execução; • Confiabilidade de prazos; • Precisão geométrica; • Redução de mão de obra; • Processo padronizado; • Etapas industrializadas; • Reaproveitamento de escoras; • Planejamento previsível; • Alto nível de qualidade do concreto; • Pouco desperdício; • Maior organização do canteiro de obras.	• Dificuldade no içamento das peças; • Custo elevado do sistema; • Investimento inicial muito elevado.
Pré-Viga Moldada <i>in loco</i> (PEDREIRA, 2013)	• Velocidade na execução; • Confiabilidade de prazos; • Precisão geométrica; • Processo padronizado; • Etapas industrializadas; • Reaproveitamento de escoras; • Reaproveitamento de formas; • Planejamento previsível; • Pouco desperdício.	• Dificuldade na organização do canteiro de obras; • Necessidade de mão de obra especializada; • Investimento inicial elevado; • Investimento em maquinários elevado; • Alto custo da execução; • Dificuldade no içamento das peças; • Controle de qualidade de concreto não muito elevado.

2.1.5 Ação dos ventos nas edificações

O vento é o movimento do ar sobre a superfície terrestre, causado pela diferença na pressão atmosférica, proveniente da energia solar, originando as variações na temperatura do ar. As pressões são desequilibradas e originam forças que deslocam o ar atmosférico das zonas de maior para menor pressão (BLESSMANN, 1995).

O mesmo autor diz que, influenciando bastante nas edificações, no projeto estrutural devem ser analisadas as ações do vento, tanto externas como internas, levando em conta a região, topografia do terreno e obstáculos ao redor da edificação (outros prédios), pois estes podem aumentar a força dos ventos. Dentre os tipos de vento, existem: barlavento, sota-vento, pressão interna, sucção interna e ação combinada do vento a barlavento e sota-vento, cada tipo de vento possui suas características que influenciam nas estruturas das edificações.

2.1.5.1 Influência do vento no içamento das peças

Ao içar cargas com grandes superfícies expostas ao vento, como as pré-vigas, podem acontecer diversos fatores que resultam na má execução das estruturas. Quando o vento encontra uma superfície, ele exerce força sobre a mesma, atuando em sua direção, e desta forma, a força da carga não atua verticalmente para baixo sobre o equipamento. Dependendo da força do vento, da superfície exposta ao vento e da direção do vento, aumentam as forças (LIEBHERR, 2012).

O autor ainda afirma que, quando o vento influencia no içamento das peças, deixa-as mal encaixadas, tirando o alinhamento das estruturas.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Tratou-se de uma análise comparativa entre três edifícios com sistemas estruturais de concreto armado, diferenciados, localizados na cidade de Cascavel – PR, os edifícios são idênticos, mas foram construídos de maneira diferenciada, porém com a mesma equipe de trabalho, verificando dessa forma a análise de qual sistema construtivo é mais vantajoso, levando em consideração o prazo de execução das obras.

A pesquisa foi do tipo quantitativa, pois a mesma foi fundamentada em dados reais, baseando-se em planilhas de levantamento de dados que apresentam as características de cada laje como: dias de cimbramento, dias gastos para execução e data da mesma, atividades desenvolvidas, equipe usada para cada laje e torre, data da concretagem (Apêndice A, B e C). Também foi usada uma planilha de dados por torre e pavimento, constando os índices pluviométricos, velocidade dos ventos na execução das lajes e suas respectivas datas (Apêndice D, E e F). Desta forma, foi analisado o tempo gasto para execução de cada estrutura, usando o sistema de pré-vigas moldado *in loco*, pré-fabricado e sistema convencional da estrutura. No sistema de pré-vigas pré-fabricadas, somente foi realizada a análise da mão de obra utilizada no sistema, não foi analisado o valor do custo das peças pré-fabricadas.

Também se aplicou a metodologia descritiva na pesquisa, pois o trabalho relaciona os dados obtidos na metodologia quantitativa de cada sistema estrutural analisado, para obter uma resposta de qual sistema é mais vantajoso, conforme o prazo de execução dos mesmos.

A metodologia apresentada neste trabalho foi a mesma utilizada na pesquisa realizada pela acadêmica de Engenharia Civil, Patrícia Perissato Reis, no ano de 2015, pela Faculdade Assis Gurgacz, pois o presente trabalho é uma continuação da pesquisa mencionada. A mesma realizou a análise comparativa entre a Torre I – Sistema Convencional e a Torre II – Sistema pré-vigas pré-fabricadas.

3.1.2 Caracterização da amostra

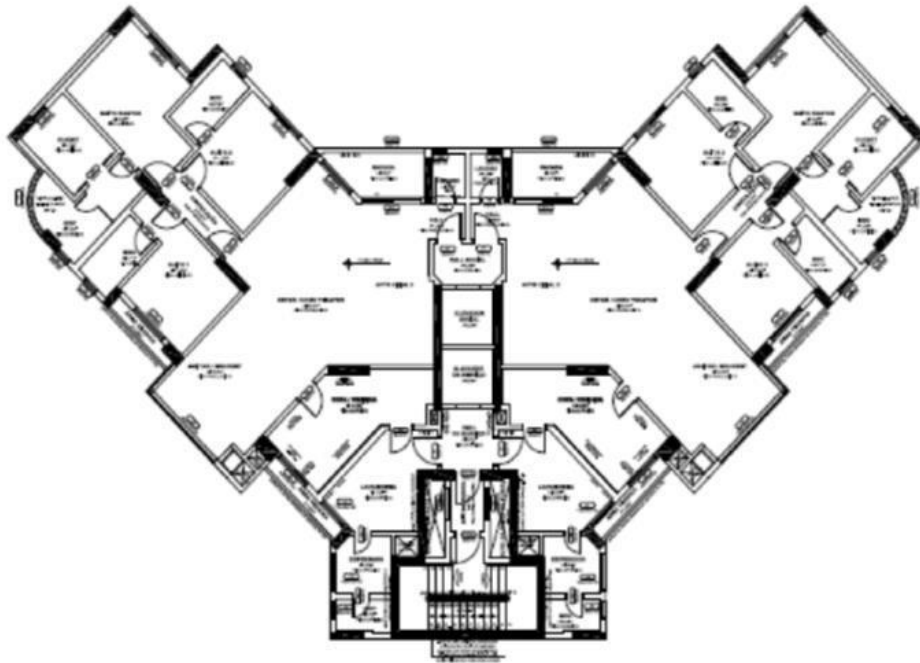
O estudo da análise da redução do prazo de execução dos sistemas estruturais de pré-vigas moldada *in loco*, pré-fabricado e no sistema convencional de concreto armado, foi realizado nos Edifícios Residenciais X, no centro da cidade de Cascavel-PR.

O empreendimento possui três edificações idênticas, com área total de 11.800 m² cada, as quais são formadas por dois subsolos, um pavimento térreo, quinze pavimentos tipos, um pavimento com duplex inferior e outro com duplex superior e um pavimento com casa de máquinas e caixa d'água.

O primeiro edifício foi entregue no mês junho de 2014, esse teve sua estrutura realizada com sistema construtivo convencional, com lajes nervuradas. O segundo edifício está em fase de acabamento, e teve seu sistema construtivo em pré-vigas pré-fabricadas. O terceiro edifício está na fase de estrutura, e possui sistema construtivo de pré-vigas e o mesmo tipo de lajes dos outros dois, porém as pré-vigas estão sendo moldadas *in loco*. Os três edifícios analisados tiveram a mesma equipe de funcionários em sua execução, engenheiro civil, carpinteiros, armadores, mestres, serventes, entre outros. Os sistemas construtivos desses três edifícios são o enfoque deste trabalho.

Todos os pavimentos tipo desses edifícios possuem dois apartamentos, cada apartamento possui uma suíte *máster* com *closet*, duas suítes comuns, sala de jantar, sala de estar, sacada, cozinha, área de serviço e dormitório para empregada, com banheiro. Cada pavimento tipo possui uma área de 416 m². A Figura 7 apresenta o projeto arquitetônico dos pavimentos tipos.

Figura 7: Projeto arquitetônico do pavimento tipo



Fonte: Reis (2015)

A Figura 8 demonstra a vista panorâmica da obra em estudo, onde as pré-vigas estão sendo montadas na estrutura.

Figura 8: Pré-vigas sendo montadas na obra



Fonte: Reis (2015)

3.1.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de planilhas com os dados referentes a execução do serviço de estrutura dos três edifícios (Apêndice A, B e C). A planilha apresenta o número de operários nas equipes, período da concretagem, escoramento para cada tipo de sistema construtivo e tempo gasto em cada sistema. Verificou-se, também, os volumes das chuvas e velocidade média dos ventos que ocorreram em cada laje analisada de cada sistema (Apêndice D, E e F).

Para realização do cálculo da produtividade / m^2 , baseou-se na área de cada pavimento tipo corresponde a $416 m^2$. Foram realizados os procedimentos abaixo, para os três sistemas estruturais em análise:

1. Somatória de dias trabalhados para confecção das 5 lajes (somar os dias trabalhados, apresentados na Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4);
2. Realizar o produto do valor encontrado no item 1, com 8 horas/diárias de trabalho;
3. Dividir o valor encontrado no item 2, pela produtividade laje/mês apresentada nas Tabelas 2, 3 e 4 (para cálculo de produtividade em sistema convencional, usar produtividade laje/mês de sistema convencional, para sistema pré-vigas pré-fabricadas usar produtividade laje/mês de sistema pré-vigas pré-fabricadas e para sistema pré-vigas moldadas *in loco* usar produtividade laje/mês de sistema pré-vigas moldadas *in loco*);
4. Realizar divisão do item 3, pelo valor apresentado na Tabela 5 (para produtividade de carpinteiros, realizar a divisão do valor encontrado no item 3, pelo número de carpinteiros apresentados por tal tabela, para o sistema construtivo em análise, o mesmo para produtividade de armadores e serventes);
5. E por fim, realizar a divisão do valor encontrado no item 4, pela área do pavimento tipo analisada ($416 m^2$).

3.1.4 Análise de dados

Após obter todas as informações, foi realizada a análise dos dados, verificando qual sistema construtivo de concreto armado é mais vantajoso em relação ao prazo de execução das obras. Foram elaborados gráficos, relacionando os três tipos de sistemas construtivos, dias gastos para execução, e utilização da mão de obra específica para cada sistema.

CAPÍTULO 4

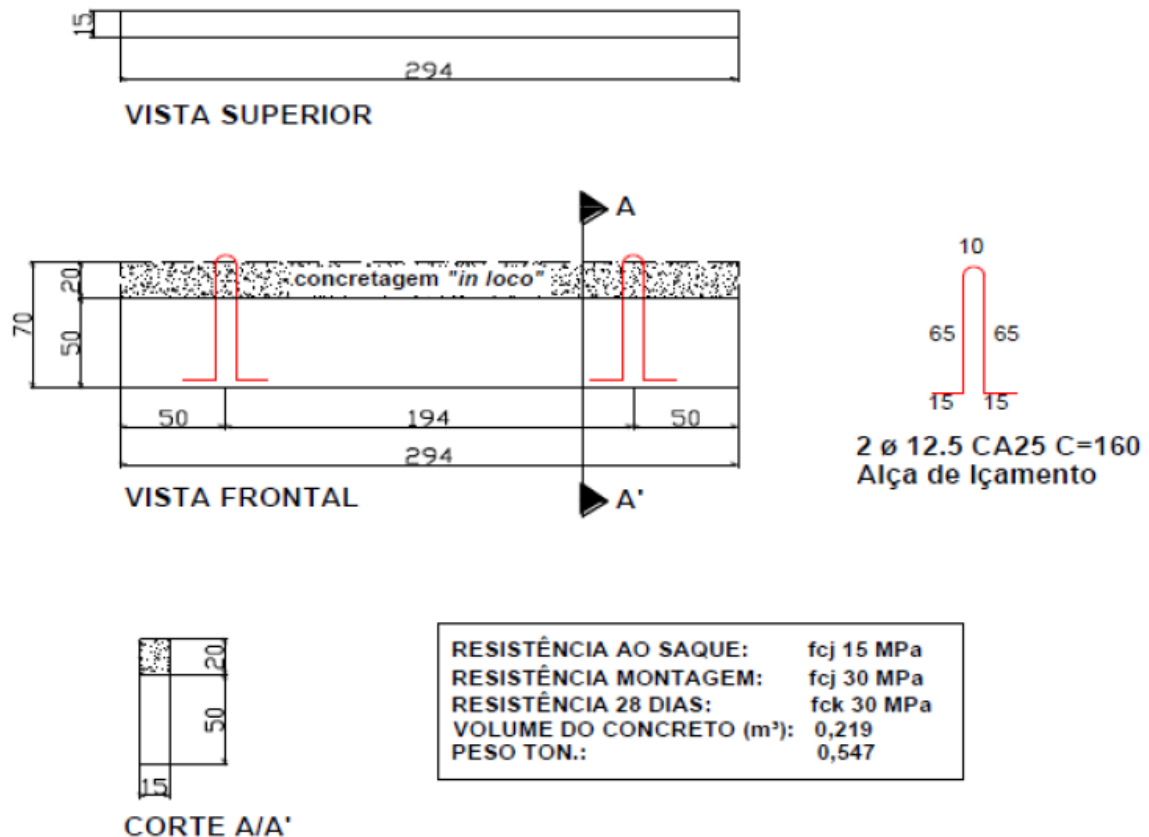
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho foi realizado estudando três edifícios residenciais, localizados na região central de Cascavel – PR. O empreendimento da construtora é constituído por esses três edifícios, denominados através de torres numeradas por números I, II, III.

4.1.1 Adaptação de projetos estrutural de sistema convencional para sistema pré-vigas

Conforme Reis (2015), as torres analisadas na pesquisa, possuem o mesmo projeto arquitetônico. Ocorre uma mudança do sistema construtivo na torre II que foi construída pelo sistema de pré-vigas pré-fabricadas, e na torre III, que foi construída pelo sistema de pré-vigas moldadas *in loco*. O projeto estrutural das torres II e III, sofreram alterações por ter mudado de sistema construtivo, inclusive na prancha de fôrmas do pavimento tipo e nos detalhamentos para cada viga, como mostra na Figura 9. Independente da pré-fabricação ou moldado *in loco*, o projeto é o mesmo.

Os detalhes das pré-vigas abrangem, além das representações básicas, como vistas superiores e laterais, cortes, comprimentos e espessuras, os mesmos representam também especificidades mais completas, como o posicionamento de alças de içamento, estes importantes para obedecer aos pontos de inércia das peças, além de impedir que as pré-vigas sofram esforços que não foram projetadas, e altura da concretagem das pré-vigas na indústria.

Figura 9: Detalhamento de pré-vigas

Fonte: Reis (2015)

Conforme ilustrado na Figura 9, além de todas as representações já descritas anteriormente, o detalhamento apresenta também a resistência ao saque que é a resistência mínima de deformação, resistência de montagem referente à resistência de projeto, ou seja, a pré-viga só poderá ser montada após atingir tal resistência, já a resistência 28 dias é a resistência solicitada pelo projeto, o volume refere-se à quantidade de concreto utilizado para a peça, e por fim, o peso faz a menção do peso da peça, sendo esta informação muito importante para a grua, que irá içar a pré-viga.

4.2 PRODUTIVIDADE SISTEMA CONVENCIONAL X SISTEMA PRÉ-VIGAS PRÉ-FABRICADAS X SISTEMA PRÉ-VIGAS MOLDADAS *IN LOCO*.

Para o comparativo da produtividade de cada sistema construtivo, foram analisados os registros realizados no período de execução de cada torre em estudo.

4.2.1 Produtividade laje / mês

A Tabela 2 apresenta os dados de cada laje analisada da torre I. Sendo que a mesma foi realizada com base no Apêndice A, onde o total da mão de obra apresentada no fim da tabela de cada laje foi calculado através de média.

Tabela 2: Levantamento de dados da Torre I.

DADOS TORRE I - SISTEMA CONVENCIONAL									
PAVIMENTO	DATAS		QNT. DIAS TRABALHADOS EM LAJE	EQUIPE USADA			TEMPO DE CIMBRAMENTO		QNT DIAS COM CIMBRAMENTO
7° Pav. Tipo	INÍCIO	01/12/2011	11 Dias	13	Serventes	INICIO	13/12/21011	23 Dias	
				19	Carpinteiro				
				0	Meio Oficial de Carpinteiro				
	FINAL (Concretagem)	13/12/2011		11	Armador	FINAL	04/01/2012		
				0	Meio Oficial de Armador				
				5	Empreiteiros em Concretagem				
8° Pav. Tipo	INÍCIO	04/01/2012	12 Dias	13	Serventes	INICIO	18/01/2012	35 Dias	
				16	Carpinteiro				
				0	Meio Oficial de Carpinteiro				
	FINAL (Concretagem)	18/01/2012		8	Armador	FINAL	22/02/2012		
				0	Meio Oficial de Armador				
				5	Empreiteiros em Concretagem				
9° Pav. Tipo	INÍCIO	19/01/2012	11 Dias	10	Serventes	INICIO	31/01/2012	27 Dias	
				13	Carpinteiro				
				0	Meio Oficial de Carpinteiro				
	FINAL (Concretagem)	31/01/2012		8	Armador	FINAL	27/02/2012		
				0	Meio Oficial de Armador				
				5	Empreiteiros em Concretagem				
10° Pav. Tipo	INÍCIO	01/02/2012	12 Dias	9	Serventes	INICIO	14/02/2012	3 Dias	
				15	Carpinteiro				
				0	Meio Oficial de Carpinteiro				
	FINAL (Concretagem)	14/02/2012		6	Armador	FINAL	17/02/2012		
				0	Meio Oficial de Armador				
				5	Empreiteiros em Concretagem				
11° Pav. Tipo	INÍCIO	15/02/2012	11 Dias	11	Serventes	INICIO	01/03/2012	22 Dias	
				18	Carpinteiro				
				0	Meio Oficial de Carpinteiro				
	FINAL (Concretagem)	01/03/2012		6	Armador	FINAL	22/03/2012		
				0	Meio Oficial de Armador				
				5	Empreiteiros em Concretagem				
PRODUTIVIDADE DA TORRE I									
DATA INICIAL		DATA FINAL		QUANT. DIAS (dias corridos)		QUANT. MESES		PRODUTIVIDADE (laje/mês)	
01/12/2011		01/03/2012		70		2,33		2,14	

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

Conforme análise de resultados apresentada pela acadêmica Reis (2015), pode ser observada na Tabela 2, a execução da laje do 7º pavimento tipo, que foi a primeira laje em estudo entre as cinco analisadas, esta teve seu início em 01 de dezembro de 2011, sendo a concretagem da laje do 11º pavimento tipo, última laje apreciada em trabalho, em 01 de março de 2012, totalizando 57 dias trabalhados para execução das cinco lajes com o sistema convencional.

Ressaltando que os funcionários, após a execução da laje do 7º pavimento tipo, tiveram férias coletivas, voltando às atividades no dia 04 de janeiro de 2012 para execução do 8º pavimento tipo. Portanto, somando-se os dias usados para confecção da laje do 7º pavimento tipo, mais os dias gastos para as outras quatro lajes, foram gastos 70 dias corridos (contando fins de semanas), ou seja, 2,33 meses.

Como verificado, ainda na Tabela 2, a maioria das lajes tiveram 11 dias trabalhados para suas confecções, a tabela também apresenta a média de serventes, carpinteiros, meio oficiais de carpinteiros, armadores, além de meio oficiais de armadores, que foram usados para a execução de cada laje.

Para a execução das cinco lajes, foram necessários 11 serventes, 7 armadores e 16 carpinteiros, valor calculado através da média de funcionários, sendo que com tal equipe, a produtividade no sistema convencional foi de 2,14 lajes/mês.

A Tabela 2 também apresentou o tempo de cimbramento de cada laje, a laje do 8º pavimento tipo foi a que ficou por mais tempo com cimbramento de 35 dias, sendo que a laje do 10º pavimento teve seu cimbramento apenas por 3 dias, devido ao fato do concreto utilizado nesta laje ter uma resistência característica e resistência inicial maior.

Na concretagem de cada laje foi preciso 5 empreiteiros, para deixar as lajes concretadas em nível.

Já a Tabela 3, foi executada com base no Apêndice B, observou-se os dados das lajes com sistema em pré-vigas pré-fabricadas, sendo que a mesma foi realizada com base nos dados do Apêndice B.

A Tabela 3 mostra que a laje do 7º pavimento tipo ocorreu em 28 de novembro de 2013, sendo a última laje, 11º pavimento tipo, apreciada neste trabalho, concretada em 07 de fevereiro de 2014.

Tabela 3: Levantamento de dados da Torre II.

DADOS TORRE II - SISTEMA PRÉ-VIGAS PRÉ-FABRICADOS								
PAVIMENTO	DATAS		QNT. DIAS TRABALHADOS EM LAJE	EQUIPE USADA		TEMPO DE CIMBRAMENTO		QNT DIAS COM CIMBRAMENTO
7° Pav. Tipo	INÍCIO	28/11/2013	7 Dias	4	Serventes	INICIO	05/12/2013	35 Dias
				11	Carpinteiro			
				0	Meio Oficial de Carpinteiro			
	FINAL (Concretagem)	05/12/2013		7	Armador	FINAL	10/01/2014	
				0	Meio Oficial de Armador			
				5	Empreiteiros			
8° Pav. Tipo	INÍCIO	06/12/2013	10 Dias	3	Serventes	INICIO	17/12/2013	15 Dias
				9	Carpinteiro			
				0	Meio Oficial de Carpinteiro			
	FINAL (Concretagem)	17/12/2013		3	Armador	FINAL	01/02/2014	
				0	Meio Oficial de Armador			
				5	Empreiteiros em Concretagem			
9° Pav. Tipo	INÍCIO	06/01/2014	10 Dias	4	Serventes	INICIO	16/01/2014	25 Dias
				10	Carpinteiro			
				1	Meio Oficial de Carpinteiro			
	FINAL (Concretagem)	16/01/2014		10	Armador	FINAL	10/02/2014	
				0	Meio Oficial de Armador			
				5	Empreiteiros em Concretagem			
10° Pav. Tipo	INÍCIO	21/01/2014	6 Dias	2	Serventes	INICIO	28/01/2014	23 Dias
				9	Carpinteiro			
				1	Meio Oficial de Carpinteiro			
	FINAL (Concretagem)	28/01/2014		8	Armador	FINAL	20/02/2014	
				0	Meio Oficial de Armador			
				5	Empreiteiros em Concretagem			
11° Pav. Tipo	INÍCIO	29/01/2014	9 Dias	2	Serventes	INICIO	07/02/2014	14 Dias
				9	Carpinteiro			
				1	Meio Oficial de Carpinteiro			
	FINAL (Concretagem)	07/02/2014		9	Armador	FINAL	21/02/2014	
				0	Meio Oficial de Armador			
				5	Empreiteiros em Concretagem			

PRODUTIVIDADE DA TORRE II				
DATA INICIAL	DATA FINAL	QUANT. DIAS (dias corridos)	QUANT. MESES	PRODUTIVIDADE (laje/mês)
28/01/2013	07/02/2014	50	1,67	3,00

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

Os funcionários, como na torre I, também tiveram férias coletivas, dias após a concretagem da laje do 8º pavimento tipo. Somando-se os dias corridos até as férias coletivas da equipe com os dias gastos para execução da laje do 9º pavimento à concretagem da laje do 11º pavimento tipo, obtêm-se 50 dias corridos, contando-se os fins de semanas, ou seja, se comparado ao sistema convencional, apresentado pela Tabela 2, observamos uma redução de 20 dias no prazo de execução.

Quando observamos os dias trabalhados nas lajes do 7º ao 11º pavimento tipo, com o sistema pré-vigas pré-fabricadas, chegamos a 42 dias, isto é, a construtora ganhou 15 dias trabalhados (sem contar finais de semana e feriados) com o uso deste sistema, se comparado ao sistema convencional.

A redução da mão de obra também foi muito significativa no sistema de pré-vigas, onde as cinco lajes da torre II tiveram a necessidade de 3 serventes, 7 armadores e 9 carpinteiros, sendo a mão de obra calculada por média de funcionários, a produtividade com tal equipe de operários apresentou um índice de 3 lajes/mês, ou seja, um aumento de 0,86 laje/mês em relação ao sistema convencional.

Conforme podemos observar no Apêndice B, as lajes do 10º e 11º pavimentos tipo tiveram 9 carpinteiros para todos os dias trabalhados para confecção das respectivas lajes, com exceção do número de carpinteiros usados na concretagem, que foram de 6 carpinteiros.

Semelhante à torre I, com uso de sistema convencional de estrutura, a torre II também teve o uso de 5 empreiteiros durante a concretagem de cada laje, sendo os mesmos necessários para deixa-las niveladas.

O tempo de cimbramento não mudou muito de uma torre para outra, como observou-se nas Tabelas 2 e 3.

A Tabela 4, foi executada com base no Apêndice C, observou-se os dados das lajes com sistema em pré-vigas moldadas *in loco*, sendo que a mesma foi realizada com base nos dados do Apêndice C.

Tabela 4: Levantamento de dados da Torre III.

DADOS TORRE III - SISTEMA PRÉ-VIGAS MOLDADAS <i>IN LOCO</i>										
PAVIMENTO	DATAS		QNT. DIAS TRABALHADOS EM LAJE	EQUIPE USADA			TEMPO DE CIMBRAMENTO		QNT. DIAS COM CIMBRAMENTO	
7° Pav. Tipo	INÍCIO	07/05/2015	6 dias	5	Serventes		INÍCIO	11/05/2015	20 dias	
				10	Carpinteiro					
				1	Meio Oficial de Carpinteiro					
	FINAL (Concretagem)	12/05/2015		9	Armador		FINAL	30/05/2015		
				1	Meio Oficial de Armador					
				0	Empreiteiros					
8° Pav. Tipo	INÍCIO	20/05/2015	6 dias	5	Serventes		INÍCIO	25/05/2015	17 dias	
				8	Carpinteiro					
				1	Meio Oficial de Carpinteiro					
	FINAL (Concretagem)	26/05/2015		9	Armador		FINAL	10/06/2015		
				1	Meio Oficial de Armador					
				0	Empreiteiros em Concretagem					
9° Pav. Tipo	INÍCIO	05/06/2015	7 dias	8	Serventes		INÍCIO	10/06/2015	23 dias	
				10	Carpinteiro					
				1	Meio Oficial de Carpinteiro					
	FINAL (Concretagem)	12/06/2015		9	Armador		FINAL	02/07/2015		
				1	Meio Oficial de Armador					
				0	Empreiteiros em Concretagem					
10° Pav. Tipo	INÍCIO	22/06/2015	8 dias	5	Serventes		INÍCIO	29/06/2015	8 dias	
				8	Carpinteiro					
				1	Meio Oficial de Carpinteiro					
	FINAL (Concretagem)	30/06/2015		7	Armador		FINAL	06/07/2015		
				1	Meio Oficial de Armador					
				0	Empreiteiros em Concretagem					
11° Pav. Tipo	INÍCIO	06/07/2015	5 dias	11	Serventes		INÍCIO	09/07/2015	19 dias	
				10	Carpinteiro					
				1	Meio Oficial de Carpinteiro					
	FINAL (Concretagem)	10/07/2015		9	Armador		FINAL	27/07/2015		
				1	Meio Oficial de Armador					
				0	Empreiteiros em Concretagem					
PRODUTIVIDADE DA TORRE III										
DATA INICIAL		DATA FINAL		QUANT. DIAS (dias corridos)			QUANT. MESES		PRODUTIVIDADE (laje/mês)	
07/05/2015		10/07/2015		55			1,83		2,73	

Fonte: Autora, 2016.

Conforme ocorreu na execução das demais torres, na Torre III não foi diferente, havia alguns funcionários de férias e outros funcionários haviam sido encaminhados para outras obras da construtora que pertenciam ao mesmo engenheiro de execução.

Como observado na Tabela 4, a execução do 7º pavimento tipo, que foi a primeira laje em estudo entre as analisadas, teve seu início em 07 de maio de 2015, sendo a concretagem da laje do 11º pavimento tipo (última laje analisada), em 10 de julho de 2015, totalizando 32 dias trabalhados para execução das cinco lajes com o sistema de pré –vigas moldadas *in loco*. Somando os dias usados para a confecção de todas as lajes, foram gastos 55 dias corridos (contando fins de semanas, exceto feriado). Pode-se observar que foram 5 dias a mais que o sistema pré-vigas pré-fabricadas, pois houve a necessidade da execução das pré-vigas no próprio canteiro de obras.

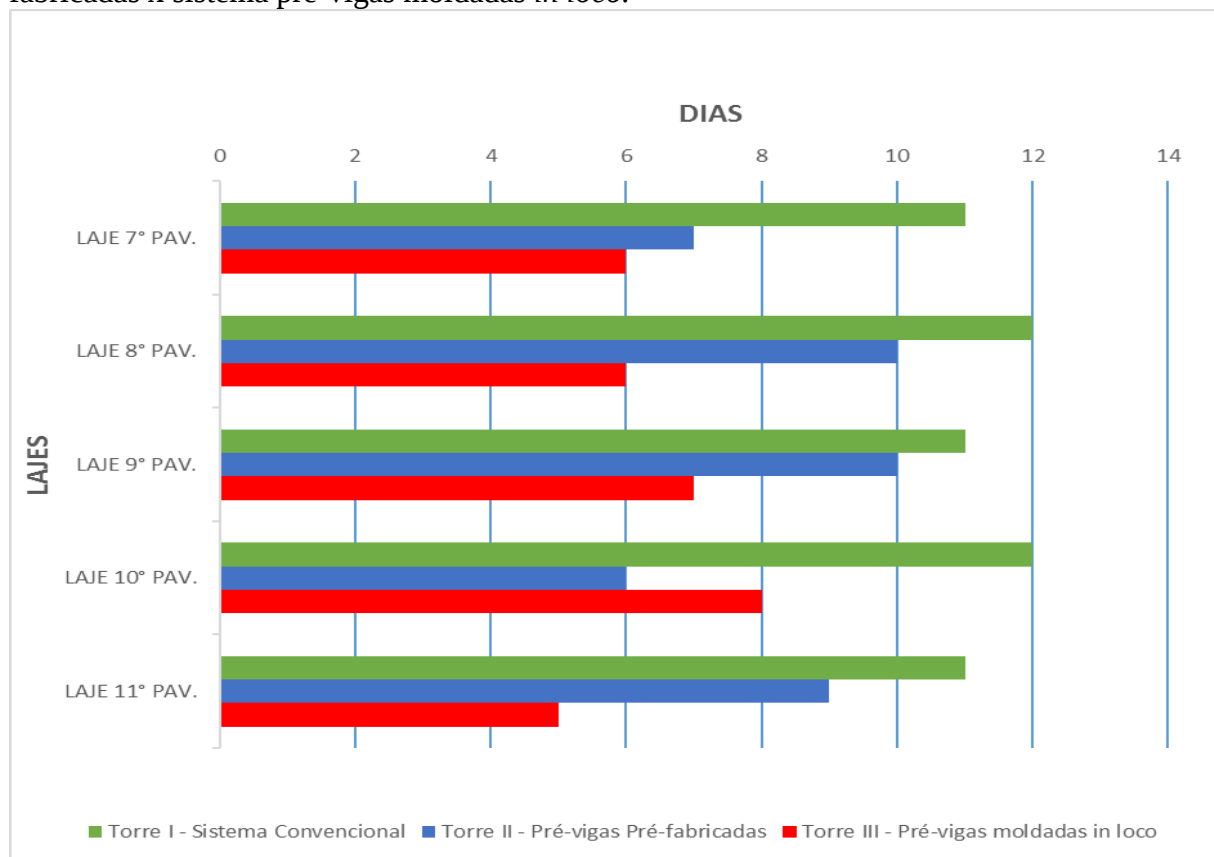
Conforme verificado na Tabela 4, foram, em média, 6 dias para a confecção de cada laje. Apresenta-se, também, a média de serventes, carpinteiros, meio oficiais de carpinteiros, armadores, além de meio oficiais de armadores, que foram usados para execução de cada laje.

Para execução das cinco lajes foram necessários 6 serventes, 9 armadores, e 9 carpinteiros, calculando-se através da média de funcionários por cada laje, sendo que, com tal equipe, a produtividade no sistema pré-vigas moldada *in loco* foi de 2,73 lajes/mês.

Apresentou-se, também na Tabela 4, o tempo de cimbramento de cada laje, a laje do 9º pavimento tipo foi a que ficou mais tempo, com cimbramento de 23 dias, sendo que a laje do 10º pavimento tipo teve seu cimbramento por apenas 8 dias, devido a utilização de um concreto com auto resistência inicial. Para execução desta torre, foi utilizada a mesma equipe de empreiteiros da torre II para o nivelamento da laje na concretagem da mesma.

O Gráfico 1, mostra a produtividade de cada sistema.

Gráfico 1: Produtividade dia / laje de sistema convencional x sistema pré-vigas pré-fabricadas x sistema pré-vigas moldadas *in loco*.



Fonte: Autora, 2016.

No Gráfico 1, observou-se quantos dias foram gastos (dias trabalhados, sem contar os fins de semanas e feriados) para a execução de cada laje em análise deste trabalho, mostrando a produtividade laje/dia de cada sistema estrutural.

Como o Gráfico 1 demonstrou, a laje do 10º pavimento tipo foi a que apresentou maior variação de produtividade entre os sistemas estruturais em estudo neste trabalho. Sendo que na torre II, com o uso de sistema em pré-vigas pré-fabricadas, tal laje apresentou 6 dias a menos de execução que a torre I, e na torre III, com o uso de sistema de pré-vigas moldadas *in loco*, apresentou 4 dias a menos de execução que a torre I (sistema convencional), isso ocorreu devido a temperatura desses dias estar mais amena, ou seja, os dias estavam nublados, o que aumenta a produtividade da equipe.

Observou-se também, no Gráfico 1, que a laje do 7º pavimento teve muita variação das torres, sendo 11 dias gastos para torre I, 7 dias, para torre II, e 6 dias, para torre III, observa-se que da torre II para torre III teve a redução de um dia de execução do sistema pré-vigas pré-fabricadas, para o sistema de pré-vigas moldada *in loco*.

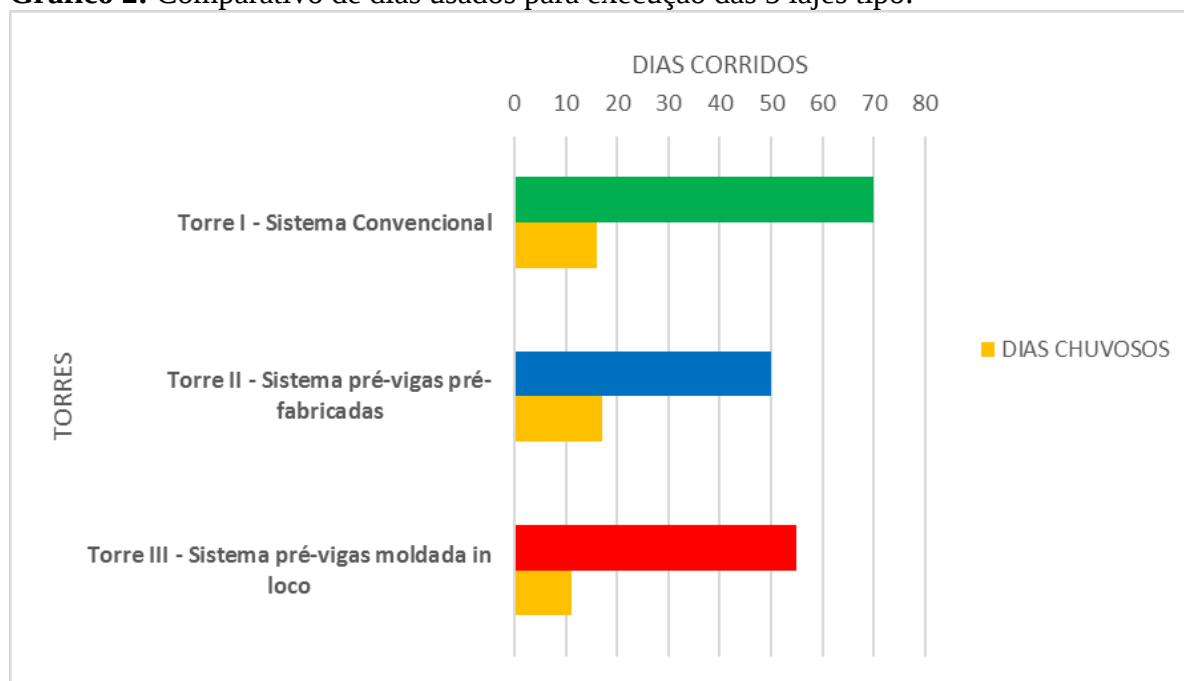
A laje do 9º pavimento tipo foi a que teve menor variação de dias gastos para concretar a laje, com a redução de um dia do sistema convencional para o sistema de pré-vigas pré-fabricadas, e 4 dias para o sistema pré-vigas moldada *in loco*.

Com o Gráfico 1, visualizou-se claramente que o sistema em pré-vigas moldada *in loco* é mais produtivo do que o sistema convencional e o sistema pré-vigas pré-fabricadas, lembrando que é realizado o estudo quanto a produtividade em relação aos dias trabalhados, não dias corridos (contando fins de semana e feriados). Acredita-se que esse sistema foi mais produtivo, devido a empresa ter realizado treinamento com a equipe responsável pela execução da mesma, facilitando e agilizando o trabalho da equipe e fazendo com que a equipe adquira prática na execução das peças. Observa-se também, que as peças foram executadas na própria obra, ou seja, não em fábricas que exijam cronograma de fabricação de peças e podem atrapalhar a agilidade e concentração das equipes responsáveis.

4.2.2 Redução de dias de execução entre sistema convencional x sistema pré-vigas pré-fabricadas x sistema pré-vigas moldada *in loco*.

O Gráfico 2 apresenta os dias gastos (corridos) para a execução das cinco lajes de cada sistema em estudo.

Gráfico 2: Comparativo de dias usados para execução das 5 lajes tipo.



Fonte: Autora, 2016.

O Gráfico 2 demonstrou que foram gastos 70 dias corridos, contando os fins de semana para a execução da laje do 7º, 8º, 9º, 10º e 11º pavimento tipo, já a torre II teve as lajes dos mesmos pavimentos tipos realizados em 50 dias, ou seja, percebe-se uma redução de 20 dias para a execução dessas 5 lajes com o uso de pré-vigas pré-fabricadas, enquanto na torre III foram gastos 55 dias, ou seja 15 dias a menos que a torre I e 5 dias a mais que a torre II, devido à necessidade de produzir as peças de pré-vigas no próprio canteiro de obras.

O mesmo gráfico apresenta a quantidade de dias chuvosos em cada torre analisada, justificando o atraso em algumas torres e também a diferença da produtividade entre dias corridos e dias trabalhados.

4.2.3 Índices Pluviométricos

Conforme Reis (2015), no Apêndice D (torre I), constaram-se índices pluviométricos de cada dia de execução de cada laje no sistema convencional, junto com as variáveis de medições dos ventos diários, onde os dados foram fornecidos pelo Simepar. Sendo que as linhas das tabelas grifadas representam os dias dos fins de semanas que não foram trabalhados, portanto os mesmos não entraram na soma do volume da chuva, da mesma forma que os mesmos dias não fizeram parte da média da velocidade dos ventos.

Levando em consideração que as lajes que mais tiveram dias trabalhados até sua concretagem foram as do 8º e 10º pavimento tipo com 12 dias.

Ao observar o Apêndice D (torre I), a execução da laje do 8º pavimento tipo apresentou a maior média de velocidade de vento entre as 5 lajes analisadas, de 4, 203 m/s, e o segundo maior volume de chuva, de 57,40 mm, tendo o maior volume pluviométrico (57,20 mm) ocorrido em apenas 1 dia, semelhante ao ocorrido nas lajes do 7º, 9º (onde o volume considerável ocorreu em 1 dia) e 10º pavimentos tipo, ou seja, não foi a chuva que causou o atraso da estrutura neste nível, já que nas lajes do 7º e 9º pavimentos tipo foram utilizados 11 dias trabalhados para sua confecção. A explicação para o atraso desta laje foi devido ao giro dos painéis dos pilares deste nível, ou seja, neste pavimento os lados internos dos painéis foram virados para os lados externos, possibilitando, desta forma, um melhor aproveitamento das fôrmas dos pilares, o que acaba gerando um atraso, e, pelo mesmo motivo, podemos explicar o uso de 1 carpinteiro a mais nesta laje, como observado na Tabela 2.

Já a laje do 10º pavimento tipo, que teve a mesma quantidade de dias gastos para a execução que a laje do 8º, apresentou o menor volume pluviométrico entre os períodos das

cinco lajes analisadas, como pode-se notar no Apêndice D, tendo este volume ocorrido em apenas 1 dia, ou seja, não se pode dizer que o atraso neste nível ocorreu devido à chuva. Não foram encontrados nos registros da obra alguma ocorrência no período da execução desta laje que pudesse explicar seu atraso.

No mesmo Apêndice D, podemos observar que o período com maior intensidade de chuva foi o ciclo que compreendeu a execução da laje do 11º pavimento tipo, que apresentou um volume total durante os dias de trabalho de 115,10 mm, sendo esta precipitação pluviométrica distribuída sempre no período da noite, com exceção das chuvas dos dias 23/02/2012 e 01/03/2012, que aconteceu apenas no período da tarde, totalizando apenas 1 dia de atraso, como ocorrido nas outras lajes. Já os ventos, neste mesmo período, apresentaram uma velocidade média de 3,868 m/s ou 13,92 km/h, porém conclui-se que a chuva e o vento não atrapalharam a produtividade neste nível, sendo que a laje do 11º pavimento tipo apresentou o mesmo número de dias trabalhados para execução que apresentaram as lajes do 7º e 9º pavimentos tipo.

Já o Apêndice E (torre II), apresenta os volumes de chuvas e a média dos ventos em cada laje no sistema de pré-vigas pré-fabricadas.

As lajes da torre II que mais apresentaram atrasos durante suas execuções foram as do 8º e 9º pavimentos tipo, sendo esta última a qual, em seu período de realização, teve um maior volume de chuva entre as cinco lajes analisadas deste sistema, com 103 mm, sendo os maiores volumes distribuídos em três dias, o que explica seu atraso.

O atraso do 8º pavimento tipo ocorreu pelo mesmo motivo do nível idêntico no sistema convencional, pelo giro dos painéis dos pilares neste nível.

Já a laje que teve sua execução mais rápida foi a do 10º pavimento tipo, que apresentou o menor volume de chuva, com 1,20 mm em seu período.

A telescopagem da grua aconteceu na laje do 11º pavimento tipo, o que explica o uso de 9 dias para a confecção da estrutura neste nível, sendo que em seu período de execução ocorreu o segundo menor volume de chuva, de 14,20 mm entre as cinco lajes analisadas, o que explica esta laje apresentar o segundo maior número de dias trabalhos, comparado às lajes em estudo na torre II.

No apêndice F (torre III), a execução da laje do 10º pavimento tipo, foi a que apresentou maior média de velocidade de ventos, entre as 5 lajes analisadas da torre III, com 5,13 m/s, o que explica o motivo de que, neste pavimento demorou 8 dias para execução da laje, sendo que nas outras lajes o tempo de execução foi menor. Esta mesma laje apresentou o terceiro maior volume de chuva 38,80 mm, ocorrido em apenas um dia de execução,

semelhante à laje do 8º pavimento, onde o volume da chuva considerável foi em apenas um dia de execução, ou seja, a chuva não atrapalhou na execução das pré-vigas.

Nas lajes do 7º e 9º pavimentos tipo, o volume de chuva foi pouco, ou seja, isso colaborou para a execução das pré-vigas pré-moldadas *in loco*. Nas lajes do 8º e 11º pavimentos tipo, o volume de precipitação foi maior que as demais lajes analisadas da torre III (respectivamente 75,60 mm e 94,20 mm), porém, como a equipe já estava treinada, e com um ritmo de execução bastante acelerado, acabou não atrapalhando na execução das mesmas. A velocidade de ventos também foi média nessas lajes (respectivamente 4,63 m/s e 4,79 m/s), não significando muito para a execução das mesmas.

4.3 REDUÇÃO DE MÃO DE OBRA COM O SISTEMA DE PRÉ-VIGAS

As peças utilizadas no sistema convencional são mais acessíveis que as do sistema de pré-vigas pré-fabricadas e de moldadas *in loco*, porém, os benefícios indiretos desses outros sistemas fazem com que as construtoras optem por elas. As vantagens e desvantagens de cada sistema já foram citadas anteriormente, inclusive, sobre a redução de mão de obra de cada sistema utilizado, esse fator é levado em consideração pelas empresas.

4.3.1 Redução de carpinteiros com o uso de pré-vigas

A redução da mão de obra de carpinteiros no sistema de pré-vigas tanto pré-fabricadas como moldadas *in loco*, nas torres estudadas, tem um valor considerável, se comparada à quantidade de carpinteiros necessários no sistema convencional, conforme observa-se na Tabela 5.

Os números de mão de obra, apresentados na tabela, foram calculados pela média de funcionários utilizados para a confecção de cada laje analisada, apresentada nos Apêndices de cada sistema estudado.

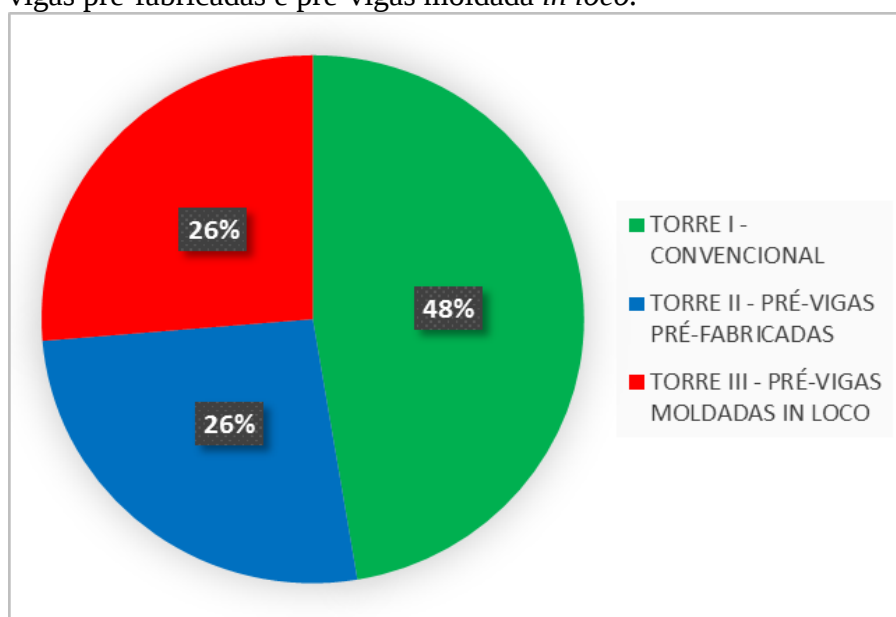
A Torre I, cujo sistema utilizado foi o convencional, teve a necessidade de 18 carpinteiros para confecção das 5 lajes analisadas, já as Torres II e III, precisaram de apenas 10 carpinteiros. Observa-se que não teve redução de carpinteiros nos sistemas de pré-vigas pré-fabricadas para o sistema de pré-vigas moldadas *in loco*, pelo fato do sistema ser praticamente o mesmo, alterando somente o local da produção das pré-vigas.

Tabela 5: Tabela com número de carpinteiros usados em cada sistema construtivo.

SISTEMAS	Nº DE CARPINTEIROS
TORRE I - CONVENCIONAL	18
TORRE II - PRÉ-VIGAS PRÉ-FABRICADAS	10
TORRE III - PRÉ-VIGAS MOLDADAS <i>IN LOCO</i>	10

Fonte: Autor, 2016.

No Gráfico 3 observa-se uma economia de 22% em carpinteiros, com a utilização do sistema de pré-vigas pré-fabricadas e pré-vigas moldada *in loco*. Enquanto 18 carpinteiros produzem 2,14 lajes/mês no sistema convencional, no sistema pré-vigas pré-fabricados, 10 carpinteiros produzem 3,00 lajes/mês, e no sistema pré-vigas moldada *in loco*, 10 carpinteiros produzem 2,73 lajes/mês.

Gráfico 3: Consumo de carpinteiros em percentual entre sistema convencional, sistema pré-vigas pré-fabricadas e pré-vigas moldada *in loco*.

Fonte: Autora, 2016.

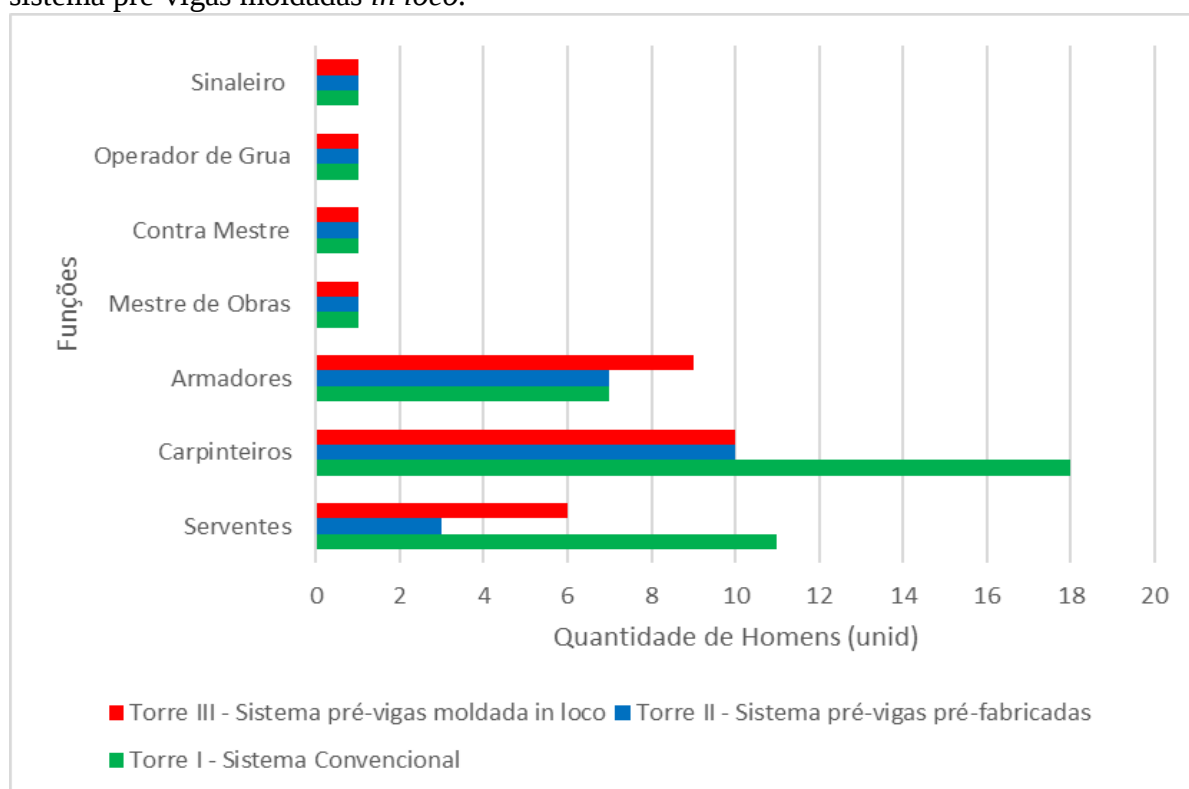
Nota-se, visivelmente, que os sistemas pré-vigas são mais vantajosos que o sistema convencional, o sistema pré-viga pré-fabricada tem um percentual de 40% a mais de produtividade que o sistema convencional, e o sistema pré-vigas moldada *in loco* tem um percentual de 27% a mais que o sistema convencional em produtividade, conforme demonstrado nas Tabelas 2, 3 e 4.

4.3.2 Redução de equipe com uso de cada sistema analisado

Conforme Reis (2015), não foi somente o número de carpinteiros que foi reduzido de um sistema para outro, o número de serventes também diminuiu, conforme observa-se no Gráfico 4.

O gráfico 4 representa que o número de mestre de obra, contra mestre, operador de grua, armadores e sinaleiro não reduz de um sistema para o outro, mas observa-se que o número de serventes reduziu 8 homens da Torre I para a Torre II, e aumentou 3 homens da Torre II para a Torre III, pois necessita-se de mais serventes para moldagem das peças no canteiro de obra. Observa-se também, que o número de armadores não reduziu da Torre I para a Torre II, mas aumentou 2 homens para a Torre III, pois são necessários mais homens para amarração da armadura nas peças moldadas *in loco*.

Gráfico 4: Equipe usada no sistema convencional x sistema pré-vigas pré-fabricadas x sistema pré-vigas moldadas *in loco*.



Fonte: Autora, 2016.

Na Tabela 6, apresenta-se o número de funcionários utilizados para a execução de cada sistema estrutural, e nota-se que apenas foi reduzido o número de funcionários no

sistema de pré-vigas pré-fabricadas, pois, nesse sistema, as peças já são encaminhadas prontas para o canteiro de obras, ou seja, necessitando menos homens para a execução do trabalho.

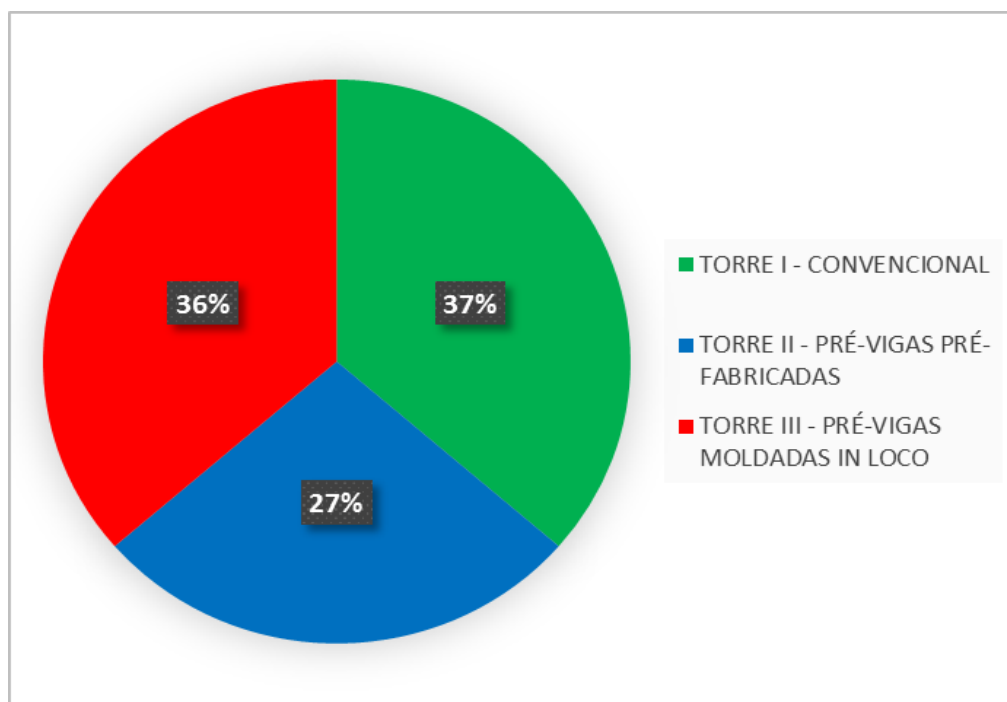
Tabela 6: Número Total de mão de obra envolvida na estrutura de cada sistema.

SISTEMAS	EQUIPE TOTAL
TORRE I - CONVENCIONAL	20
TORRE II - PRÉ-VIGAS PRÉ-FABRICADAS	15
TORRE III - PRÉ-VIGAS MOLDADAS <i>IN LOCO</i>	20

Fonte: Autor, 2016.

No Gráfico 5, observa-se a redução em percentual da equipe total (mestres, operador de grua, sinaleiro, servente, carpinteiros e armadores), envolvida na execução das cinco lajes analisadas de cada sistema estrutural, sendo que o valor total (100%) apresentado pelo gráfico abaixo, refere-se à somatória do número de mão de obra usada no sistema convencional, sistema pré-vigas pré-fabricadas e sistema pré-vigas moldadas *in loco*.

Gráfico 5: Redução em percentual de equipe usada em cada sistema.



Fonte: Autora, 2016.

Observa-se que houve uma redução de 10% do sistema convencional e pré-vigas moldada *in loco*, para o sistema de pré-vigas pré-fabricadas.

4.4 REDUÇÃO DE GASTOS COM MÃO DE OBRA ENTRE SISTEMAS

Conforme Reis (2015), como a mão de obra reduziu com o sistema em pré-vigas, consequentemente, o custo da obra também diminuiu em relação às despesas com as folhas de pagamentos dos operários.

Com base na Figura 10, retirado do site do Sinduscon Oeste – PR, o preço da mão de obra, por hora, dos funcionários da construção civil no oeste do Paraná são dispostos da seguinte maneira.

Figura 10: Ata de fechamento das negociações da convenção coletiva de trabalho 2016/2017

Parágrafo Primeiro – Pisos Salariais:	
1 – A partir de 1º de Junho de 2016, os pisos salariais dos trabalhadores que mantenham contrato de trabalho dentro da base territorial do SINDUSCON/PARANÁ -OESTE, passam a vigorar com os seguintes valores/hora:	
	Junho/2016
Auxiliar Produção	5,47
Meio Oficial	5,77
Oficial	7,62
Contra Mestre	11,17
Mestre de Obras	14,99

Fonte: Sinduscon Oeste-PR

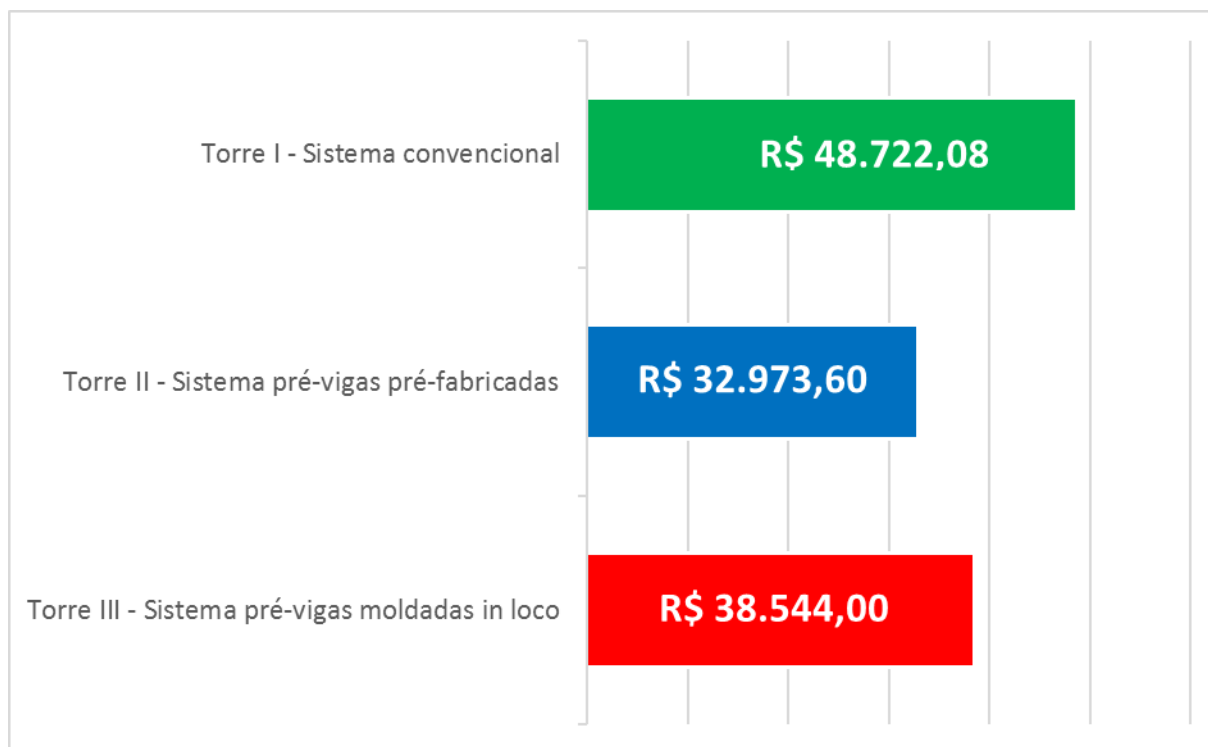
O Gráfico 6 apresenta o gasto total com as equipes usadas em cada sistema estrutural em estudo neste trabalho, em apenas 1 mês.

Para o cálculo dos gastos com folhas de pagamentos pela construtora em ambos os sistemas, foi usado a tabela apresentada pela Figura 10, junto com a quantidade de equipe que foi representada no Gráfico 4, considerando que os funcionários tinham uma carga horária de trabalho de 8 horas por dia, sendo 22 dias trabalhados no mês, além de não terem sido consideradas as despesas com os encargos sociais.

Observa-se que a redução dos pagamentos dos funcionários envolvidos para execução da estrutura, desconsiderando custo com o engenheiro civil, foi de R\$ 15.748,48 do sistema convencional para o sistema de pré-vigas pré-fabricadas e um aumento de R\$ 5.570,40 do sistema de pré-vigas pré-fabricadas para o sistema de pré-vigas moldada *in loco*. Essa análise foi realizada para a execução das 5 lajes citadas anteriormente. O cálculo

realizado para saber o gasto total com as equipes de cada sistema, foi realizado com o mesmo valor da mão de obra para cada sistema, conforme valores da Figura 10.

Gráfico 6: Gasto com folha de pagamento em 1 mês.



Fonte: Autora, 2016.

4.5 PRODUTIVIDADE / M² E CUSTO COM A MÃO DE OBRA / M²

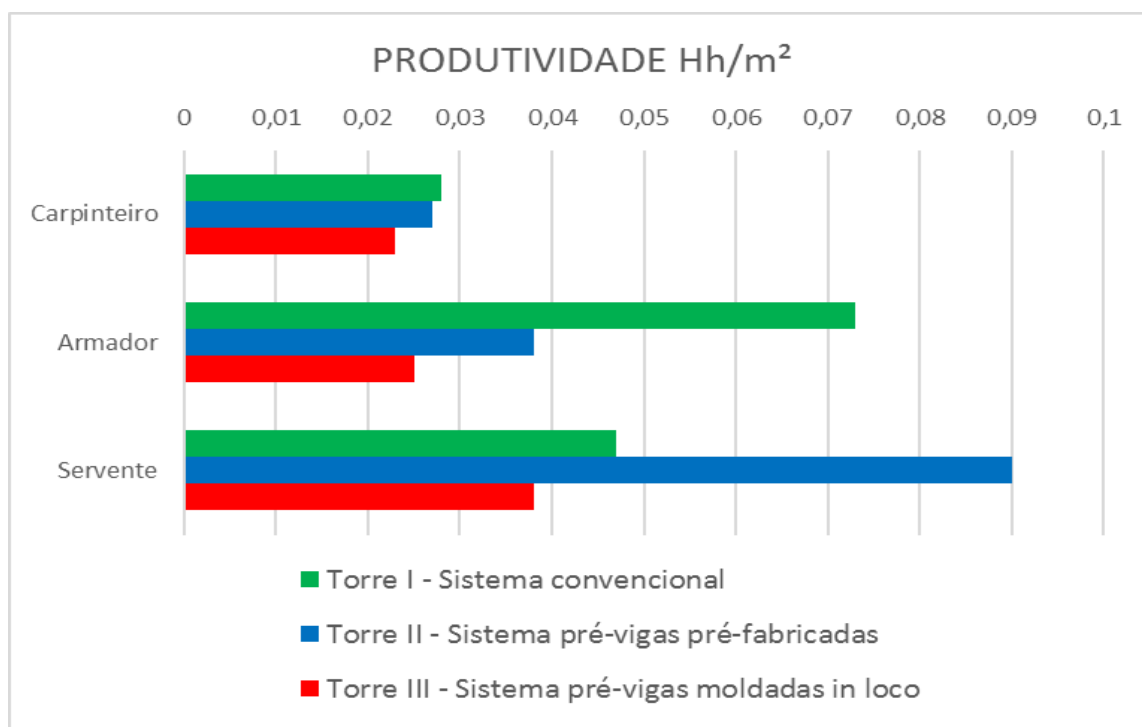
4.5.1 Produtividade / m²

Como se observa no Gráfico 7, a produtividade de carpinteiros na Torre II, foi mais significativa do que a produtividade encontrada para a execução da Torre I, ou seja, enquanto um carpinteiro no sistema convencional leva 0,028 horas para realizar 1m² de fôrma, no sistema pré-vigas pré-fabricadas, o mesmo carpinteiro (lembrando que a mesma equipe usada na Torre I, trabalhou na Torre II e na Torre III), gasta apenas 0,027 horas para executar 1m² de fôrma e no sistema pré-vigas moldadas *in loco*, o mesmo carpinteiro leva 0,023 horas para executar 1m² de fôrma, redução significativa para cada uma das torres e sistemas estruturais. Podemos afirmar que, a produtividade dos carpinteiros na Torre II aumentou em 1%, em relação ao índice de produtividade da Torre I, e os carpinteiros da Torre III aumentou em 4%, em relação ao índice de produtividade da Torre II.

Já a produtividade dos armadores não mudou do sistema convencional para o sistema de pré-vigas pré-fabricadas, já que as duas torres apresentaram a mesma quantidade de armadores, aumentou somente na Torre III (sistema pré-vigas moldada *in loco*), pois acresceu-se 2 armadores.

Em relação a produtividade de serventes, observa-se que enquanto um servente no sistema convencional, leva 0,047 horas no auxílio de 1m² de forma os carpinteiros e os armadores, o mesmo servente leva 0,090 horas no auxílio no sistema de pré-vigas pré-fabricadas e 0,038 horas no auxílio no sistema de pré-vigas moldada *in loco*, ou seja, no sistema de pré-vigas moldada *in loco* a produtividade de serventes é maior, pois a realização do cálculo da produtividade é em relação aos dias trabalhados.

Gráfico 7: Produtividade Hh/m² em relação aos dias trabalhados em cada torre.



Fonte: Autora, 2016.

4.5.2 Custo com mão de obra/m²

A quantidade de mão de obra nos sistemas de pré-vigas pré-fabricadas e moldadas *in loco* reduziu em relação ao sistema convencional, portanto o gasto da mão de obra por m² também diminuiu, conforme Tabela 7.

Tabela 7: Preço de equipe usada na estrutura por m².

SISTEMAS	CUSTOS POR M ²
TORRE I - CONVENCIONAL	R\$ 37,93
TORRE II - PRÉ-VIGAS PRÉ-FABRICADAS	R\$ 18,92
TORRE III - PRÉ-VIGAS MOLDADAS <i>IN LOCO</i>	R\$ 15,09

Fonte: Autora, 2016.

Observa-se que, nos custos com as equipes usadas apresentadas pelo Gráfico 6, em um mês, em todos os sistemas e a produtividade de laje/mês, conclui-se que o valor por m² da equipe com o sistema convencional equivale a R\$ 37,93/m², já para o sistema em pré-vigas pré-fabricadas, o valor cai para R\$ 18,92/m², e para o sistema de pré-vigas moldada *in loco* o valor baixa para R\$ 15,09/m². Os valores diminuiriam bastante em decorrência do número de dias trabalhados em cada sistema e a quantidade de mão de obra utilizada nos mesmos.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na construção racionalizada, existe um conjunto de ações para otimizar recursos e melhoria da qualidade na construção civil, a partir da implantação de ações para aumentar a produtividade e reduzir custos das obras. Quando esse processo é mecanizado, tem-se também os sistemas industrializados de pré-vigas, que são os pré-moldados e pré-fabricados, conforme descritos nesta pesquisa.

A partir da escolha deste presente trabalho, proporcionam-se índices de produtividade de um sistema para o outro, e assim é possível descobrir qual sistema é mais vantajoso em relação aos sistemas analisados.

No presente estudo, verificou-se que a produtividade, em relação aos dias trabalhados (sem contar finais de semana), é maior no sistema pré-vigas moldada *in loco* (Torre III), pois executaram-se as 5 lajes analisadas em 32 dias, sendo o menor tempo em relação às demais torres, e em quanto aos dias corridos, o sistema mais vantajoso é o sistema pré-vigas pré-fabricadas (Torre II), pois a produtividade foi de 3 lajes/mês, contra uma produção de 2,14 laje/mês (Torre I) e 2,73 laje/mês (Torre III).

No trabalho foram apresentados os volumes de precipitação pluviométrica e velocidade dos ventos, ocorridas durante a execução de cada laje analisada para as três torres, justificando, portanto, os atrasos nas lajes.

Em relação aos carpinteiros, tanto para o sistema pré-vigas pré-fabricado, como o sistema pré-vigas moldada *in loco*, o número de carpinteiros é o mesmo (dez funcionários), sendo indiferente na escolha do sistema por esse fator, já para o sistema convencional o número de carpinteiros é bastante alto, ou seja, desfavorável em relação aos demais.

Com o uso de sistema de pré-vigas pré-fabricadas, o custo por mão de obra na folha de pagamento é mais vantajoso em relação aos demais, já que, nesse sistema, o número de funcionários para execução é menor em relação aos demais, o que pode ser um fator importante para a construtora na hora da escolha do sistema a ser utilizado.

Foi calculada, também, a produtividade de carpinteiros e armadores para cada sistema analisado, sendo que o sistema convencional apresentou uma produtividade de carpinteiros de 0,028 Hh/m², o sistema pré-vigas pré-fabricadas apresentou 0,027 Hh/m² e o sistema de pré-vigas moldadas *in loco* apresentou 0,023 Hh/m².

Em relação ao prazo de execução das obras, economizou-se 29% em dias do sistema da Torre I (convencional) para a Torre II (pré-vigas pré-fabricadas) e 22% em dias do sistema da Torre I (convencional) para a Torre III (pré-vigas moldada *in loco*).

Conforme citado por Reis (2015), o sistema de pré-vigas tanto pré-fabricado, como moldado *in loco*, apresenta vantagens também no tempo de cimbramento, ou seja, há uma redução na quantidade de cimbramento, deixando os pavimentos mais limpos, abrindo frente para outros serviços importantes dentro da obra.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante do estudo realizado, é pertinente algumas sugestões de novos temas para trabalhos futuros:

- Estudo comparativo de custo total entre obra convencional, obra com uso de sistema pré-vigas pré-fabricadas e obra com uso de sistema em pré-vigas moldada *in loco*;
- Análise logística da obra, comparando o uso de sistema em pré-vigas pré-fabricadas e pré-vigas moldada *in loco*;
- Análise comparativa das patologias, que podem ser encontradas em cada sistema de pré-vigas tanto pré-fabricadas, como moldada *in loco*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985). **NBR 9062/2001: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro. ABNT 1995. Associados, 1974.

BLESSMANN, J. **O vento na engenharia estrutural**. 1. ed. Porto Alegre: Universidade UFRGS, 1995.

CASTRO, J. A. **Invento e Inovação Tecnológica: produtos e patentes na construção**. 1. Ed. São Paulo: Annablume, 2009.

EL DEBS, M. N. **Concreto Pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Eecs-Usp, 2000.

LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. **Construções de concreto – Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1982.

LIEBHERR, W.E.G. **As influências do vento na operação do guindaste**. 3. ed. Alemanha: 2012. Disponível em: <https://www.liebherr.com/shared/media/mobile-and-crawler-cranes/brochures/wind-influences/liebherr-influencias-dovento-p403-br01-2012.pdf>

LOTURCO, B. **Pré-Fabricados**. Revista Técnica, 2005. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/99/artigo285350-1.aspx>

MELO, C.E.E. **Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2004.

NAKAMURA, J. **Revista Infraestrutura Urbana: projeto, custos e construções**. São Paulo: Pini, 2004. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/36/icamento-de-vigas-307658-1.aspx>

REIS, P. P. **Análise da redução do prazo de execução com uso de sistema de pré-vigas comparado ao sistema de concreto armado moldado *in loco***. Cascavel: FAG, 2015.

SALAS, S. J. **Construção Industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 1988.

SOUZA, U.E.L **Projeto e implantação do canteiro**. 1. ed. São Paulo: Tula Melo, 2000.

SUL BRASIL. **Produtos Pré-fabricados**. Cascavel: 2013, disponível em:
<http://www.sulbrasilpremoldados.com.br/produtos>.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. 1.ed. São Paulo: Pini, 2001.

VIEIRA NETTO, A. **Construção Civil e Produtividade**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1993.

APÊNDICE A – Dados de execução da Torre I – Sistema Convencional.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE I - 7º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	01/12/2011	Execução de colarinhos dos pilares 6º ao 7º pav. Tipo. Instalação das armaduras dos pilares do 6º ao 7º pav. Tipo;	13	Auxiliar de Produção
			12	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	02/12/2011	Instalação das armaduras dos pilares do 6º e 7º pav. Tipo. Conferência do prumo dos pilares do 6º e 7º pav. Tipo. Concretagem dos pilares P7, P10, P20, P23, P26 E P30;	13	Auxiliar de Produção
			12	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	03/12/2011	Conferência dos prumos dos pilares 6º ao 7º pav. Tipo. Concretagem dos pilares P31, P35, P40, P27, P34, P36, P46, P45, P41, P33, P37, P49, P56, P43 e P39;	13	Auxiliar de Produção
			12	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	05/12/2011	Execução das desformas dos pilares do 6º ao 7º pav. Tipo. Montagem das formas das vigas: 1101, V1137 e V1107. Conferência do prumo dos pilares do 6º ao 7º pav. Tipo. Concretagem dos pilares: P24, P48, P55, P54, P57, P52, P50 e P38;	13	Auxiliar de Produção
			12	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			15	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	06/12/2011	Execução da desforma de pilares do 6º e 7º pav. Tipo. Montagem de formas de vigas de 7º pav. Tipo. Execução de montagem da forma da laje nervurada.	17	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			21	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	07/12/2011	Montagem de formas de vigas do 7º pav. Tipo. Nivelamento das formas das vigas do 7º pav. Tipo. Execução da montagem da forma da laje nervurada do 7º pav. Tipo. Montagem de armaduras das vigas do 7º pav. Tipo.	15	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			23	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	08/12/2011	Montagem das formas de vigas do 7º pav. Tipo. Nivelamento das formas das vigas do 7º pav. Tipo. Execução da montagem da forma da laje nervurada do 7º pav. Tipo. Execução do assoalho com chapa compensando na laje do 7º pav. Tipo. Montagem dos capiteis do 7º pav. Tipo. Execução da instalação das armaduras das vigas do 7º pav. Tipo.	13	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			23	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	09/12/2011	Nivelamento das formas das vigas do 7º pav. Tipo. Execução da montagem da forma da laje nervurada do 7º pav. Tipo. Execução do assoalho com chapa compensada na laje do 7º pav. Tipo. Execução da instalação das armaduras das vigas do 7º pav. Tipo. Execução das armaduras positivas e negativas do 7º pav. Tipo.	15	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			23	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	10/12/2011	Execução da montagem da forma da laje nervurada do 7º pav. Tipo. Execução do assoalho com chapa compensada na laje do 7º pav. Tipo. Execução das armaduras positivas e negativas do 7º pav. Tipo.	17	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			23	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	12/12/2011	Execução das armaduras positivas e negativas do 7º pav. Tipo. Execução de passagem de prumada na laje do 7º pav. Tipo. Execução de tubulação elétrica na laje do 7º pav. Tipo. Inspeção das armaduras da laje do 7º pav. Tipo. Inspeção das armaduras dos capiteis da laje do 7º pav. Tipo.	17	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			23	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	13/12/2011	Instalação das passagens de prumada na laje do 7º pav. Tipo. Execução da concretagem da laje do 7º pav. Tipo. Inspeção da concretagem da laje e vigas do 7º pav. Tipo. Verificação da cura do concreto. Hidratação da laje do 7º pav. Tipo. Organização das armaduras e formas dos pilares do 7º ao 8º pav. Tipo.	2	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			13	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE I - 8° PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	04/01/2012	Instalação dos colarinhos dos pilares do 7° pav. Tipo. - Caixaria de pilares do 7° ao 8° pav. Tipo.	15	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	05/01/2012	Execução de formas de pilares do 7° ao 8° pav. Tipo. - Inspeção das formas dos pilares do 7° ao 8° pav. Tipo - Instalação das armaduras dos pilares do 7° ao 8° pav. Tipo.	15	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	06/01/2012	Concretagem dos pilares P1, P2, P7, P11, P20, P31, P35, P33, P40, P33, P40 - Execução de formas pilares 7° ao 8° pav. Tipo.	18	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	07/01/2012	Concretagem dos pilares P10, P16, P21, P17, P30, P26, P23, P27, P37, P56, P41, P45, P46 e P49.	21	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	09/01/2012	Concretagem dos pilares P34, P36, P38, P50, P52, P57, P54, P53, P43, P48, P39, P42. - Concretagem da viga V612	13	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	10/01/2012	Montagem da laje e viga.	11	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	11/01/2012	Montagem da laje e vigas de 8° pav. Tipo.	13	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	12/01/2012	Montagem das viagas do 8° pav. Tipo - Colocação de armadura nas vigas e capitéis no 8° pav. Tipo. - Montagem da laje com assoalho de chapa compensada.	11	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	13/01/2012	Não houve serviço no dia no pavimento	0	Auxiliar de Produção
			0	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			0	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	16/01/2012	Colocação de armadura positiva e negativa da laje do 8° pav. Tipo. - Montagem da laje e vigas do 8° pav. Tipo.	17	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			23	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	17/01/2012	Colocação de armadura positiva e negativa da laje do 8° pav. Tipo. - Colocação da armadura dos capitéis.	19	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	18/01/2012	Concretagem da laje e das vigas do 8° pav. Tipo.	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			5	Empreiteiros
			13	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			16	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE I - 9º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	19/01/2012	Inspeção da armadura dos pilares do 8º ao 9º pav. Tipo. Execução de formas dos pilares P1,P2, P10, P7, P11, P16, P21 e P20.	14	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	20/01/2012	Instalação da armadura dos pilares do 8º ao 9º pav. Tipo. Concretagem dos pilares P1, P2, P10, P11, P26, P20, P21, P23 e P35.	15	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	21/01/2012	Concretagem dos pilares P7, P17, P30, P31, P37, P33, P40, P27, P49, P45, P41, P46 e P49.	21	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	23/01/2012	Concretagem dos pilares P34, P36, P38, P50, P52, P57, P54, P53, P55, P56, P43, P48 e P39. Montagem das formas das vigas do 9º pav. Tipo. Desforma dos pilares do 8º pav. Tipo.	12	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			14	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	24/01/2012	Desforma dos pilares do 8º pav. Tipo - Montagem das formas das vigas do 9º pav. Tipo.	9	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			14	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	25/01/2012	Montagem das formas das vigas do 9º pav. Tipo. Montagem da laje do 9º pav. Tipo. - Desforma dos pilares do 8º pav. Tipo.	8	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			10	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	26/01/2012	Montagem das formas das vigas do 9º pav. Tipo. Montagem da laje do 9º pav. Tipo. - Desforma dos pilares do 8º pav. Tipo. - Confeccção de assoalho com chapa compensada na laje.	13	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			17	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	27/01/2012	Montagem da laje do 9º pav. Tipo. Colocação da armadura das vigas do 9º pav. Tipo. Colocação da armadura positiva e negativa da laje do 9º pav. Tipo.	10	Auxiliar de Produção
			5	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			17	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	28/01/2012	Colocação da armadura das vigas do 9º pav. Tipo. Colocação da armadura positiva e negativa da laje do 9º pav. Tipo.	2	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			2	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	30/01/2012	Colocação da armadura das vigas do 9º pav. Tipo. Colocação da armadura positiva e negativa da laje do 9º pav. Tipo. - Nivelamento das vigas - Instalação das mestras da laje.	9	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			14	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	31/01/2012	Concretagem 9Concretagem 9º pav. Tipo - Concretagem vigas do 9º pav. Tipo.	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			5	Empreiteiros
			10	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			13	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE I - 10º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	01/02/2012	Marcação dos colarinhos dos pilares - Instalação das armaduras dos pilares.	11	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	02/02/2012	Montagem dos pilares - Instalação das armaduras dos pilares	9	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			15	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	03/02/2012	Montagem dos pilares - Instalação das armaduras dos pilares - Concretagem dos pilares, P7 P11, P21, P26, P1, P2, P16, P17 e P23.	10	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			15	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	04/02/2012	Concretagem dos pilares do 9º e 10º pav. Tipo.	3	Auxiliar de Produção
			0	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	06/02/2012	Concretagem dos pilares P42, P50, P55, P54, P57, P53 e P38. - Montagem das formas das vigas do 10º pav. Tipo. Desforma dos pilares do 9º pav. Tipo - Concretagem dos pilares do 9º pav. Tipo.	13	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			14	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	07/02/2012	Montagem das formas das vigas do 10º pav. Tipo - Desforma dos pilares do 9º pav. Tipo. - Montagem da laje do 10º pav. Tipo.	14	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			16	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	08/02/2012	Montagem da laje do 10º pav. Tipo - Montagem das vigas do 10º pav. Tipo.	10	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	09/02/2012	Montagem da laje do 10º pav. Tipo - Montagem das vigas do 10º pav. Tipo.	10	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	10/02/2012	Montagem da laje do 10º pav. Tipo - Montagem das vigas do 10º pav. Tipo - Instalação do assoalho com chapa compensada da laje.	11	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	11/02/2012	Instalação do assoalho com chapa compensada da laje	12	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	13/02/2012	Conferência de armaduras de lajes e vigas do 10º pav. Tipo. - Nivelamento da laje - Limpeza das vigas e das lajes.	11	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	14/02/2012	Concretagem de Lajes e Vigas	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			5	Empreiteiros
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			9	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			15	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE I - 11° PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	15/02/2012	Instalação dos colarinhos dos pilares - Conferência das armaduras dos pilares	14	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	16/02/2012	Montagem dos pilares do 10° ao 11° pav. Tipo - Conferência da armadura dos pilares - Instalação das armaduras dos pilares - Prumagem dos pilares.	8	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	17/02/2012	Montagem dos pilares do 10° ao 11° pav. Tipo - Prumagem dos pilares - Concretagem dos pilares P21, P17, P23, P26, P01, P02, P07, P10, P11, P16, P20, P30, P37, P35, P31, P33, P40 e P27.	11	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			18	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	18/02/2012	Prumagem dos pilares - Concretagem dos pilares P34, P41, P45M P46, P36, P38, P50, P52, P57, P54, P55, P53, P49, P43, P56.	20	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	22/02/2012	Desforma dos pilares do 10° e 11° pav. Tipo - Montagem das vigas do 11° pav. Tipo.	11	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	23/02/2012	Montagem de forma das vigas do 11° pav. Tipo - Montagem da laje do 11° pav. Tipo.	11	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	24/02/2012	Montagem de formas das vigas do 11° pav. Tipo. - Montagem da laje do 11° pav. Tipo. - Instalação das armaduras das vigas do 11° pav. Tipo. - Instalação das armaduras das escadas e da laje - Execução de assoalho para laje com chapa compensada.	13	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			20	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	27/02/2012	Montagem da laje do 11° pav. Tipo - Instalação das armaduras das vigas do 11° pav. Tipo - Instalação das armaduras das escadas e da laje.	11	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	28/02/2012	Instalação das armaduras nas lajes - Instalação das mestras - nivelamento da laje - Inspeção da armadura da laje.	11	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
	29/02/2012	Nivelamento da laje - Conferência do prumo das vigas - Passagem da tubulação elétrica embutida na laje - Inspeção da armadura da laje.	14	Auxiliar de Produção
			5	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			19	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	01/03/2012	Concretagem da laje do 11° pav. Tipo - Concretagem das vigas do 11° pav. Tipo.	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			5	Empreiteiros
			MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS	
6	Armador			
18	Carpinteiro			
0	Meio Oficial Carpinteiro			
0	Meio Oficial Armador			

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

APÊNDICE B – Dados de execução da Torre II – Sistema Pré-vigas Pré-fabricadas.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE II - 7º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	28/11/2013	Montagem de formas de pilares. Montagem do 1º lance de escada, içamento de pré-vigas;	4	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	29/11/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas de pav. Tipo. Concretagem do 1º lance da escada e todos os pilares, içamento de pré-vigas.	4	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	30/11/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas de pav. Tipo. Concretagem do 1º lance da escada e todos os pilares, içamento de pré-vigas.	0	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	02/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem da laje nervurada do 7º pav. Tipo. Maça de 7º pav. Tipo. Montagem de formas de vigas.	6	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	03/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem da laje nervurada do 7º pav. Tipo. Maça de 7º pav. Tipo. Montagem de formas de vigas.	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	04/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem da laje nervurada do 7º pav. Tipo. Maça de 7º pav. Tipo. Montagem de formas de vigas	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	05/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas de pav. Tipo. Término dos serviços na laje do 7º pav. Tipo. Concretagem de lajes 7º pav. Tipo.	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			5	Empreiteiros
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			4	Auxiliar de Produção
			7	Armador
			11	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE II - 8º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	06/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Elevação das linhas e eixos, marcação de galgalhos, montagem de armaduras de pilares do 7º pav. Tipo ao 8º pav. Tipo. Montagem de formas dos pilares do 7º ao 8º .	4	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			12	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	07/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem de armaduras do 7º ao 8º montagem de formas de pilares do 7º ao 8º pav. Tipo.	3	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			2	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	09/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem de armaduras do 7º ao 8º pav. Tipo.	3	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	10/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem de armaduras do 7º ao 8º pav. Tipo.	2	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			11	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	11/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Término de pilares e concretagem.	3	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			15	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	12/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem formas de vigas, montagem de lajes maças e nervuradas.	2	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			15	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	13/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem de formas e armaduras de vigas, montagem de vigas, montagem de lajes maças e nervuradas, montagem de armaduras de lajes, montagem de capitel.	1	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			14	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	14/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem de formas e armaduras de vigas, montagem de vigas, montagem de lajes maças e nervuradas, montagem de armaduras de lajes, montagem de capitel.	2	Auxiliar de Produção
			6	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			5	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	16/12/2013	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem de formas e armaduras de vigas, montagem de vigas, montagem de lajes maças e nervuradas, montagem de armaduras de lajes, montagem de capitel.	4	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			15	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	17/12/2013	Término dos serviços na laje, vigas e lajes 8º pav. Tipo.	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Empreiteiros
			3	Auxiliar de Produção
			3	Armador
			9	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE II - 9º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	06/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de armaduras de pilares.	3	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	07/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de armaduras de pilares	3	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	08/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de armaduras de pilares e içamento de pré-vigas	4	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	09/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Prumo dos pilares e concretagem.	4	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	10/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Início da montagem de lajes, montagem de formas de vigas.	4	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			13	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	11/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de lajes, montagem de formas de vigas.	2	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			4	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	13/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de lajes, montagem de formas de vigas.	3	Auxiliar de Produção
			11	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			7	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	14/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de armaduras de lajes, montagem de armaduras e forma de vigas, montagem de armaduras de capiteis e içamento de pré-vigas.	4	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			10	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	15/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de armaduras de lajes, montagem de armaduras e forma de vigas, montagem de armaduras de capiteis e içamento de pré-vigas.	9	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			10	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	16/01/2014	Concretagem. Uso de 5 funcionários terceirizados para nivelção da laje.	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Empreiteiros
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			4	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			10	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 - adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE II - 10º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	21/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de formas de pilares, montagem de forma de 1º lance de escada, içamento de pré-vigas.	2	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			9	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	22/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Prumo dos pilares e concretagem.	2	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			9	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	23/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Inicio da montagem de lajes, montagem de formas de vigas. Montagem de forma de 2º e 4º lance de escada.	2	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			9	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	24/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Inicio da montagem de lajes, montagem de formas de vigas. Montagem de forma de 2º e 4º lance de escada.	2	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			9	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
	27/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas do pav. Tipo. Montagem de armaduras de lajes, montagem de armaduras e formas de vigas, montagem de armaduras de capiteis, içamento de pré-vigas.	2	Auxiliar de Produção
			10	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			9	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
CONCRETAGEM	28/01/2014	Confecção de armaduras de pilares e vigas pav. Tipo. Montagem de lajes, montagem de formas de vigas.	4	Auxiliar de Produção
			1	Armador
			0	Meio Oficial Armador
			6	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			2	Auxiliar de Produção
			8	Armador
			8	Carpinteiro
			1	Meio Oficial Carpinteiro
			0	Meio Oficial Armador

Fonte: Reis, 2015 - adaptada.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE II - 11° PAV. TIPO					
EXECUÇÃO					
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA		
INÍCIO	29/01/2014	Montagem dos gastalhos, cabeças dos pilares, montagem de armaduras de pilares.	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
	30/01/2014	Montagem dos gastalhos	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
	31/01/2014	Montagem dos gastalhos, cabeças dos pilares, montagem de armaduras de pilares, montagem das formas dos pilares, içamento das pré-vigas.	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
	01/02/2014	Prumo dos pilares, concretagem.	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
	03/02/2014	Inicio de montagem de lajes, montagem de vigas.	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
	04/02/2014	Montagem de lajes, montagem de armaduras e formas de vigas, montagem de armaduras de capiteis, içamento das pré-vigas.	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
	05/02/2014	Montagem de lajes, montagem de armaduras e formas de vigas, montagem de armaduras de capiteis, içamento das pré-vigas.	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
	06/02/2014	Montagem de lajes, montagem de armaduras e formas de vigas, montagem de armaduras de capiteis.	2	Auxiliar de Produção	
			10	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
CONCRETAGEM	07/02/2014	Concretagem	4	Auxiliar de Produção	
			1	Armador	
			0	Meio Oficial Armador	
			6	Carpinteiro	
			0	Meio Oficial Carpinteiro	
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			2	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			9	Carpinteiro	
			1	Meio Oficial Carpinteiro	
			0	Meio Oficial Armador	

Fonte: Reis, 2015 – adaptada.

APÊNDICE C – Dados de execução da Torre III – Sistema Pré-vigas Moldadas *in loco*.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE III - 7º PAV. TIPO						
EXECUÇÃO						
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE			EQUIPE USADA	
INÍCIO	07/05/2015	Pré - vigas	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	12/06/2015	Concretagem	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	12/05/2015	Montagem das armaduras da laje	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	13/05/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	13/05/2015	Montagem das armaduras dos pilares	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	14/05/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	14/05/2015	Montagem das armaduras dos pilares	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	15/05/2015	Concretagem	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			10	Carpinteiro		
			0	Meio Oficial Carpinteiro		

Fonte: Autor, 2016.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE III - 8° PAV. TIPO						
EXECUÇÃO						
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE		EQUIPE USADA		
INÍCIO	20/05/2015	Pré - vigas	5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			8	Carpinteiro		
				Meio Oficial Carpinteiro		
	20/05/2015	Concretagem	5	Auxiliar de Produção		
9			Armador			
1			Meio Oficial Armador			
10			Carpinteiro			
			Meio Oficial Carpinteiro			
	21/05/2015	Montagem das armaduras da laje	5	Auxiliar de Produção		
9			Armador			
1			Meio Oficial Armador			
8			Carpinteiro			
			Meio Oficial Carpinteiro			
	21/05/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	5	Auxiliar de Produção		
9			Armador			
1			Meio Oficial Armador			
8			Carpinteiro			
			Meio Oficial Carpinteiro			
	21/05/2015	Montagem das armaduras dos pilares	4	Auxiliar de Produção		
9			Armador			
1			Meio Oficial Armador			
8			Carpinteiro			
			Meio Oficial Carpinteiro			
	21/05/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	4	Auxiliar de Produção		
9			Armador			
1			Meio Oficial Armador			
8			Carpinteiro			
			Meio Oficial Carpinteiro			
	22/05/2015	Montagem das armaduras dos pilares	5	Auxiliar de Produção		
9			Armador			
1			Meio Oficial Armador			
8			Carpinteiro			
			Meio Oficial Carpinteiro			
	26/05/2015	Concretagem	5	Auxiliar de Produção		
9			Armador			
1			Meio Oficial Armador			
8			Carpinteiro			
			Meio Oficial Carpinteiro			
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			5	Auxiliar de Produção		
			9	Armador		
			1	Meio Oficial Armador		
			8	Carpinteiro		
			0	Meio Oficial Carpinteiro		

Fonte: Autor, 2016.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE III - 9º PAV. TIPO					
EXECUÇÃO					
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA		
INÍCIO	05/06/2015	Pré - vigas	8	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	08/06/2015	Concretagem	8	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	09/06/2015	Montagem das armaduras da laje	8	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	09/06/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	8	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	10/06/2015	Montagem das armaduras dos pilares	8	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	10/06/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	8	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	11/06/2015	Montagem das armaduras dos pilares	5	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	12/06/2015	Concretagem	8	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			7	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
			0	Meio Oficial Carpinteiro	

Fonte: Autor, 2016.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE III - 10º PAV. TIPO				
EXECUÇÃO				
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA	
INÍCIO	22/06/2015	Pré - vigas	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
	23/06/2015	Concretagem	10	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
	23/06/2015	Montagem das armaduras da laje	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
	24/06/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
	24/06/2015	Montagem das armaduras dos pilares	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
	25/06/2015	Montagem dos colarinhos dos pilares	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
	26/06/2015	Montagem das armaduras dos pilares	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
	29/06/2015	Concretagem	5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
				Meio Oficial Carpinteiro
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			5	Auxiliar de Produção
			9	Armador
			1	Meio Oficial Armador
			8	Carpinteiro
			0	Meio Oficial Carpinteiro

Fonte: Autor, 2016.

LEVANTAMENTO DE DADOS TORRE III - 11° PAV. TIPO					
EXECUÇÃO					
DATA DE EXEC.		ATIVIDADE	EQUIPE USADA		
INÍCIO	06/07/2016	Pré - vigas	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	07/07/2016	Concretagem	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	07/07/2016	Montagem das armaduras da laje	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	08/07/2016	Montagem dos colarinhos dos pilares	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	08/07/2016	Montagem das armaduras dos pilares	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	09/07/2016	Montagem dos colarinhos dos pilares	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	10/07/2016	Montagem das armaduras dos pilares	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
	10/07/2015	Concretagem	11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
				Meio Oficial Carpinteiro	
MÉDIA DE FUNCIONÁRIOS			11	Auxiliar de Produção	
			9	Armador	
			1	Meio Oficial Armador	
			10	Carpinteiro	
			0	Meio Oficial Carpinteiro	

Fonte: Autor, 2016.

APÊNDICE D – Precipitações pluviométricas e velocidade de ventos em torre I.

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICAS E VELOCIDADES DE VENTOS EM TORRE I - SISTEMA CONVENCIONAL											
PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)
7° Pav. Tipo	Início	01/12/2011	0,00	3,450	8° Pav. Tipo	Início	04/01/2012	0,00	2,965		
		02/12/2011	0,00	3,348			05/01/2012	0,00	2,828		
		03/12/2011	0,00	3,782			06/01/2012	0,00	3,795		
		04/12/2011	0,00	4,536			07/01/2012	0,00	4,763		
		05/12/2011	0,00	4,719			08/01/2012	0,00	3,646		
		06/12/2011	0,00	4,608			09/01/2012	0,00	5,170		
		07/12/2011	0,00	3,692			10/01/2012	0,00	4,692		
		08/12/2011	0,00	3,039			11/01/2012	0,00	5,311		
		09/12/2011	50,60	3,763			12/01/2012	0,00	5,949		
		10/12/2011	0,00	3,215			13/01/2012	57,20	6,745		
		11/12/2011	0,00	2,899			14/01/2012	136,00	5,243		
		12/12/2011	0,00	3,475			15/01/2012	4,60	3,698		
		Final	13/12/2011	0,00			2,075	16/01/2012	0,00	2,456	
	TOTAL (mm)		51,00	3,561		17/01/2012	0,00	2,456			
					Final	18/01/2012	0,20	3,311			
					TOTAL (mm)		57,40	4,203			
PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)
9° Pav. Tipo	Início	19/01/2012	0,20	4,194	10° Pav. Tipo	Início	01/02/2012	0,00	3,856		
		20/01/2012	0,00	3,900			02/02/2012	0,00	3,770		
		21/01/2012	0,00	3,954			03/02/2012	0,00	4,155		
		22/01/2012	0,00	4,335			04/02/2012	0,00	4,892		
		23/01/2012	1,20	3,586			05/02/2012	0,00	3,922		
		24/01/2012	33,00	3,851			06/02/2012	0,00	3,832		
		25/01/2012	0,00	3,972			07/02/2012	0,00	3,446		
		26/01/2012	0,00	2,363			08/02/2012	0,00	2,522		
		27/01/2012	0,00	3,930			09/02/2012	0,00	2,915		
		28/01/2012	0,00	3,694			10/02/2012	3,80	3,645		
		29/01/2012	0,00	3,130			11/02/2012	0,00	3,382		
		30/01/2012	0,00	2,885			12/02/2012	0,00	3,386		
		Final	31/01/2012	0,00			3,641	13/02/2012	0,00	2,952	
	TOTAL (mm)		34,60	3,634		Final	14/02/2012	0,00	4,126		
					TOTAL (mm)		3,80	3,642			
	11° Pav. Tipo	Início	15/02/2012		3,80	4,676					
			16/02/2012		1,60	5,151					
			17/02/2012		0,00	3,170					
			18/02/2012		0,00	3,706					
			19/02/2012		0,00	3,669					
			20/02/2012		6,60	3,951					
			21/02/2012		0,00	3,596					
			22/02/2012		51,00	4,790					
			23/02/2012		7,30	3,094					
			24/02/2012		0,00	2,527					
			25/02/2012		22,80	3,327					
			26/02/2012		4,60	3,658					
			27/02/2012		1,80	2,625					
			28/02/2012		7,40	3,364					
			29/02/2012		20,60	4,458					
		Final	01/03/2012		15,00	5,178					
	TOTAL (mm)			115,100	3,868						

Fonte: Reis, 2015.

APÊNDICE E – Precipitações pluviométricas e velocidade de ventos em torre II.

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICAS E VELOCIDADES DE VENTOS EM TORRE II - SISTEMA PRÉ-VIGAS PRÉ-FABRICADAS										
PAV. TIPO	DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PAV. TIPO	DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	
7° Pav. Tipo	Início	28/11/2013	0,00	2,278	8° Pav. Tipo	Início	06/12/2013	19,00	5,944	
		29/11/2013	0,00	3,853			07/12/2013	0,00	2,961	
		30/11/2013	47,40	4,573			08/12/2013	12,40	3,930	
		01/12/2013	0,00	4,204			09/12/2013	0,00	4,082	
		02/12/2013	30,20	5,871			10/12/2013	2,60	5,271	
		03/12/2013	1,20	4,075			11/12/2013	0,00	2,952	
		04/12/2013	0,00	2,545			12/12/2013	0,00	3,725	
		05/12/2013	0,00	3,141			13/12/2013	0,00	5,330	
TOTAL (mm)		78,80	3,762	14/12/2013		0,00	4,464			
				15/12/2013		0,20	3,534			
				16/12/2013		18,40	3,242			
				Final		17/12/2013	0,00	3,660		
				TOTAL (mm)		40,00	4,163			
PAV. TIPO	DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PAV. TIPO	DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	
9° Pav. Tipo	Início	06/01/2014	3,00	3,477	10° Pav. Tipo	Início	21/01/2014	0,00	3,184	
		07/01/2014	0,00	4,355			22/01/2014	0,80	4,966	
		08/01/2014	0,00	4,677			23/01/2014	0,00	4,626	
		09/01/2014	0,00	2,950			24/01/2014	0,40	5,019	
		10/01/2014	0,40	3,524			25/01/2014	0,60	3,903	
		11/01/2014	0,00	3,889			26/01/2014	22,80	2,935	
		12/01/2014	0,20	4,069			27/01/2014	0,00	4,718	
		13/01/2014	0,20	3,053			Final	28/01/2014	0,00	3,268
		14/01/2014	53,40	4,461				TOTAL (mm)		1,20
	15/01/2014	10,60	3,866							
	Final	16/01/2014	35,40					3,084		
TOTAL (mm)		103,00	3,734							
		PAV. TIPO	DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)				
		11° Pav. Tipo		Início	29/01/2014	0,00	3,782			
				30/01/2014	11,80	3,498				
				31/01/2014	0,00	3,898				
				01/02/2014	0,20	2,570				
				02/02/2014	0,00	2,595				
				03/02/2014	0,00	4,650				
				04/02/2014	0,00	4,664				
				05/02/2014	0,00	3,525				
		06/02/2014	0,00	2,440						
		Final	07/02/2014	2,20	3,155					
TOTAL (mm)			14,20	3,576						

Fonte: Reis, 2015.

APÊNDICE F – Precipitações pluviométricas e velocidade de ventos em torre III.

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICAS E VELOCIDADES DE VENTOS EM TORRE III - SISTEMA PRÉ-VIGAS MOLDADAS <i>IN LOCO</i>											
PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)
7º Pav. Tipo	Início	07/05/2015	0,00	2,97	8º Pav. Tipo	Início	20/05/2015	0,00	3,93		
		08/05/2015	0,00	5,18		21/05/2015	0,00	5,36			
		09/05/2015	0,00	4,27		22/05/2015	0,00	5,90			
		10/05/2015	70,00	2,84		23/05/2015	0,00	6,28			
		11/05/2015	0,20	3,16		24/05/2015	26,00	4,74			
	Final	12/05/2015	0,00	4,45		25/05/2015	71,60	2,62			
TOTAL (mm)			0,20	4,00	Final	26/05/2015	4,00	3,68			
					TOTAL (mm)			75,60	4,63		
PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PAV. TIPO		DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)
9º Pav. Tipo	Início	05/06/2015	0,00	4,46	10º Pav. Tipo	Início	22/06/2015	0,00	4,63		
		06/06/2015	0,00	5,15		23/06/2015	0,00	3,01			
		07/06/2015	0,00	3,13		24/06/2015	0,00	4,98			
		08/06/2015	0,00	3,45		25/06/2015	0,00	6,85			
		09/06/2015	0,00	4,13		26/06/2015	0,00	7,00			
		10/06/2015	0,00	3,76		27/06/2015	0,00	5,20			
		11/06/2015	7,00	4,56		28/06/2015	0,00	5,24			
	Final	12/06/2015	9,20	3,50		29/06/2015	0,00	6,11			
TOTAL (mm)			16,20	4,14	Final	30/06/2015	38,80	3,29			
					TOTAL (mm)			38,80	5,13		
		PAV. TIPO	DATAS		PRECIPITAÇÃO (mm)		VELOCIDADE DO VENTO (m/s)				
11º Pav. Tipo		Início	06/07/2015	1,80	6,85						
		07/07/2015	12,60	5,03							
		08/07/2015	14,00	4,46							
		09/07/2015	0,80	2,58							
	Final	10/07/2015	65,00	5,02							
TOTAL (mm)			94,20	4,79							

Fonte: Autor, 2016.