

PATRICIA NEVES DE MELLO LEITE

Utilização de elementos pré-moldados em edifícios em estrutura convencional
(Estudo de caso)

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de pós-graduação em Tecnologia e
Gestão na Produção de Edifícios

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira
Cardoso

São Paulo
2014

RESUMO

O presente trabalho apresenta e analisa o processo de decisão e as soluções adotadas na execução de um edifício vertical, devidas ao uso de elementos pré-moldados substituindo soluções convencionalmente adotadas moldadas no canteiro de obra. Tais análises enfocam, quando pertinente, as seguintes dimensões: planejamento da execução e prazos, logística, método construtivo, equipe de produção, segurança do trabalho e custos.

Primeiramente discute-se o ciclo de execução da laje, estudando-se a possibilidade da utilização de pré-moldados visando atender o prazo estipulado no cronograma inicial (estrutura convencional). Ao viabilizar o ciclo, deve-se analisar os modelos de guias existentes no mercado, que possibilitem atender as estratégias e necessidades da obra, observando-se sua capacidade de carga, tamanho de lança, velocidade, dentre outros quesitos. São definidos em paralelo quais elementos estruturais serão substituídos por pré-moldados que, nesse estudo de caso, são as sacadas e escadas, afim de obter qualidade geométrica e acabamento das peças, otimizando a necessidade de revestimentos internos e externos; segurança em função da localização de alguns elementos como sacada; e maior produtividade obtida pela repetitividade de montagem. Por último, é analisado se o custo se viabiliza, com a alteração de elementos estruturais convencionais para pré-moldados, dentro do orçamento inicialmente planejado.

Nesse estudo é possível analisar as vantagens, desvantagens e etapas do processo envolvendo o emprego dos pré-moldados, por meio das práticas adotadas e dos indicadores dos resultados obtidos, que podem ser adaptados para obras semelhantes. Também são apontadas falhas e propostas alternativas para a sua superação.

Palavras-chave: Pré-moldados. Métodos Construtivos. Prazo. Custo.

ABSTRACT

The present work presents and analyses the decision-making process and the solutions adopted in the execution of a vertical building, due to the use of precast elements replacing conventionally adopted solutions molded construction. Such analyses focus on, when relevant, the following dimensions: planning and execution deadlines, production staff, safety and costs.

First it discusses the execution cycle of the slab, studying the possibility of using precast aiming to meet the deadline stipulated in the initial schedule (conventional structure). To enable the cycle, one should analyze the existing crane models on the market, enabling meet the strategies and needs of the work, observing its load capacity, size of the spear, speed, among other items. Are defined in parallel which will be replaced by precast structural elements which, in this case study, are balconies and stairs, in order to obtain geometric quality and finishing of parts, optimizing the need for internal and external coatings; safety depending on the location of some elements such as the balcony; and higher productivity achieved by the repetitiveness of editing. Lastly, is parsed the cost if enables, with changing conventional precast structural elements, within the budget initially planned.

In this study it is possible to analyze the advantages, disadvantages and steps of the process involving the use of precast, through the practices adopted and of the indicators of the results obtained, which can be adapted to similar works. Also are pointed out flaws and alternative proposals for their improvement. .

Keywords: Precast, Construction methods. Deadline. Cost.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.3 MÉTODO DE PESQUISA.....	15
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	17
2 ANÁLISE DE CICLO DA LAJE.....	19
3 ANÁLISE DA GRUA.....	29
4 ANÁLISE DAS ESCADAS PRÉ-MOLDADAS.....	37
4.1 VIGAS PRÉ-MOLDADAS DA ESCADA.....	40
4.2 PATAMAR DA ESCADA.....	42
4.3 LANCE DA ESCADA.....	44
4.4 MURETA DA ESCADA.....	46
5 ANÁLISE DAS SACADAS PRÉ-MOLDADAS.....	48
6 ANÁLISE DE EXECUÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS.....	52
6.1 PÓRTICO.....	52
6.2 CONCRETAGEM DOS PRÉ-MOLDADOS.....	56
6.3 IÇAMENTO DOS PRÉ-MOLDADOS.....	59
7 ANÁLISE DE CUSTO.....	64
8 ANÁLISE DOS DADOS.....	71
9 CONCLUSÃO.....	83

10 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	84
---	-----------

11 APÊNDICE.....	85
-------------------------	-----------

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1	Ilustração imagem fachada – Obra Orense (Fonte: Construtora).....	16
Figura 2.1	Mapa de divisão de concretagem (Estudo Eng Assahi).....	21
Figura 2.2	Mapa de divisão de concretagem (Estudo Eng Delamain).....	22
Figura 2.3	Estudo de escoramento remanescente (Estudo Paulo Asshi).....	24
Figura 2.4	Área de montagem da forma de madeira (Estudo Eng Assahi).....	25
Figura 2.5	Área de montagem da forma de madeira (Estudo Eng Delamain).....	26
Figura 3.1	Projeções da lança da grua ascensional (MC115) (Fonte:Estrucamp)..	32
Figura 3.2	Projeções da lança da grua externa (MC115) (Fonte: Estrucamp).....	32
Figura 4.1	Corte da Escada pré-moldada (Fonte Estrucamp).....	37
Figura 4.2	Esquema da escada pré-moldada (Fonte Estrucamp).....	39
Figura 4.3	Detalhe do complemento da forma patamar 1 e patamar 2 da escada (Fonte: TGM).....	42
Figura 4.4	Detalhe do complemento da forma do lance 1 e do lance 2 da escada) (Fonte: TGM).....	44
Figura 5.1	Detalhe da forma da sacada (Fonte: TGM).....	50
Figura 6.1	Pórtico Rolante (Fonte: TGM).....	52
Figura 6.2	Implantação de canteiro de obra, delimitando as áreas de estocagem, execução e concretagem dos elementos pré-moldados (Fonte: Construtora).....	53
Figura 6.3	Esquema de posicionamento: das formas para concretagem, estocagem e içamento para instalação de pré-moldados (Fonte: Estrucamp).....	57
Figura 6.4	Detalhe forma, desforma, içamento e fixação no local da mureta da escada (Fonte: Estrucamp).....	59
Figura 6.5	Esquema de içamento da mureta (Fonte: TGM).....	60
Figura 6.6	Detalhe do gancho de içamento (Fonte: TGM).....	60
Figura 6.7	Detalhe dos acessórios de içamento (Fonte: TGM).....	60
Figura 6.8	Detalhe no projeto do inserto de içamento (Fonte: Estrucamp).....	61
Figura 6.9	Detalhe da treliça de apoio para estabilidade do içamento das sacadas grandes (Fonte: TGM).....	63
Figura 8.1	Pontos de fixação do gradil (Fonte: Teca Engenharia de Projetos).....	77
Foto 4.1	Formas das vigas da escada (V629 / V623A) (Fonte: Autora).....	40

Foto 4.2	Estocagem das vigas da escada (V623A) (Fonte: Autora).....	40
Foto 4.3	Vigas da escada instalada (V623A) (Fonte: Autora).....	40
Foto 4.4	Vigas da escada instalada (V659A) (Fonte: Autora).....	41
Foto 4.5	Vigas da escada instalada (V656A) (Fonte: Autora).....	41
Foto 4.6	Forma das vigas da escada (V656/V659A) (Fonte: Autora).....	41
Foto 4.7	Detalhe da Forma do console das vigas da escada (V656/V659A) (Fonte: Autora).....	41
Foto 4.8	Forma patamar 1 e patamar 2 da escada (Fonte: Autora).....	42
Foto 4.9	Estocagem do Patamar 1 da escada (Fonte: Autora).....	43
Foto 4.10	Estocagem do Patamar 2 da escada (Fonte: Autora).....	43
Foto 4.11	Patamar 1 da escada instalado (Fonte: Autora).....	43
Foto 4.12	Patamar 2 da escada instalado (Fonte: Autora).....	43
Foto 4.13	Forma do lance 1 e do lance 2 da escada (Fonte: Autora).....	44
Foto 4.14	Estocagem do lance 1 da escada (Fonte: Autora).....	45
Foto 4.15	Lance 1 da escada instalado (Fonte: Autora).....	45
Foto 4.16	Forma da mureta da escada (Fonte: Autora).....	46
Foto 4.17	Estocagem da forma da mureta da escada (Fonte: Autora).....	46
Foto 4.18	Mureta da escada instalada (Fonte: Autora).....	46
Foto 5.1	Sacada 1 e 1A (Fonte: Autora).....	48
Foto 5.2	Sacada 2 e 2A (Fonte: Autora).....	48
Foto 5.3	Sacada 3 e 3A (Fonte: Autora).....	48
Foto 5.4	Forma da sacada 1 e 1ª (Fonte: Autora).....	49
Foto 5.5	Forma da sacada 2 e 2ª (Fonte: Autora).....	49
Foto 5.6	Forma da sacada 3 e 3ª (Fonte: Autora).....	49
Foto 5.7	Sacada 1A instalada, com o escoramento remanescente aplicado (Fonte: Autora).....	51
Foto 6.1	Detalhe dos insertos deixados nas lajes e da localização da bandeja primária (Fonte: Autora).....	54
Foto 6.2	Duto para alimentação do pórtico (Fonte: Autora).....	55
Foto 6.3	Caçamba para transporte do concreto (Fonte: Autora).....	55
Foto 6.4	Transporte da caçamba pelo pórtico (Fonte: Autora).....	55
Foto 6.5	Descarga do concreto na forma metálica (Fonte: Autora).....	55
Foto 6.6	Posição da forma para concretagem (Fonte: Autora).....	58
Foto 6.7	Posicionamento dos elementos após desforma (Fonte: Autora).....	58
Foto 6.8	Impactos da concretagem na posição vertical (Fonte: Autora).....	58

Foto 6.9	Ampliação das bolhas (Fonte: Autora).....	58
Foto 6.10	Insertos de içamento (Fonte: Autora).....	61
Foto 6.11	Insertos de içamento posicionado na forma (lado interno) (Fonte: Autora).....	62
Foto 6.12	Insertos de içamento posicionado na forma (lado externo) (Fonte: Autora).....	62
Foto 6.13	Acessório para içamento preso ao inserte (Fonte: Autora).....	62
Foto 6.14	Inserto de rosca sem a tampa (Fonte: Autora).....	62
Foto 6.15	Treliça de apoio para estabilidade no içamento das sacadas grandes (Fonte: Autora).....	63
Foto 8.1	Acabamento entre as muretas da escada (Fonte: Autora).....	73
Foto 8.2	Trinca no acabamento entre as muretas da escada (Fonte: Autora).....	73
Foto 8.3	Furação da mureta (Fonte: Autora).....	74
Foto 8.4	Acabamento irregular (Fonte: Autora).....	75
Foto 8.5	Acabamento executado (Fonte: Autora).....	75
Foto 8.6	Barras e ganchos auxiliares (Fonte: Autora).....	75
Foto 8.7	Cobrimento do concreto entre sacada pré-moldada e viga (Fonte: Autora).....	76
Foto 8.8	Barramento blindado do pórtico (Fonte: Autora).....	78
Foto 8.9	Barra de ancoragem permanente para sustentação da escada (Fonte: Autora).....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Estudo de ciclo de execução da laje (Estudo Eng Assahi).....	19
Quadro 2.2	Estudo de ciclo de execução da laje (Estudo Eng Delamain).....	20
Quadro 2.3	Comparativo Financeiro de Armação em Tela x Corte e Dobra (Fonte: Construtora).....	27
Quadro 2.4	Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na análise do estudo de ciclo.....	28
Quadro 3.1	Tabela de definição de equipamentos para transportes (Fonte: Estrucamp).....	30
Quadro 3.2	Informações técnicas sobre diversos modelos de guas (Fonte: Estrucamp).....	31
Quadro 3.3	Estudo diário de horas utilizadas pela grua – Trecho A (Fonte: Estrucamp).....	34
Quadro 3.4	Estudo diário de horas utilizadas pela grua – Trecho B (Fonte: Estrucamp).....	34
Quadro 3.5	Resumo de horas utilizadas pela grua para o 17º Pavimento (Fonte: Estrucamp).....	35
Quadro 3.6	Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na análise da grua.....	36
Quadro 4.1	Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na análise da escada pré-moldada.....	47
Quadro 5.1	Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na análise de sacada pré-moldada.....	51
Quadro 6.1	Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na utilização do pórtico.....	56
Quadro 7.1	Demonstrativo de custo referente a Grua Ascensional MC85 (Fonte: Locabens).....	64
Quadro 7.2	Demonstrativo de custo referente a Grua Ascensional MC115 (Fonte: Locabens).....	65
Quadro 7.3	Demonstrativo de custo referente a Grua Fixa MC115 (Fonte: Locabens).....	65
Quadro 7.4	Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Escada (Fonte: Autora).....	66

Quadro 7.5	Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Mureta (Fonte: Autora).....	66
Quadro 7.6	Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Vigas (Fonte: Autora).....	67
Quadro 7.7	Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Sacadas pequenas (Fonte: Autora).....	67
Quadro 7.8	Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Sacadas médias (Fonte: Autora).....	67
Quadro 7.9	Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Sacadas grandes (Fonte: Autora).....	67
Quadro 7.10	Resumo previsto dos itens a serem excluídos do orçamento inicial (Fonte: Autora).....	70
Quadro 7.11	Resumo previsto dos itens a serem acrescentados no orçamento (Fonte: Autora).....	70
Quadro 8.1	Ciclo de execução da laje na prática (Fonte: Autora).....	72
Quadro 8.2	Orçamento de formas metálicas (Fonte: TGM).....	79
Quadro 8.3	Resumo consolidado dos itens a serem acrescentados no orçamento (Fonte: Autora).....	82
Quadro 11.1	Cálculo do ciclo de subida das pré-vigas (Trecho B).....	88
Quadro 11.2	Cálculo do ciclo de concretagem de pilar (Trecho B).....	89
Quadro 11.3	Cálculo do ciclo de concretagem de pilar solteiro (Trecho B).....	90
Quadro 11.4	Cálculo do ciclo de subida de armação de pilar (Trecho B).....	91
Quadro 11.5	Cálculo do ciclo de colocação das escadas e muretas de proteção (Trecho B).....	92
Quadro 11.6	Cálculo do ciclo de colocação das sacadas (Trecho B).....	93
Quadro 11.7	Cálculo do ciclo de subida das pré-vigas (Trecho A).....	94
Quadro 11.8	Cálculo do ciclo de concretagem de pilar (Trecho A).....	95
Quadro 11.9	Cálculo do ciclo de concretagem de pilar solteiro (Trecho A).....	96
Quadro 11.10	Cálculo do ciclo de subida de armação de pilar (Trecho A).....	97
Quadro 11.11	Cálculo do ciclo de colocação das escadas e muretas de proteção (Trecho A).....	98
Quadro 11.12	Cálculo do ciclo de colocação das sacadas (Trecho A).....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 11.1	Levantamento de concreto – Lajes Tipo.....	85
Tabela 11.2	Levantamento de concreto – Pilares Tipo.....	86
Tabela 11.3	Levantamento de concreto – Vigas Tipo.....	87

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

As construtoras geralmente buscam como metas o atingimento de custo, prazo, qualidade e segurança do trabalho em suas obras. Porém, nem sempre se planejam de maneira eficiente para atingi-las. Existem diversos problemas que poderiam ter menos impactos no não atingimento das metas, se fossem analisados com mais critérios, antes do início da obra. É o que vem ocorrendo com relação as compatibilizações e liberações de projeto, escolhas de tecnologias construtivas, estudo de logística, segurança em obra, entre outros processos que, se não forem planejados com antecedência e de maneira eficaz, podem impactar diretamente na execução da obra.

O caminho para a solução desse problema seja por meio da racionalização da forma tradicional de organizar o processo de produção - da concepção e o projeto à execução em obra ou às etapas pós-entrega – seja do emprego de soluções inovadoras, tem sido objeto de investigações por parte da academia e do desenvolvimento e implantação de novas práticas pelas empresas.

Este trabalho explora em particular uma dessas vias, a do uso de elementos pré-moldados substituindo soluções convencionalmente adotadas moldadas no local. Trata-se da adoção de um método construtivo não convencional, entendendo-se por método construtivo "um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação" (SABBATINI, 1989).

A norma brasileira ABNT NBR 9062 Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2006) define elemento pré-moldado como "elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura...". A matéria prima dos elementos pré-fabricados deve ser ensaiada e testada quando no recebimento pela empresa e previamente à sua utilização.

A própria norma o distingue de elemento pré-fabricado, sendo este definido como "elemento moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresas para este fim ..."

Diante desse contexto é apresentado nesse trabalho um estudo envolvendo a utilização de elementos pré-moldados fabricados em uma central de produção temporária instalada em um canteiro de obras. Com essa iniciativa, a empresa construtora busca obter

vantagens construtivas pelo aumento do nível de industrialização nos processos executivos da estrutura; com a utilização desses elementos, que deixam de ser executados no local de aplicação, busca reduções de custo e de prazo e uma produção mais segura, organizada e com maior qualidade, onde a matéria prima dos elementos pré-moldados é ensaiada em um laboratório implantado no próprio canteiro. São exemplos de expectativas trazidas pelo uso de elementos pré-moldados:

- a) Escada pré-moldada – apresenta vantagem da escada convencional em função da produtividade, segurança e acabamento final da peça. Quando executada no local de aplicação, a montagem da forma é pouco produtiva em função da geometria da peça.
- b) Sacada pré-moldada – apresenta vantagem com relação a segurança, visto que a execução da sacada convencional é uma atividade de risco para os funcionários, por estar localizada fora da projeção da torre. Quando executada na central de produção, o método permite ainda um dimensionamento de equipe reduzido para montagem e se torna viável em função da repetitividade de montagem. Apresenta vantagem na qualidade geométrica e no acabamento das peças, otimizando a utilização de revestimentos externos, quando comparadas às sacadas convencionais. As sacadas pré-moldadas são executadas em uma central pré-determinada no estudo de logística da obra, evitando que as mesmas gerem uma condição inadequada de trabalho, como por exemplo, durante a desforma, tornando ambiente de trabalho mais limpo e seguro. Quando executadas no local, estão sujeitas a deformação da forma durante a concretagem, podendo gerar perda de concreto e necessidade de regularizações (externas ou internas), em função das dificuldades de montagens.

1.2 OBJETIVOS

Apresentar e analisar o processo de decisão e as soluções adotadas na execução de um edifício vertical, devidas ao uso de elementos pré-moldados substituindo soluções convencionalmente adotadas moldadas no local.

Tais análises enfocam, quando pertinente, as seguintes dimensões: planejamento da execução e prazos, logística, método construtivo, equipe de produção, segurança do trabalho e custos.

O estudo é feito tomando-se por base as seguintes análises:

- a) Análise de ciclo para execução da laje;
- b) Análise do tipo de grua necessário para o transporte e montagem dos pré-moldados;
- c) Análise das escadas pré-moldadas;
- d) Análise das sacadas pré-moldadas;
- e) Análise da execução dos elementos pré-moldados;
- f) Análise comparativa de custo estrutura convencional x pré-moldados.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

Considerou-se neste trabalho a obra Orense, como estudo de caso. A obra está localizada na região da Grande São Paulo, sendo um prédio comercial de 17 pavimentos, conforme figura 1.1, térreo e 3 subsolos sendo 20 salas comerciais por andar e 10 elevadores. A laje possui uma área total de 1.465,40m² e uma espessura média de 16cm.



Figura 1.1: Ilustração imagem fachada – Obra Orense (Fonte: Construtora)

Em 2011 foi concebido o projeto inicial desse empreendimento em estrutura convencional, pela Teca Engenharia de Projetos, sendo utilizado fck 40MPa do 2º subsolo ao 1º pavimento, fck 35MPa do 2º ao 5º pavimento e fck 30MPa do 6º à cobertura geral. Nesse mesmo ano também foi elaborado o orçamento da obra, baseado nessa concepção de projeto e nas premissas da Construtora.

Em 2012 foi cogitada, pela equipe de engenharia, a hipótese de utilizar alguns elementos pré-moldados, a fim de facilitar a execução e obter redução de custo. Para isso, foi contratada uma consultoria especializada em pré-moldados (Estrucamp), para auxiliar no processo de adaptação. Ao longo desse ano, foram realizadas diversas reuniões para definir quais elementos seriam executados em pré-moldados, e após alguns estudos financeiros e de produção, chegou-se a conclusão que apenas as sacadas e as escadas viabilizariam em pré-moldados nesse projeto.

Em 2013 foram elaborados pela Estrucamp os projetos das sacadas e escadas em pré-moldados sendo que os mesmos foram compatibilizados com os projetos de estrutura da Teca. Como premissa, a Construtora costuma contratar para as suas obras, uma consultoria especializada em forma pronta, Paulo Assahi, que desenvolve projetos de montagens da forma que, para essa obra em questão, também houve a necessidade de compatibilização com os projetos da Estrucamp.

Em 2014 foi iniciada a estrutura da obra e hoje está sendo executada a estrutura do 10º pavimento.

As informações desse estudo estão baseadas em dados específicos dessa obra e, em experiências anteriores, e foram obtidas por meio de:

- (a) Entrevista com consultor e projetista de pré-moldados – Eng. José Roberto Delamain (Estrucamp);
- (b) Informações técnicas cedidas pela Estrucamp;
- (c) Entrevista com consultor e projetista de forma pronta – Eng. Paulo Assahi;
- (d) Entrevista com consultor e projetista de estrutura – Eng. Davide Paoli (Teca Engenharia de Projetos);
- (e) Entrevista com área da arquitetura da construtora;
- (f) Entrevista com a área de desenvolvimento tecnológico da construtora;
- (g) Análise de projetos e documentos do empreendimento e da construtora.

A autora trabalha na obra em questão, permitindo o acesso aos documentos, orçamentos, consultores e projetistas externos e, demais áreas da construtora, envolvidos no processo de substituição de partes de uma estrutura inicialmente projetada para ser executada no local, por elementos pré-moldados. Esses acessos facilitam a elaboração desse estudo de caso, possibilitando compor o trabalho desde o estudo teórico inicial até a aplicação final dos elementos pré-moldados, visto que a obra Orense está em andamento e encontra-se atualmente na fase de estrutura, permitindo também analisar na prática o resultado obtido na execução desses elementos.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em oito capítulos, sendo este o relativo à justificativa, objetivos do trabalho e o método de pesquisa utilizado.

O segundo capítulo apresenta o estudo de ciclo da laje que permite planejar e analisar a melhor forma de execução da laje, com a inclusão dos elementos pré-moldados, dentro do prazo estipulado no cronograma inicial (estrutura convencional).

O terceiro capítulo apresenta o estudo da grua, que permite determinar qual modelo de equipamento deve ser locado, afim de atender as estratégias e necessidades da obra, como a logística de recebimento de material, estocagem, produtividade, planejamento estratégico, dentre outros.

O quarto capítulo trata da composição das escadas pré-moldadas, tipo de forma utilizado, sequencia de execução e tecnologias adotadas.

O quinto capítulo aborda a sequencia de execução das sacadas pré-moldadas, tipo de fixação, equipes de produção, escoramentos necessários, tipo de formas utilizadas e impactos causados nos revestimentos em função do acabamento dos elementos pré-moldados.

O sexto capítulo descreve o processo de execução dos pré-moldados, o tipo de equipamento auxiliar utilizado exclusivamente para essa fabricação, a logística de concretagem, a equipe de produção necessária, o detalhamento do içamento para desforma, armazenamento e instalação dos elementos.

No sétimo capítulo é feita uma análise de custo, comparando a verba inicialmente planejada para execução da estrutura moldada no local, com o custo necessário para a substituição de alguns elementos por pré-moldados.

O oitavo capítulo apresenta as conclusões desse trabalho, onde são abordadas as análises dos estudos tratados nos capítulos anteriores e, feitas comparações entre os processos

de execução tradicionais e os utilizados na obra, expondo problemas e soluções encontrados na prática, gerados pela utilização dos elementos pré-moldados.

2 ANÁLISE DE CICLO DA LAJE

O estudo de ciclo da laje tem como finalidade analisar previamente como devem ser executadas as etapas de concretagem. Devem-se analisar diversos fatores como o tempo de utilização da grua, produtividade e ociosidade da equipe, logística etc. Pode-se dizer que é um estudo típico de aplicação da engenharia de produção dentro da obra, viabilizando logisticamente a sua execução, dentro do prazo estipulado. O resultado do estudo pode viabilizar ou não a utilização de pré-moldados.

Segundo o Eng. Delamain, o estudo de ciclo de 5 dias sugerido pelo Eng. Assahi, conforme quadro 2.1, não é viável visto que não foi considerado o tempo de utilização da grua como fator limitante.

EQUIPE 1			EQUIPE 2		
DIA/PERÍODO	MANHÃ	TARDE	DIA/PERÍODO	MANHÃ	TARDE
1°	GASTALHO	MONTAGEM PILARES	5°	CONCRETAGEM LAJE+VIGAS	
2°	MONTAGEM VIGA+CIMBRAMENTO DE LAJE		1°	GASTALHO	MONTAGEM PILARES
3°	MONTAGEM LAJE	CONCRETAGEM PILARES	2°	MONTAGEM VIGA+CIMBRAMENTO DE LAJE	
4°	ARMAÇÃO VIGAS/LAJES+MONTAGEM PRÉ-MOLDADOS		3°	MONTAGEM LAJE	CONCRETAGEM PILARES
5°	CONCRETAGEM LAJE+VIGAS		4°	ARMAÇÃO VIGAS/LAJES+MONTAGEM PRÉ-MOLDADOS	
1°	GASTALHO	MONTAGEM PILARES	5°	CONCRETAGEM LAJE+VIGAS	

Legenda Utilização de grua obrigatória

* Concretagem dos pilares sem grua, pois estará ocupada com a equipe 1

** Grua "superalocada" para realização das tarefas nessa data

Quadro 2.1: Estudo de ciclo de execução da laje (Estudo Eng. Assahi)

A laje deve ser concretada em duas etapas, visto que a instalação dos elementos pré-moldados nos locais de aplicação consome tempo considerável da grua, sendo que, dividindo a execução da laje, otimiza-se a utilização do equipamento, conseguindo viabilizar o ciclo de 6 dias, conforme quadro 2.2 sugerido pelo Eng. Delamain.

EQUIPE 1			EQUIPE 2		
DIA/PERÍODO	MANHÃ	TARDE	DIA/PERÍODO	MANHÃ	TARDE
1°	GASTALHO	MONTAGEM PILARES	6°	CONCRETAGEM LAJE + VIGA	
2°	MONTAGEM VIGA + CIMBRAMENTO DE LAJE		1°	GASTALHO	MONTAGEM PILARES
3°	MONTAGEM LAJE	CONCRETAGEM PILARES	2°	MONTAGEM VIGA + CIMBRAMENTO DE LAJE	
4°	ARMAÇÃO VIGAS/LAJES + MONTAGEM PRÉ-MOLDADOS		3°	MONTAGEM LAJE	CONCRETAGEM PILARES
5°	ARMAÇÃO VIGAS/LAJES + MONTAGEM PRÉ-MOLDADOS		4°	ARMAÇÃO VIGAS/LAJES + MONTAGEM PRÉ-MOLDADOS	
6°	CONCRETAGEM LAJE + VIGA		5°	ARMAÇÃO VIGAS/LAJES + MONTAGEM PRÉ-MOLDADOS	
1°	GASTALHO	MONTAGEM PILARES	6°	CONCRETAGEM LAJE + VIGA	

Quadro 2.2: Estudo de ciclo de execução da laje (Estudo Eng. Delamain)

Quando se estipula que a prioridade adotada é a utilização da grua, deve-se ficar atento a possível ociosidade da mão de obra. Quando é determinado um critério para que o equipamento tenha um ciclo constante de aproveitamento, o mesmo pode não ocorrer com a equipe. Deve-se definir se a melhor forma de otimização do tempo da grua e da mão de obra, de acordo com as necessidades e logística da obra.

No estudo de divisão de concretagem do Eng. Assahi, considera-se a primeira etapa da concretagem contendo 6 sacadas e a segunda contendo 8 sacadas, sendo um ciclo de 5 dias de concretagem e uma defasagem de 1 dia entre as etapas.

A primeira equipe deve executar uma área projetada de 580m² e um volume aproximado de 127m³. A segunda equipe irá executar uma área projetada de 814,20m² e um volume aproximado de 179m³, conforme figura 2.1.

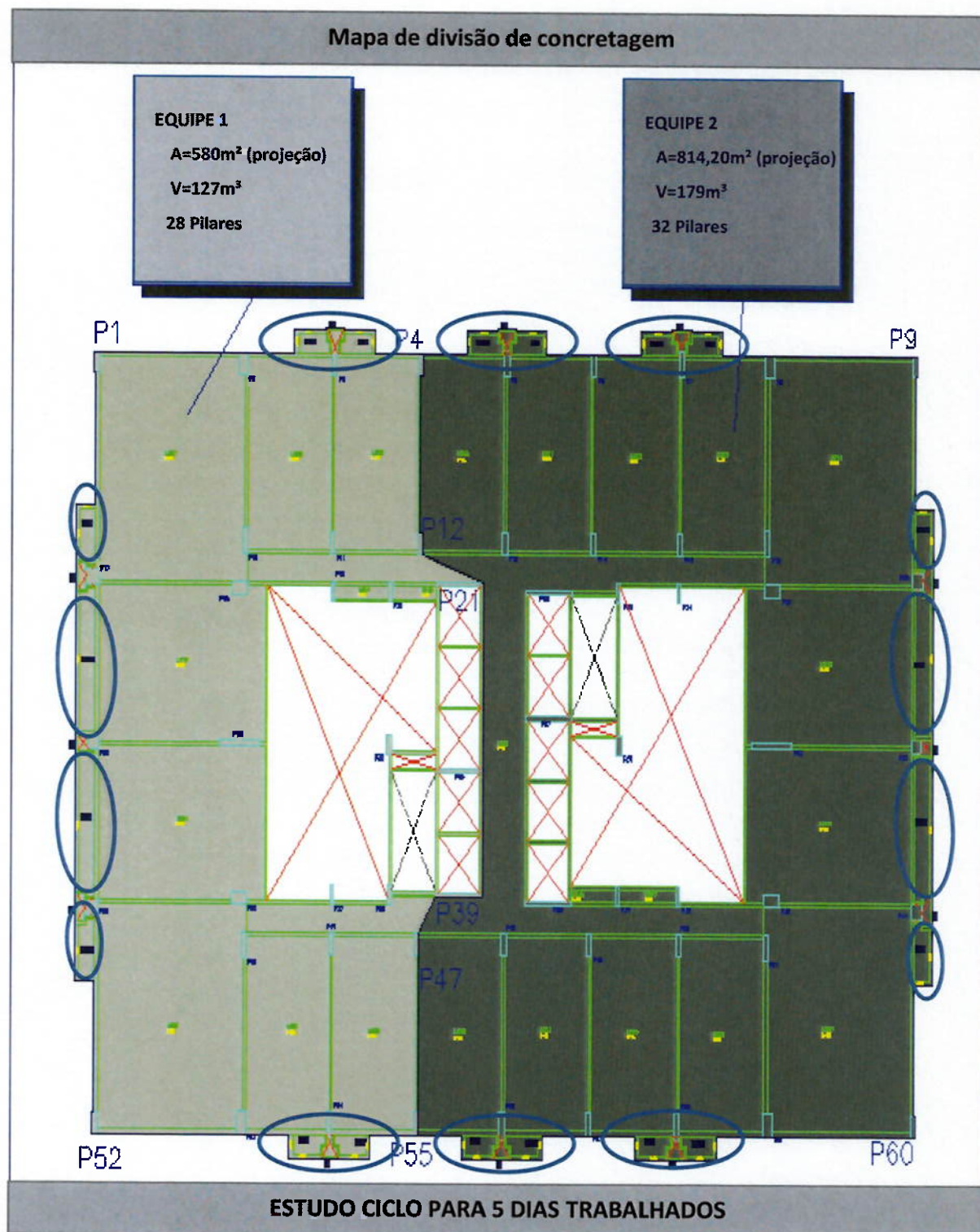


Figura 2.1: Mapa de divisão de concretagem (Estudo Eng. Assahi)

A sugestão de estudo do Eng. Delamain é dividir as laje em duas metades mais simétricas, afim de concretar 3 sacadas na primeira etapa e 3 sacadas na segunda etapa, tendo uma escada de acesso para cada trecho, sendo um ciclo de 6 dias de concretagem e uma defasagem de 3 dias entre as fases. Também foi solicitada a alteração da divisão próxima aos elevadores, afim de ter um ambiente de distribuição para cada acesso da escada, conforme figura 2.2.

ETAPAS de CONCRETAGENS e COLOCAÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS

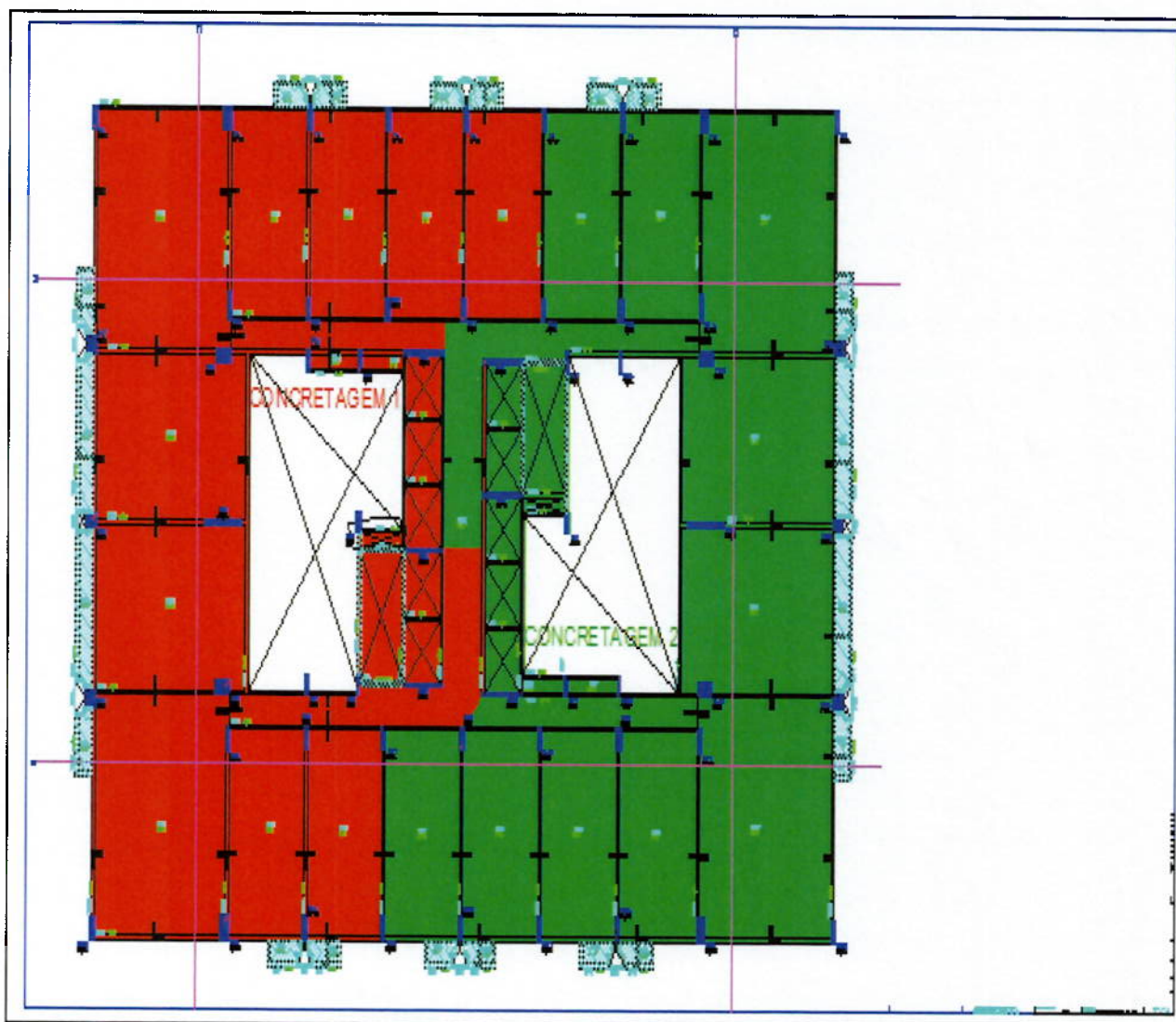


Figura 2.2: Mapa de divisão de concretagem (Estudo Eng. Delamain)

Segundo informações do Eng. Assahi, a definição da área dos trechos da laje não impacta na execução da forma, visto que armação foi projetada em uma única direção, podendo ser determinada de acordo com a necessidade da obra.

A proposta é deixar os arranques, da parada do concreto, sempre com a armação pronta da próxima forma, a fim de evitar arranques aéreos. A parada ideal é onde termina o negativo da laje, ou um pouco antes, onde o momento tende a zero, evitando sempre paradas em vigas. Como o tempo de defasagem entre a concretagem das duas etapas será no máximo de 3 dias, a parada do concreto não é caracterizada como emenda, visto que nesse período o concreto continua úmido, não gerando fissuras nem necessitando de nenhum tratamento especial para a sua execução.

O cálculo adotado de 5 dias pelo Eng. Assahi visa evitar trabalhos aos sábados, não só em função da baixa produtividade como também por questão de economia. É importante que a equipe consiga ter uma boa produtividade, no menor tempo possível, visto que o pagamento dos funcionários é medido por laje executada, ou seja, quanto menor o tempo de execução, maior o pagamento mensal, diminuindo a possibilidade de abandono de obra, por parte do empreiteiro.

Segundo informações do Eng. Assahi, as mudanças de estratégias solicitadas pelo Eng. Delamain não irão interferir em seu projeto, podendo ter alguma divergência apenas nos índices de produtividade adotados, não necessitando da revisão de projeto. Adotar o ciclo de 6 dias, para esse caso, também não causa impacto no cronograma, visto que a ideia inicial de executar uma laje por semana continua mantida porém, com a inclusão de trabalho aos sábados. Lembrando que, independente do ciclo da laje ser executado em 5 ou 6 dias, não haverá alteração no ciclo do escoramento, que continuará sendo de 7 dias, conforme figura 2.3.

A sugestão do Eng. Assahi é que seja verificado se existe alguma atividade que esteja sendo sacrificada, buscando viabilizar o ciclo como um todo e não priorizar somente a utilização da grua, visto que seu estudo é baseado em um cronograma pré-montado, onde não se estuda minuciosamente o ciclo de utilização desse equipamento.

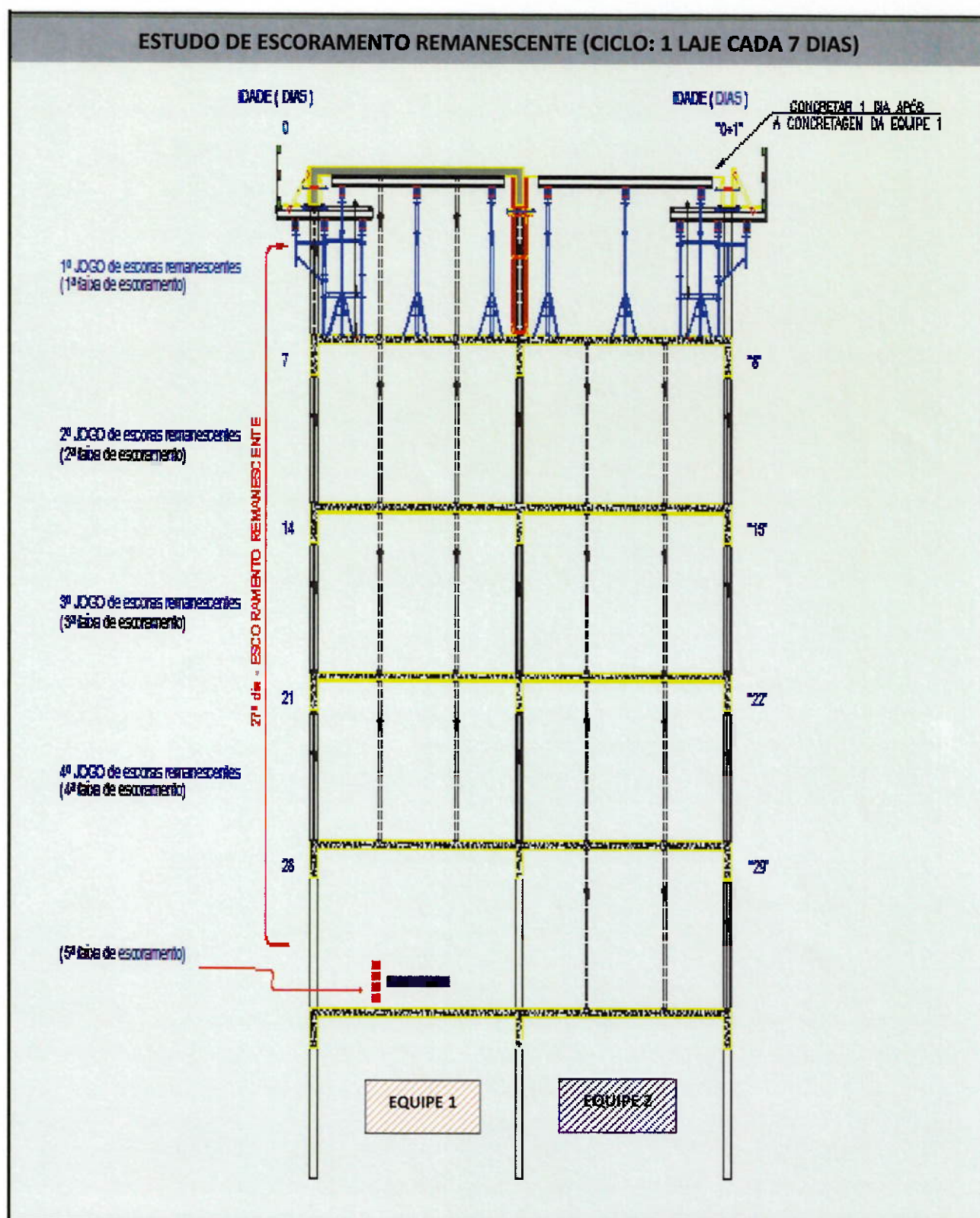


Figura 2.3: Estudo de escoramento remanescente (Estudo Paulo Assahi)

O dimensionamento da equipe de carpinteiros é baseado no número de pilares existentes. No estudo padrão do Eng. Assahi, é adotado 1 pilar a cada 15m^2 , ter em torno de $0,45\text{m}$ de viga e área de laje de 25m^2 . Para o cálculo, é estimada uma média de execução de 5 a 6 pilares por dupla de carpinteiros por dia, considerando pilares de até 2m de largura em função da facilidade de execução, visto que a chapa compensada possui $2,44$ metros. Lembrando-se que a montagem dos pilares deve ocorrer sempre no primeiro dia do ciclo e que os carpinteiros precisam trabalhar sincronizados, para ter continuidade na produção.

Baseado nessas informações, para a montagem de forma da Obra Orense, foram dimensionados pelo Eng. Assahi 16 carpinteiros na primeira equipe, que executam uma área projetada de 670m^2 , composta por 32 pilares. Para a segunda equipe, foram dimensionados 14 carpinteiros, que executam uma área projetada de 716m^2 , sendo composta por 28 pilares, conforme figura 2.4.

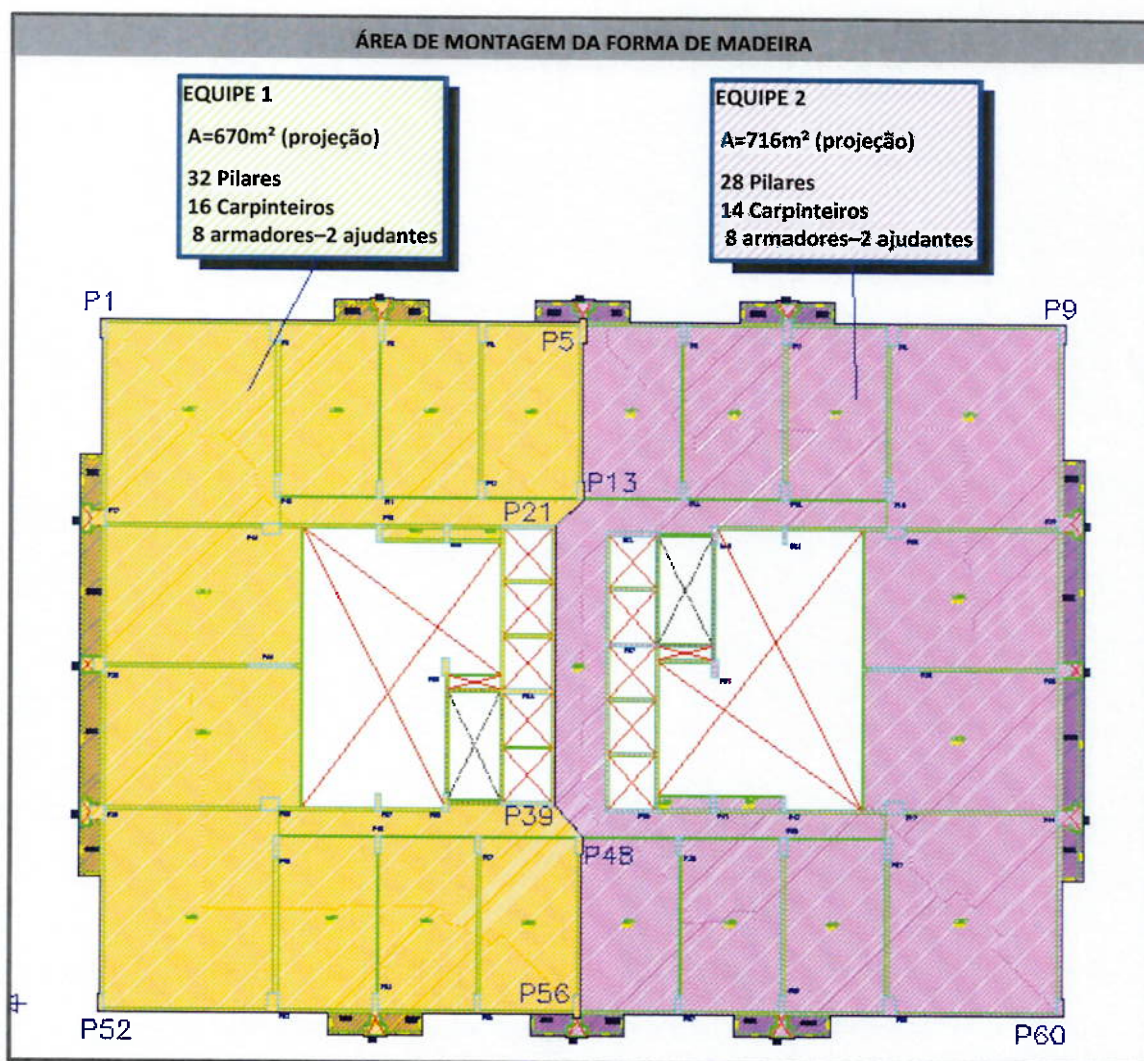


Figura 2.4: Área de montagem da forma de madeira (Fonte: Estudo Eng. Assahi)

Para o estudo de montagem de forma do Eng. Delamain, conforme figura 2.5, foi adotado o mesmo dimensionamento de equipe do Eng. Assahi; porém, com uma área projeto um pouco diferente, seguindo os mesmos critérios adotados no estudo de divisão de concretagem.

EQUIPE 1 e EQUIPE 2 de MONTAGEM das FORMAS

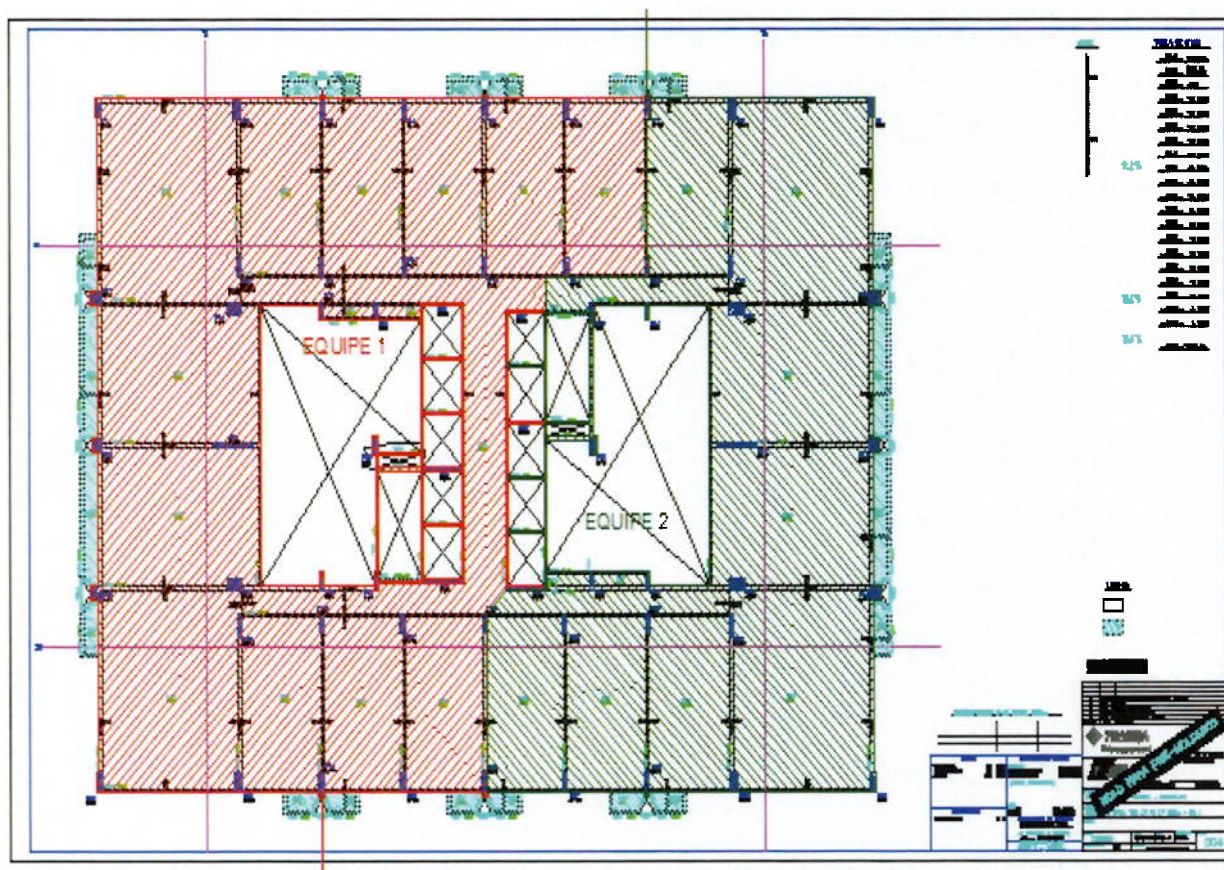


Figura 2.5: Área de montagem da forma de madeira (Estudo Eng. Delamain)

A vantagem do projeto dessa obra é que não existem pilares no formato de U e nem em L, o que facilita a execução. A maior dificuldade está praticamente nos pilares dos elevadores que possuem 2,68m de largura devendo ser feitos painéis verticais, visto que a chapa inteira possui 2,44m tornando a produção mais demorada. Como estratégia, a dupla de carpinteiros que executar os pilares dos elevadores, executam pilares menores em conjunto, para manter a produtividade estimada.

O projeto de pilares dessa obra é relativamente fácil de ser executado; porém, possuem bastantes vigas de periferia, tornando a produção um pouco mais trabalhosa.

Para o estudo de caso, foram consideradas 2 equipes de carpinteiros independentes e 1 equipe de armadores.

A equipe de armadores dificilmente ficará ociosa, a não ser que haja uma defasagem muito grande entre as etapas de concretagem, o que não é o caso nesse estudo. Essa equipe irá trabalhar intensamente 4 dias na semana, sendo 2 dias em cada etapa. O quinto dia poderá estar disponível para reforço de equipe de montagem de armação de pilares e vigas na bancada, destinadas para estocagem. Para a Obra Orense, foram dimensionados 8 armadores.

Como estratégia, também foi considerada a hipótese de alterar a armação cortada e dobrada da laje por tela armada; a fim de buscar agilidade na montagem e redução de equipe que não viabilizou, por uma decisão interna da construtora e não por em função do custo, conforme quadro 2.3.

OBRA:		CARORA / ORENSE	
REFERÊNCIA:		3° AO 17° PAVIMENTO	
Comparativo de custos - Telas x Corte e Dobra x Armação Convencional			
		Telas	Corte e Dobra
Materiais			
Consumo		9,65 ton	9,23 ton
Diferença (%) Ton		-4,9%	-9,1%
Preço Bruto c/ IPI		3.730,00 R\$/ton	2.898,48 R\$/ton
Subtotal (Material)		36.003,56 R\$	26.740,58 R\$
Diferença (%) R\$		22,4%	-9,1%
Corte e Dobra (mão de obra)			
Corte e Identificação das TELAS		0,00 R\$/ton	-
Custo da mão de obra		14,00 R\$/hh	392,00 R\$/ton
Produtividade do corte e dobra		20 hh/ton	
Subtotal (Mão de obra de corte e dobra)		2.702,68 R\$	3.616,48 R\$
Montagem e posicionamento na forma (mão de obra)			
Produtividade da montagem		20,0 hh/ton	80,0 hh/ton
Subtotal (Mão de obra de montagem)		2.702,68 R\$	10.332,81 R\$
Diferença (%) R\$		-73,8%	0,0%
Subtotal (mão de obra)			
Subtotal (mão de obra)		5.405,36 R\$	13.949,29 R\$
Diferença (%) R\$ (mão de obra global)		-73,8%	-32,5%
Arame recozido			
Consumo de Arame necessário p/ amarração		0,00 ton	0,18 ton
Preço do Arame Recozido c/ IPI		3.821,07 R\$/ton	3.821,07 R\$/ton
Subtotal (Arame Recozido)		0,00 R\$	705,04 R\$
Diferença (%) R\$ (somente Arame)		-100,0%	0,0%
Total		41.408,92 R\$	41.394,91 R\$

Quadro 2.3: Comparativo Financeiro de Armação em Tela x Corte e Dobra (Fonte: Construtora)

Para verificação dos procedimentos estipulados pelo Eng. Paulo Assahi, foi feito um protótipo na primeira laje tipo concretada e, na concretagem dos pilares da segunda laje tipo. Nessa ocasião é feita uma reunião com todos os projetistas, calculistas, empreiteiro de estrutura e departamento de qualidade da construtora para aprovação do protótipo, que é fundamental para consolidar a distribuição da estratégia para a equipe da obra.

O quadro 2.4 abaixo informa o resumo dos impactos causados e das ferramentas desenvolvidas na análise de ciclo da laje.

Impactos causados	<p>Positivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelo estudo de ciclo, é possível verificar a viabilidade ou não, da utilização dos pré-moldados. Esse fator depende do prazo de execução dos elementos pré-moldados, que deve atender o cronograma inicial (estrutura convencional). - O estudo permite planejar e analisar a melhor forma de execução da laje, com a inclusão dos elementos pré-moldados, dentro do prazo estipulado no cronograma inicial (estrutura convencional). - O planejamento permite uma análise prévia de produtividade e o dimensionamento de equipe. - O estudo de ciclo apresenta subsídios para determinar qual tipo de grua atende a demanda do planejamento. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Como o estudo é feito com antecedência à execução, provavelmente o empreiteiro de estrutura que executa a obra não está contratado durante a fase de planejamento. Isso pode gerar alterações ou até mesmo a não aplicabilidade do estudo, caso o empreiteiro proponha novas soluções, em função da equipe disponível para execução, dentre outros motivos.
Ferramentas desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões com consultor e projetista de pré-moldados. - Reuniões com consultor e projetista de forma pronta. - Elaboração de mapa de divisão de concretagem, que determina as etapas de concretagem e a instalação dos pré-moldados.

Quadro 2.4 – Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na análise do estudo de ciclo

3 ANÁLISE DA GRUA

A grua é um item de extrema importância para a viabilidade do projeto proposto. Segundo informações do Eng. Delamain, existem obras que chegam a atrasar por conta da disponibilidade de utilização da grua.

Para poder estudar o tempo de utilização da grua durante as concretagens, foi feito um levantamento do volume de concreto utilizado em pilares, vigas e lajes, conforme tabelas 11.1, 11.2 e 11.3 do apêndice.

Para essa obra foi estudado quais itens eram necessários para a execução da estrutura da Torre e quais os meios de transportes disponíveis (transporte manual, guincho cremalheira, bomba de concreto, grua e guindaste móvel) para cada etapa, condensando ou distribuindo a necessidade da utilização dos equipamentos durante a semana. Foram consideradas as seguintes etapas: montagem de armações, colocação das armações, execução de gachos, montagem de formas, desformas, execução de pré-moldados, montagem e desmontagem de escoramento e cimbramento de lajes, montagem de assoalho de laje, colocação de escadas pré-moldadas e muretas, concretagem de pilares, concretagem de pré-vigas, concretagem de laje, transporte de materiais de instalações para a laje, execução de instalações na laje e colocação de lajes, conforme quadro 3.1. Os itens verdes foram considerados como obrigatórios e, os amarelos como uma possibilidade de utilização, caso houvesse disponibilidade de horário do equipamento.

Nesse estudo, já foi considerado um plano de ação, caso houvesse imprevistos na estratégia elaborada para tempo de uso da grua. No quadro 3.1 está considerada a concretagem de pilares com o uso da grua e, como plano de ação, pode-se alterar essa concretagem com a utilização de bomba, caso necessário.

DEFINIÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA TRANSPORTE						
EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DAS TORRES E SUAS PROJEÇÕES		MEIOS DE TRANSPORTE POSSÍVEIS				
		A	B	C	D	E
ETAPAS DE SERVIÇOS		TRANSPORTE MANUAL	GUINCHO CREMALHEIRA	BOMBA CONCRETO	GRUA	GUINDASTE MÓVEL
MAP	MONTAGEM DE ARMAÇÃO DE PILARES	X				
MAPV	MONTAGEM DE ARMAÇÃO DE PRÉ-VIGAS	X				
CFEP	COLOCAÇÃO DA FERRAGEM DE PILARES				X	
CARV	COLOCAÇÃO DA FERRAGEM DE VIGAS				X	
CFPV	COLOCAÇÃO DA FERRAGEM DE PRÉ-VIGAS	X				
CARL	COLOCAÇÃO DAS ARMAÇÕES DE LAJES PARA MONTAGEM				X	
ARML	ARMAÇÃO DAS LAJES	X				
EG	EXECUÇÃO DE GASTALHOS	X				
MFOP	MONTAGEM DE FORMAS DE PILARES	X				
DEP	DESFORMA DE PILARES	X				
FFPV	FECHAMENTO DE FORMAS DAS PRÉ-VIGAS	X				
DPV	DESFORMA DE PRÉ-VIGAS	X				
REPV	RETIRADA DAS PRÉ-VIGAS				X	X
ESPV	ESTOCAGEM DAS PRÉ-VIGAS				X	X
CPV	COLOCAÇÃO DE PRÉ-VIGAS				X	
MESC	MONTAGEM DE ESCORAMENTO E CIMBRAMENTO DE LAJES	X				
MASL	MONTAGEM DE ASSOALHO DE LAJES	X				
CESC	COLOCAÇÃO DE ESCADAS PRÉ-MOLDADAS E MURETAS				X	
COPS	CONCRETAGEM DE PILARES SOLTEIROS				X	
CONP	CONCRETAGEM DE PILARES				X	
CONPV	CONCRETAGEM DE PRÉ-VIGAS	X				X
CONL	CONCRETAGEM DE LAJE			X		
DEL	DESFORMA DE LAJE	X				
DEP	DESFORMA DE PILARES	X				
DEPV	DESFORMA DE PRÉ-VIGAS	X				
REEC	RETIRADA DE CIMBRAMENTO E ESCORAMENTO DE LAJES	X				
TINST	TRANSPORTE MATERIAIS PARA INSTALAÇÕES NA LAJE		X		X	
EXELT	EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES NAS LAJES	X				
CSAC	COLOCAÇÃO DE SACADAS				X	

Quadro 3.1: Tabela de definição de equipamentos para transportes (Fonte: Estrucamp)

Para se definir o tipo de grua, deve-se analisar todas as considerações de tempo. O quadro 3.2 mostra um estudo comparativo entre diversas marcas e modelos de grua, visto que, para cada item, existe um tempo necessário, como por exemplo:

- Troca de caçamba durante a concretagem (1m³ de concreto/caçamba), no caso foram utilizadas duas caçambas para minimizar o tempo;
- Tempo de translado vertical;
- Tempo do giro da lança;
- Caminho a ser percorrido;
- Tempo de descarga;
- Capacidade de carga, etc.

MARCA	MODELO	
POTAIN	MC85A	
ELEVAÇÃO	66 m/min 1.300kg 33 m/min 2.500kg	(Para caçambas com peso superior a 1300kg, considerar subida a 33m/min e descida a 66 m/min) (V média = 49,5 m/min)
GIRO	0 a 0,8 rpm	
CARRO	15 / 30 / 58 m/min	
FM	1040MI	
ELEVAÇÃO	50 m/min 1.200kg 25 m/min 2.000kg	(Para caçambas com peso superior a 1200kg, considerar subida a 25m/min e descida a 50 m/min) (V média = 37,5 m/min)
GIRO	0 a 0,9 rpm	
CARRO	35 m/min	(Uma Velocidade apenas)
FM	1345MI / 1640MI / 1250MI	
ELEVAÇÃO	66 m/min 1.300kg 33 m/min 3.000kg	(Para caçambas com peso superior a 1300kg, considerar subida a 33m/min e descida a 66 m/min) (V média = 49,5 m/min)
GIRO	0 a 0,64 rpm	
CARRO	35 m/min	(Uma velocidade apenas)
LIEBHERR	55.3 / 66.3HC	
ELEVAÇÃO	59 m/min 1.350kg 29,60 m/min 3.000kg	(Para caçambas com peso superior a 1350kg, considerar subida a 29,6m/min e descida a 59 m/min) (V média = 44,3 m/min)
GIRO	0 a 1 rpm	
CARRO	28 / 42 m/min	
POTAIN	MC65A	
ELEVAÇÃO	72 m/min 1.300kg 36 m/min 2.500kg	(Para caçambas com peso superior a 1300kg, considerar subida a 36m/min e descida a 72 m/min) (V média = 54 m/min)
GIRO	0 a 0,8 rpm	
CARRO	21 / 42 m/min	
POTAIN	MC115	
ELEVAÇÃO	72 m/min 1.500kg 36 m/min 2.500kg	(Para caçambas com peso superior a 1500kg, considerar subida a 36m/min e descida a 72 m/min) (V média = 54 m/min)
GIRO	0 a 0,8 rpm	
CARRO	15 / 30 / 58 m/min	

Quadro 3.2: Informações técnicas sobre diversos modelos de guas (Fonte: Estrucamp)

Para escolha da grua, também foi necessário analisar as condições da implantação para determinar o tamanho da lança e definir se ela seria ascensional, conforme figura 3.1, ou externa, conforme figura 3.2.

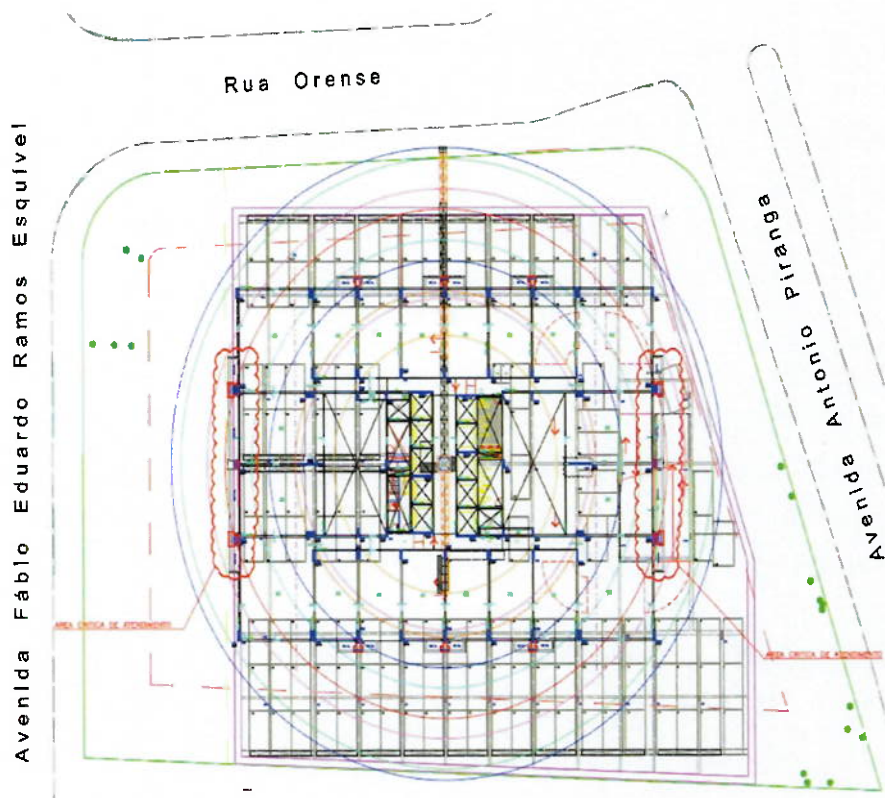


Figura 3.1: Projeções da lança da grua ascensional (MC115) – (Fonte: Estrucap)

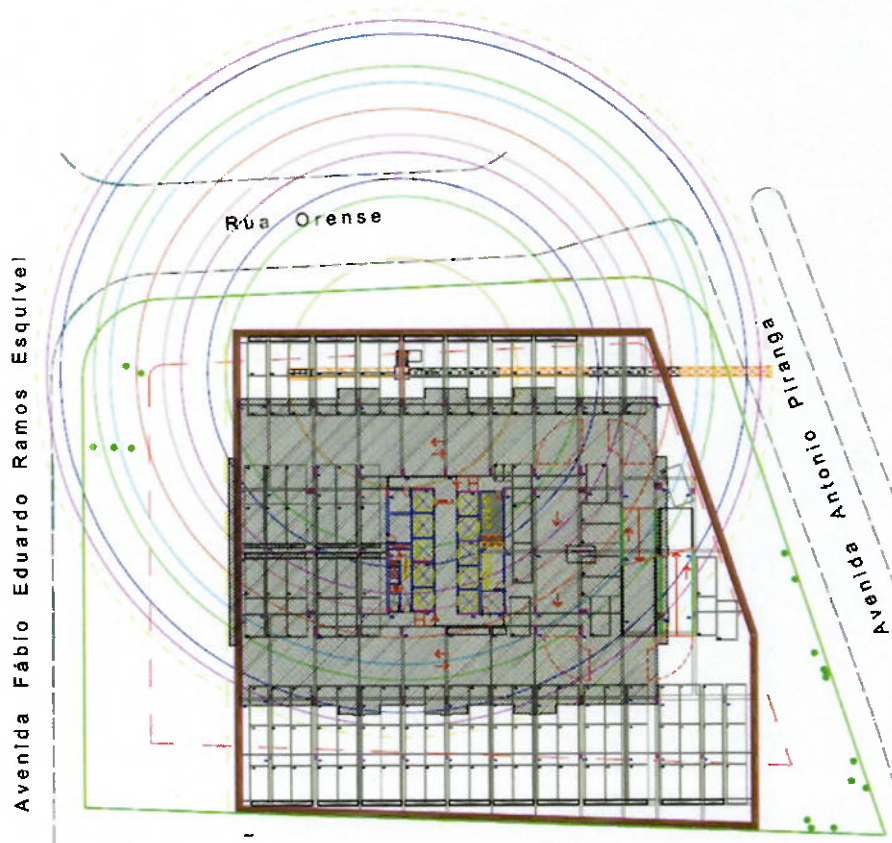


Figura 3.2: Projeções da lança da grua externa (MC115) – (Fonte: Estrucap)

No caso da grua externa a vantagem seria a facilidade de desmontagem em função da sua localização e a liberação da execução do elevador, visto que a grua ascensional fica localizada no poço de elevadores. Um item preocupante para a obra, além do prazo de montagem do elevador definitivo, é a liberação para desmontagem do elevador cremalheira, que impede a execução da fachada. No caso obra estudada não haveria impacto, já que existiam 10 elevadores, e o planejamento era que a grua fosse retirada com a execução dos demais elevadores em paralelo. Pelo estudo de lança realizado, a grua externa não atenderia a periferia por completo, prejudicando a logística da obra, além de grande parte do seu raio atingir projeções dos vizinhos. Depois de todo esse estudo e de tentar colocar a grua em todas as faces do prédio, levando em consideração situações de risco, sem invadir a projeção de vizinhos e outras razões, ficou definida a utilização da grua ascensional, localizada no poço do elevador.

Após definido o tipo de grua e sua localização, que para o caso estudado foi utilizar a POTAIN ASCENSIONAL MC115, deve-se elaborar estudos de ciclos, sendo a velocidade da grua um fator extremamente impactante. Para o levantamento de dados, foi considerado o tempo necessário de utilização da grua para o 17º pavimento, por ser o pior caso, visto que se trata do último pavimento da torre. Como ficou determinado no capítulo anterior, que a execução da laje será feita em duas etapas, foram analisados estudos de ciclos definidos como Trecho A e Trecho B. Para os dois trechos foram analisados:

- Cálculo do ciclo de subida das pré-vigas (Apêndice - quadros 11.1 e 11.7);
- Cálculo do ciclo de concretagem de pilar (Apêndice - quadros 11.2 e 11.8);
- Cálculo do ciclo de concretagem de pilar solteiro (Apêndice - quadros 11.3 e 11.9);
- Cálculo do ciclo de subida de armação de pilar (Apêndice - quadros 11.4 e 11.10);
- Cálculo do ciclo de colocação das escadas e muretas de proteção (Apêndice - quadros 11.5 e 11.11);
- Cálculo do ciclo de colocação das sacadas (Apêndice - quadros 11.6 e 11.12).

Nesse estudo, elaborado e fornecido pelo Eng. Delamain, estipularam alguns dados, onde os números são frutos de quantificações baseadas em experiências anteriores do consultor.

Baseado nos estudos de ciclos apresentados dos quadros 10.1 a 10.12 do apêndice, foi elaborado um quadro com resumo semanal de utilização do tempo para o Trecho A, quadro 3.3, e para o Trecho B, quadro 3.4.

Esses quadros mostram o critério adotado para definição do tempo de defasagem entre os trechos. O quadro 3.3 mostra o trecho A, iniciando o ciclo no 1º dia, e a quadro 3.4 mostra o trecho B, iniciando o ciclo no quarto dia, ou seja, pelo estudo do Eng. Delamain conclui-se uma defasagem de 3 dias entre os trechos, conforme informado no capítulo anterior (As ciglas dos quadros 3.3 e 3.4 estão descriminadas no Quadro 3.1). Com isso foi possível provar que não seria viável ter um equilíbrio entre as fases, se fosse adotada a sugestão do Eng. Assahi de defasagem de 1 dia.

TORRE TRECHO A - Atividade 17º Pav											
DATA	CICLO	MANHÃ					TARDE				
		SERVIÇOS	EQUIPt.	TEMPO			SERVIÇOS	EQUIPt.	TEMPO		
segunda	1	EG MFOP CFEP	B A D			2,7	MFOP CFEP COPS	A D D	1,6		0,7
terça	2	CFEP MFOP MESC MASL	D A D	1,1	1,0	1,0	MESC MASL	D D		1,0	1,0
quarta	3	CPV CONP CARV	D D D	1,0	2,1	1,0	CONP CESC	D D A	2,1	1,5	
quinta	4	CARL	D	1,0			CARL CSAC	A D D		1,0	1,3
sexta	5	ARML TINST CSAC	D D	1,0		1,3	ARML EXELT	D A	1,0		
sábado	6	CONL	C								
domingo											
segunda	1	EG MFOP CFEP	B A D			2,7	MFOP CFEP COPS	A D D	1,6		0,7
terça	2	CFEP MFOP MESC MASL	D A D	1,1	1,0	1,0	MESC MASL	D D		1,0	1,0
quarta	3	CPV CONP CARV	D D D	1,0	2,1	1,0	CONP CESC	D D A	2,1	1,5	
quinta	4	CARL	D	1,0			CARL CSAC	A D D		1,0	1,3
sexta	5	ARML TINST CSAC	D D	1,0		1,3	ARML EXELT	D A	1,0		
sábado	6	CONL	C								
domingo											

Quadro 3.3: Estudo diário de horas utilizadas pela grua – Trecho A (Fonte: Estrucamp)

TORRE TRECHO B - Atividade 17º Pav											
DATA	CICLO	MANHÃ					TARDE				
		SERVIÇOS	EQUIPt.	TEMPO			SERVIÇOS	EQUIPt.	TEMPO		
segunda	4	CARL	D	1,0			CARL CSAC	A D D		1,0	1,3
terça	5	ARML TINST CSAC	D D	1,0		1,3	ARML EXELT	D A	1,0		
quarta	6	CONL	C								
quinta	1	EG MFOP CFEP	B A D			3,1	MFOP CFEP COPS	A D		1,9	0,6
sexta	2	CFEP MFOP MESC MASL	D A D	1,2	1,0	1,0	MESC MASL	D D		1,0	1,0
sábado	3	CPV CONP CARV	D D A	1,0	2,1	1,0	CONP CESC	D D A	2,1	1,5	
domingo											
segunda	4	CARL	D	1,0			CARL CSAC	A D D		1,0	1,3
terça	5	ARML TINST CSAC	D D	1,0		1,3	ARML EXELT	D A	1,0		
quarta	6	CONL	C								
quinta	1	EG MFOP CFEP	B A D			3,1	MFOP CFEP COPS	A D		1,9	0,6
sexta	2	CFEP MFOP MESC MASL	D A D	1,2	1,0	1,0	MESC MASL	D D		1,0	1,0
sábado	3	CPV CONP CARV	D A	1,0	2,1	1,0	CONP CESC	D D A	2,1	1,5	
domingo											

Quadro 3.4: Estudo diário de horas utilizadas pela grua – Trecho B (Fonte: Estrucamp)

Somando todas as horas informadas nos quadros 3.3 e 3.4, foi gerado o quadro 3.5.

Atividade 17° Pav

DATA	Atividade 17° Pav										TOTAL
	MANHÃ					TARDE					
segunda	1,0	0,0	2,7	0,0	3,7	0,0	1,6	1,0	2,0	4,6	8,3
terça	1,1	1,0	1,0	2,3	5,4	1,0	0,0	1,0	1,0	3,0	8,4
quarta	1,0	2,1	1,0	0,0	4,0	0,0	2,1	1,5	0,0	3,5	7,6
quinta	1,0	0,0	3,1	0,0	4,1	0,0	1,9	1,0	2,0	4,8	8,9
sexta	1,2	1,0	1,0	2,3	5,6	1,0	0,0	1,0	1,0	3,0	8,6
sábado	1,0	2,1	1,0	0,0	4,1	0,0	2,1	1,5	0,0	3,6	7,6
domingo											
segunda	1,0	0,0	2,7	0,0	3,7	0,0	1,6	1,0	2,0	4,6	8,3
terça	1,1	1,0	1,0	2,3	5,4	1,0	0,0	1,0	1,0	3,0	8,4
quarta	1,0	2,1	1,0	0,0	4,0	0,0	2,1	1,5	0,0	3,5	7,6
quinta	1,0	0,0	3,1	0,0	4,1	0,0	1,9	1,0	2,0	4,8	8,9
sexta	1,2	1,0	1,0	2,3	5,6	1,0	0,0	1,0	1,0	3,0	8,6
sábado	1,0	2,1	1,0	0,0	4,1	0,0	2,1	1,5	0,0	3,6	7,6

Quadro 3.5: Resumo de horas utilizadas pela grua para o 17° Pavimento (Fonte: Estrucamp)

No quadro 3.5 é possível verificar que o prazo de atividades da grua estava bem distribuído, por todos os dias da semana. Foi necessário obter um equilíbrio nos períodos, existindo uma pequena distorção entre as quantidades de horas utilizadas de manhã e a tarde, fato que não inviabilizou o estudo. Caso houvesse uma divergência muito grande entre os períodos, teria que se adotar mais um dia de defasagem entre os trechos e reiniciar o estudo de horas.

O ideal é que essa planilha seja avaliada pela equipe de campo para verificar se realmente os dados informados são viáveis. Lembrando que o operador da grua é peça fundamental para o sucesso da utilização do tempo da grua, porém, ele precisa estar embasado de informações sobre o planejamento operacional de cada dia. As falhas de otimização do tempo podem ocorrer não só pela falta de experiência do operador, como inclusive por falta de informação.

Deve-se fazer um cronograma diário para possibilitar uma conferência correta pelos mestres e estagiários. Para tanto, é necessário dar informação do que é certo e errado com objetividade e praticidade, afim de tornar a conferência mais ágil e obter maior eficácia nas

correções. Muitas vezes o desempenho da grua depende muito mais do conhecimento de âmbito pessoal, dos mestres, engenheiros, etc., do que da tecnologia. Essa filosofia precisa ser implantada visto que, normalmente, a obra não está habituada a trabalhar segundo um procedimento tão rígido.

O quadro 3.6 abaixo informa o resumo dos impactos causados e das ferramentas desenvolvidas na análise de ciclo da laje.

Impactos causados	<p>Positivo: O estudo permite determinar qual modelo de grua deve ser locado, afim de atender as estratégias e necessidades da obra, como a logística de recebimento de material, estocagem, produtividade, planejamento estratégico, dentre outros.</p> <p>Negativo: Apesar do desenvolvimento do estudo, a otimização do tempo de utilização da grua não depende só da tecnologia do equipamento. Depende também da experiência do operador, da disponibilidade de informações sobre o planejamento estratégico de cada dia, dentre outros itens, que interferem na aplicabilidade do estudo.</p>
Ferramentas desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões com consultor de pré-moldados; - Reuniões com fornecedores de grua para análise de modelos, que atendam as necessidades da obra como por exemplo: tipo de grua, velocidade, capacidade de carga, tamanho de lança etc.

Quadro 3.6 – Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na análise da grua

4 ANÁLISE DAS ESCADAS PRÉ-MOLDADAS

A escada quando executada na forma convencional é muito trabalhosa, em função dos degraus, quantidade de recortes na forma, dificuldade na logística por ser um local de acesso direto aos pavimentos, que pode acabar impactando no ciclo da laje. Outra questão muito importante é a segurança, pois quando por algum motivo a escada não é executada, acaba dificultando o acesso às lajes superiores, havendo a necessidade de utilização de escadas provisórias, aumentando o risco de queda de funcionários.

Para facilitar a execução, nesse estudo de caso é utilizada a escada pré-moldada. O jogo de escada foi concretado na laje do térreo, com a utilização de formas metálicas que foram fabricadas pela empresa TGM e entregues na obra. As formas foram elaboradas de maneira a ter o maior aproveitamento possível em sua utilização, podendo sofrer algumas adaptações, previamente estudadas e projetadas.

A escada é composta por: quatro vigas pré-moldadas, dois patamares, dois lances (degraus) e duas muretas, conforme detalhe do corte da escada da Figura 4.1.

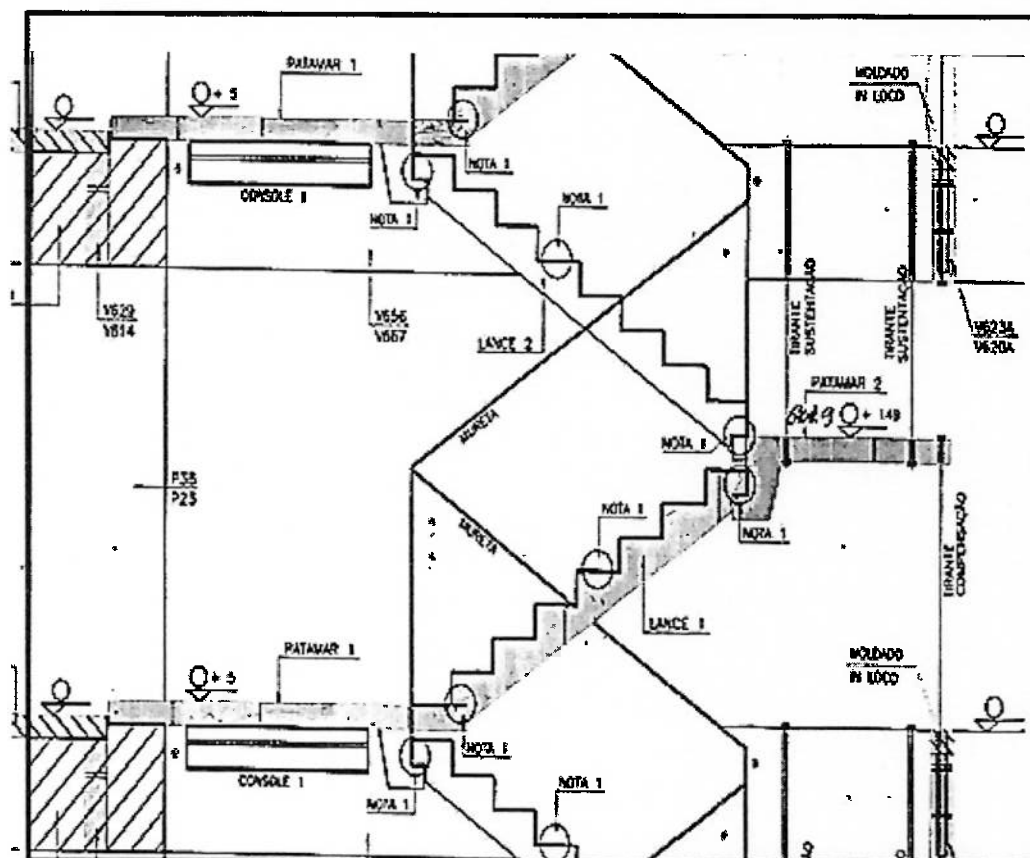
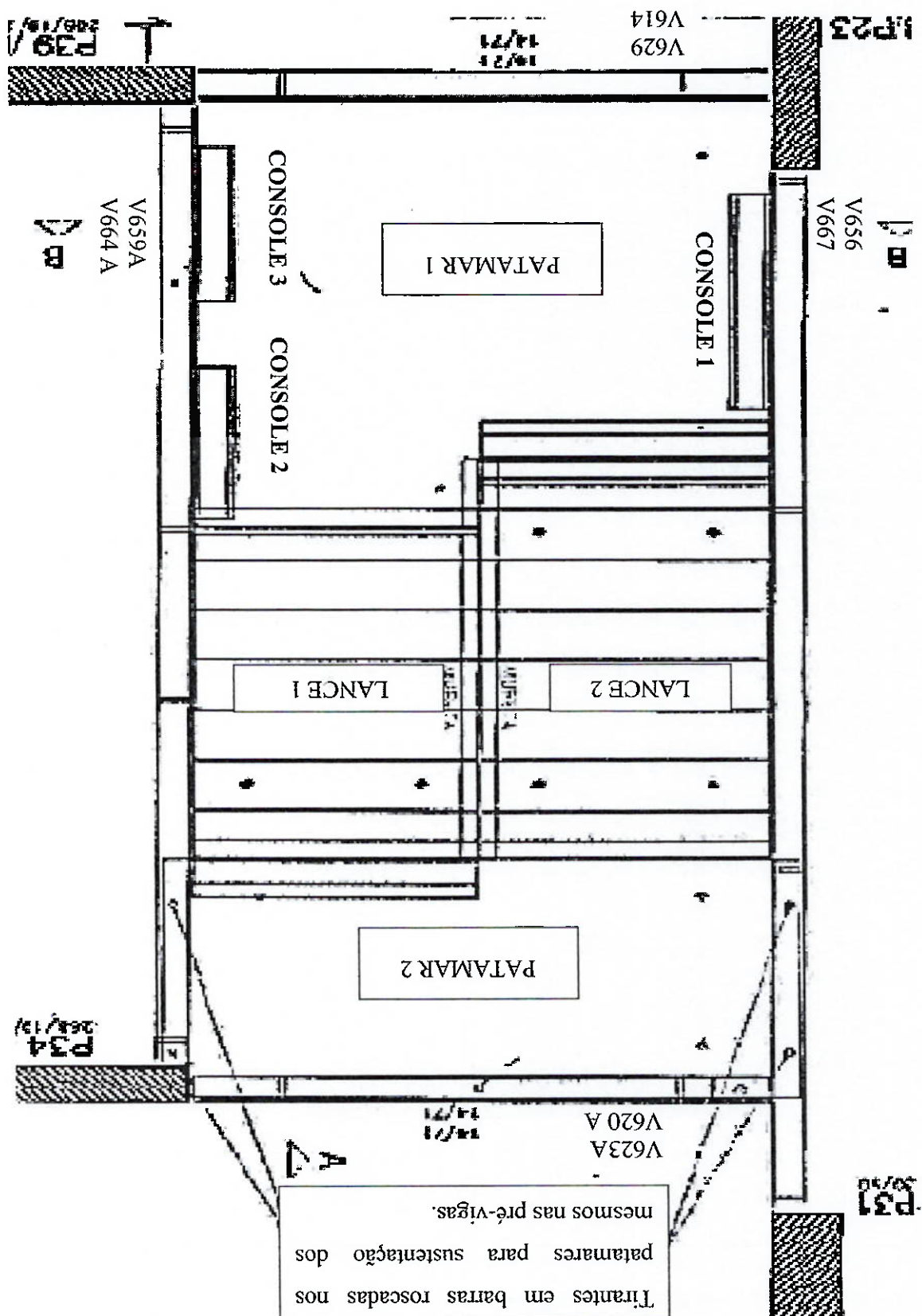


Figura 4.1: Corte da Escada pré-moldada (Fonte: Estrucamp)

A execução da escada pré-moldada, conforme Figura 4.2, deve seguir a seguinte sequência de montagem:

1. Posicionar pré-vigas V629;
2. Posicionar pré-vigas V656;
3. Posicionar pré-vigas V623A;
4. Posicionar pré-vigas V659A;
5. Fixar pré-viga V623A no console da pré-viga V656;
6. Concretar as extremidades das pré-vigas junto com os pilares;
7. Posicionar o Patamar 2 acionando os tirantes de sustentação;
8. Acionar o tirante de compensação;
9. Posicionar Lance 1;
10. Posicionar Patamar 1 sobre os consoles;
11. Posicionar Lance 2;
12. Posicionar Mureta sobre Lance 1;
13. Posicionar Mureta sobre Lance 2;
14. Fixar Muretas do Lance 1 e Lance 2 do nível inferior;
15. Quando da concretagem do piso, solidarizar laje com pré-vigas V629 e concretar 2ª etapa V623A

Figura 4.2: Esquema da escada pré-moldada (Fonte: Estrucamp)



4.1 VIGAS PRÉ-MOLDADAS DA ESCADA

Existem quatro vigas que compõem um jogo de escada. São elas: V623A, V629, V656 e V659A. As vigas V623A e a V629 são idênticas sendo utilizada apenas uma forma, para as concretagem das duas peças, conforme foto 4.1. A foto 4.2 mostra a viga V623A estocada e a foto 4.3 mostra a mesma aplicada no local.



Foto 4.1: Formas das vigas da escada (V629/V623A)
(Fonte: Autora)



Foto 4.2: Estocagem da viga da escada (V623A)
(Fonte: Autora)



Foto 4.3: Vigas da escada instalada (V623A) - (Fonte: Autora)

As vigas V656 e V659A possuem as mesmas dimensões, porém há uma diferença no console de sustentação do patamar. A V656, Foto 4.4, possui apenas um console, enquanto a V659A, Foto 4.5, possui dois consoles. A forma metálica permite essa adaptação de retirada/colocação da forma do console, durante a concretagem conforme Foto 4.6 e 4.7.



Foto 4.4: Vigas da escada instalada (V659A)
(Fonte: Autora)



Foto 4.5: Vigas da escada instalada (V656A)
(Fonte: Autora)



Foto 4.6: Forma das vigas da escada (V656/V659A)
(Fonte: Autora)



Foto 4.7: Detalhe da Forma do console das vigas da escada (V656/V659A) – (Fonte: Autora)

4.2 PATAMAR DA ESCADA

Os dois patamares possuem a mesma geometria e mesma largura, porém o comprimento do patamar 1 é maior do que o patamar 2. A forma do patamar é a mesma para os dois elementos, conforme Foto 4.8, e permite utilizar complemento para adequar os dois comprimentos, demonstrado na Figura 4.3.



Foto 4.8: Forma patamar 1 e patamar 2 da escada (Fonte: Autora)

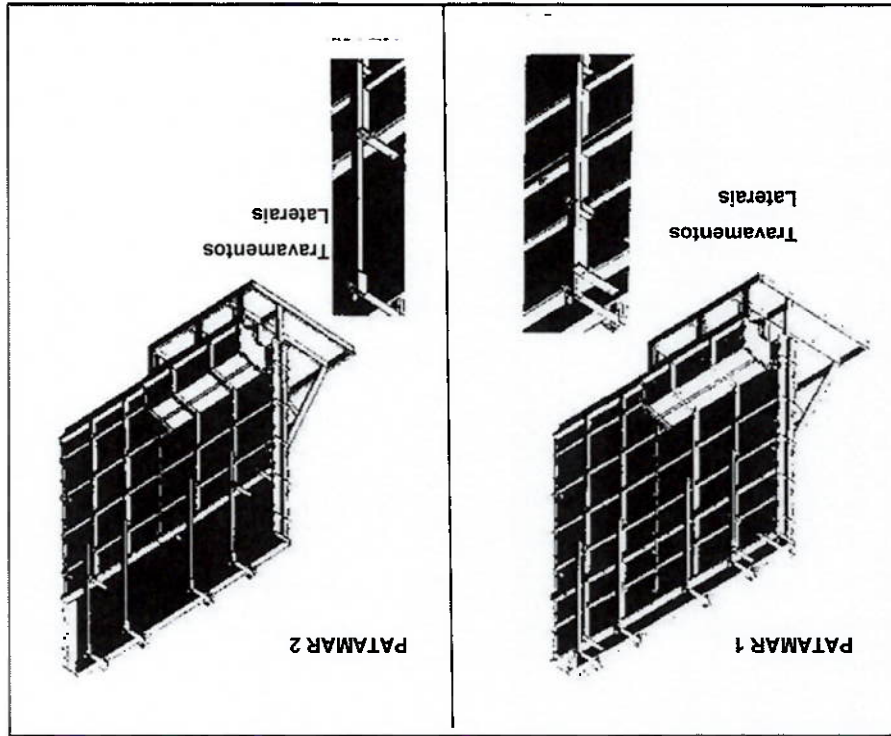


Figura 4.3: Detalhe do complemento da forma patamar 1 e patamar 2 da escada (Fonte: TGM)

As fotos 4.9 e 4.10 mostram respectivamente, a estocagem dos patamares 1 e 2 e as fotos 4.11 e 4.12 mostram os patamares 1 e 2 instalados.



Foto 4.9: Estocagem do Patamar 1 da escada
(Fonte: Autora)



Foto 4.10: Estocagem do Patamar 2 da escada
(Fonte: Autora)



Foto 4.11: Patamar 1 da escada instalado
(Fonte: Autora)



Foto 4.12: Patamar 2 da escada instalado
(Fonte: Autora)

4.3 LANCE DA ESCADA

Os dois lances possuem a mesma geometria, porém o Lance 2 possui um degrau a mais do que o Lance 1. O Lance 1 possui 7 degraus, enquanto que o lance 2 possui 8 degraus. A forma do lance é a mesma para os dois elementos, conforme Foto 4.13, e permite utilizar complemento para comportar mais um degrau, demonstrado na Figura 4.4.



Foto 4.13: Forma do lance 1 e do lance 2 da escada (Fonte: Autora)

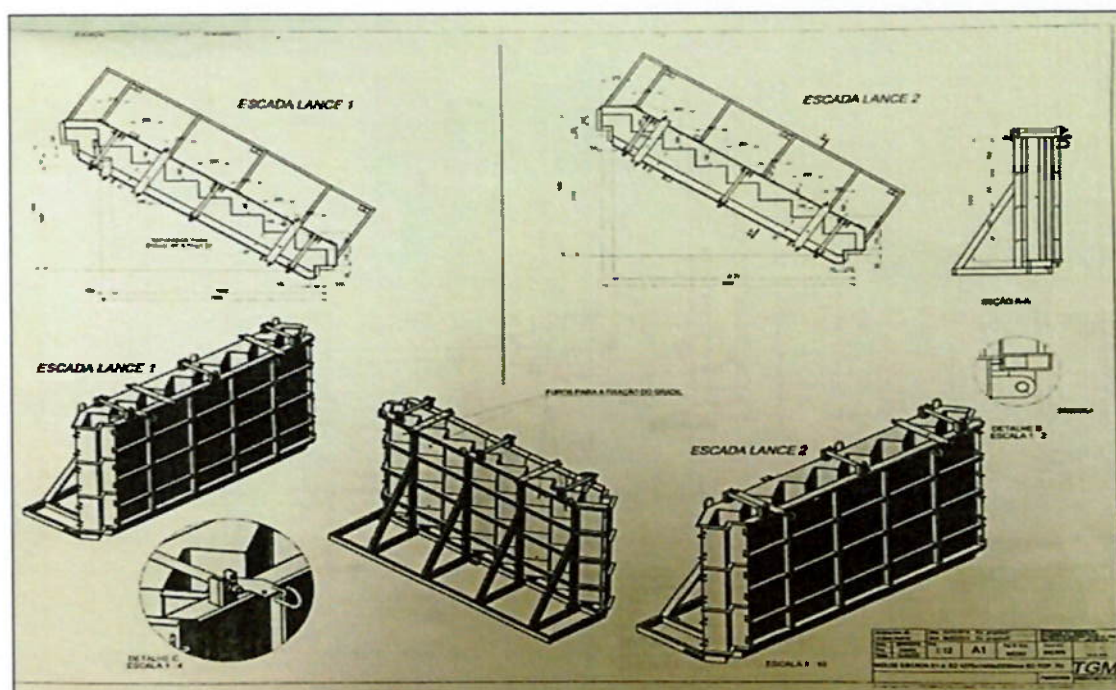


Figura 4.4: Detalhe do complemento da forma do lance 1 e do lance 2 da escada (Fonte: TGM)

A foto 4.14 mostra a estocagem do lance 1 da escada e a foto 4.15 mostra o lance 1 da escada instalado.



Foto 4.14: Estocagem do lance 1 da escada (Fonte: Autora)



Foto 4.15: Lance 1 da escada instalado (Fonte: Autora)

4.4 MURETA DA ESCADA

As muretas são elementos definitivos, já acabados, que reduzem a necessidade de regularização em suas superfícies, permitindo que a aplicação direta da pintura. As duas muretas da escada são idênticas, não havendo alteração na forma, conforme Figura 4.16. As muretas proporcionam maior segurança para a obra, visto que são executadas junto com a escada, excluindo a necessidade de proteções provisórias, durante o período de construção. A foto 4.17 mostra a mureta estocada e a foto 4.18 mostra a mureta aplicada no local.



Foto 4.16: Forma da mureta da escada (Fonte: Autora)



Foto 4.17: Estocagem da forma da mureta da escada (Fonte: Autora)



Foto 4.18: Mureta da escada instalada (Fonte: Autora)

O quadro 4.1 abaixo informa o resumo dos impactos causados e das ferramentas desenvolvidas na análise da escada pré-moldada.

Impactos causados	<p>Positivo: As escadas pré-moldadas são executadas em formas metálicas, que facilitam sua execução, quando comparadas com as escadas executadas no local, em forma de madeira. A forma metálica proporciona um acabamento definitivo nos elementos pré-moldados, não havendo necessidade de regularização. Por serem executadas no térreo, também proporcionam maior segurança. A montagem da escada pré-moldada no local de aplicação é rápida, facilitando a logística de acesso dos funcionários e transporte de materiais nas lajes, evitando assim a execução de escadas provisórias.</p> <p>Negativo: É necessário ter um local no canteiro isolado para a central de produção e funcionários especializados e independentes da equipe que da laje, para execução e instalação do pré-moldado.</p>
Ferramentas desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões com consultor de pré-moldados; - Projetos de Forma da Escada; - Projetos de Sequência de Montagem da Forma da Escada; - Reuniões com fornecedores de forma metálica; - Projeto de forma metálica.

Quadro 4.1 – Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na análise da escada pré-moldada

5 ANÁLISE DAS SACADAS PRÉ-MOLDADAS

O estudo para executar as sacadas em pré-moldadas ao invés de serem executadas no local, surgiu inicialmente pela grande quantidade de sacadas existentes nesse projeto. São 14 sacadas por pavimento compostas por 3 tipologias diferentes, sendo elas denominadas de: 1/1A, 2/2A e 3/3A, conforme Fotos 5.1, 5.2 e 5.3. Além disso, as sacadas quando executadas no local proporcionam aos carpinteiros uma situação de risco por estarem localizadas fora da projeção da Torre, tornando a montagem da forma de madeira perigosa, lenta e trabalhosa. Já as sacadas pré-moldadas, por serem executadas em formas metálicas, em um local plano e de fácil acesso, proporcionam maior segurança aos funcionários, além de praticidade na produção.



Foto 5.1: Sacada 1 e 1A (Fonte: Autora)



Foto 5.2: Sacada 2 e 2A (Fonte: Autora)



Foto 5.3: Sacada 3 e 3A (Fonte: Autora)

A definição da utilização da forma metálica foi pensada com base na premissa de buscar eliminar a necessidade de massa na fachada e revestimento no teto da sacada, visto que esse tipo de forma gera um ótimo acabamento na peça concretada, permitindo a aplicação de pintura diretamente no elemento pré-moldado, além da praticidade que as mesmas proporcionam para a execução.

As formas metálicas utilizadas para execução das sacadas pré-moldadas foram fabricadas pela empresa TGM, conforme fotos 5.4, 5.5, 5.6.



Foto 5.4: Forma da sacada 1 e 1A (Fonte: Autora)



Foto 5.5: Forma da sacada 2 e 2A (Fonte: Autora)



Foto 5.6: Forma da sacada 3 e 3A (Fonte: Autora)

A TGM também foi responsável pela execução dos projetos de formas metálicas, que são utilizados pelos carpinteiros na montagem das formas dos pré-moldados. Como exemplo, a Figura 5.1 detalha o projeto da sacada 3A.

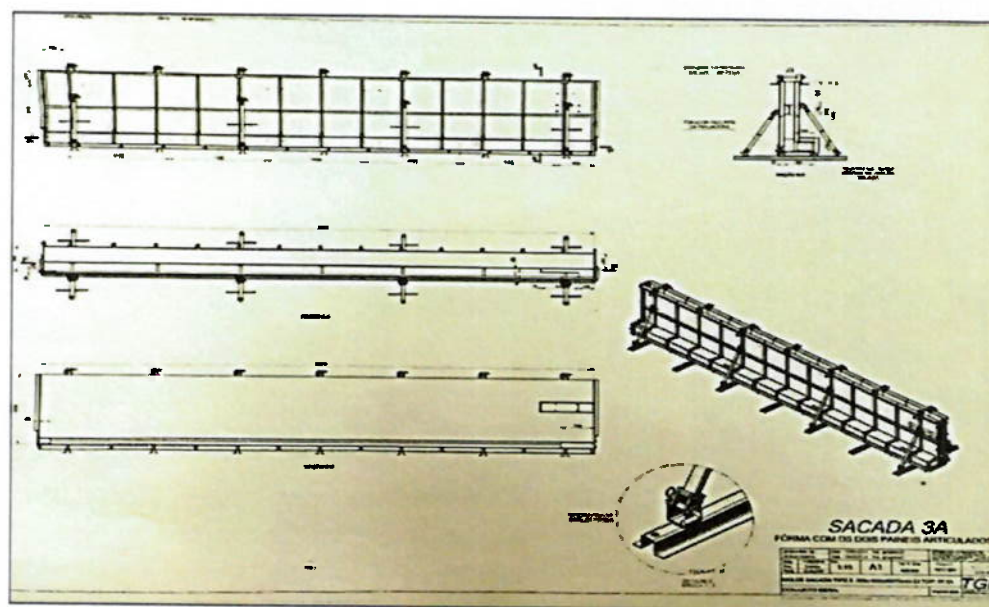


Figura 5.1: Detalhe da forma da sacada 3A (Fonte: TGM)

Com relação à instalação das sacadas pré-moldadas, as mesmas devem ser posicionadas antes da concretagem da laje, para engastamento na viga por meio dos arranques, que são deixados nos elementos pré-moldados. Para esse posicionamento ocorrer de acordo com o projeto, os estribos das vigas tem que estar abertos para engastar a armadura positiva da sacada. É importante que a armação negativa da sacada pré-moldada esteja na cota determinada em projeto, para garantir a eficiência da armação na ancoragem desse elemento.

Quando do posicionamento das sacadas no nível 'n' solicitado em projeto, os seguintes itens devem ser obedecidos, considerando concretagem de uma laje a cada sete dias:

- Após passadas 20 horas da concretagem (F_c20hs), a peça tem que atingir 8 MPa podendo então ser desformada e estocada.
- A peça poderá ser colocada no local e solidarizada às lajes quando atingir resistência de 25 MPa, sendo que a previsão é que este valor deve ocorrer aos 7 dias de idade. É fundamental que se ateste esta resistência, que será denominada daqui em diante de f_{cc} (resistência de colocação).

- Com 28 dias (F_{c28}), a peça deverá atingir 35 Mpa.
- Deve ter escoramento em 3 níveis (até o nível n-3), conforme foto 5.7. Assim que o elemento tiver sido solidarizado à estrutura, o escoramento entre os níveis n-3 e n-2 pode ser retirado e posicionado entre os níveis n e n+1.



Foto 5.7: Sacada 1A instalada, com o escoramento remanescente aplicado (Fonte: Autora)

O quadro 5.1 informa o resumo dos impactos causados e das ferramentas desenvolvidas na execução de sacadas pré-moldadas.

Impactos causados	<p>Positivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A sacada pré-moldada elimina a necessidade de regularização externa, permitindo a aplicação direta da pintura. - Por ser executada na central de pré-moldados, a sacada pré-moldada proporciona mais segurança, diminuindo o tempo de trabalho dos funcionários em uma área crítica da torre. <p>Negativos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade de instalação das sacadas pré-moldadas no local de aplicação, em função da localização e da interface com a armadura da laje.
Ferramentas desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões com consultor de pré-moldados; - Reuniões com fornecedores de forma metálica; - Projetos de forma metálica;

Quadro 5.1 - Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na execução de sacadas pré-moldadas.

6 ANÁLISE DA EXECUÇÃO DOS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

6.1 PÓRTICO

A otimização do tempo de utilização da grua é essencial para a execução da obra, em função dos pré-moldados. Como a grua fica praticamente ocupada o dia inteiro, conforme demonstrado no Capítulo 3, é necessário adquirir um equipamento que permita as movimentações inerentes à execução dos pré-moldados. No caso da obra estudada, optou-se pela utilização de um pórtico rolante TGM Univiga, com capacidade de 3 toneladas, vão de 11 metros, elevação de 7,50 metros com fixação em poste, talha TCS partida direta 3T e barramento blindado de alimentação 40 A tipo Vahle, conforme Figura 6.1. Esse pórtico é destinado para concretagens, movimentações dos pré-moldados e auxílio na montagem e desmontagem das formas metálicas utilizadas nesse processo. Como esse equipamento é de propriedade da Construtora e está sendo utilizado pela segunda obra, foi necessário realizar uma reforma no equipamento, para adequação do espaço disponível na obra. Na reforma foi reduzida a largura do equipamento de 11 metros para 8,48 metros. Também foi necessária a substituição de algumas peças, manutenção dos motores de rolamento da pista, revisão do sistema elétrico, dos cabos, dentre outros.

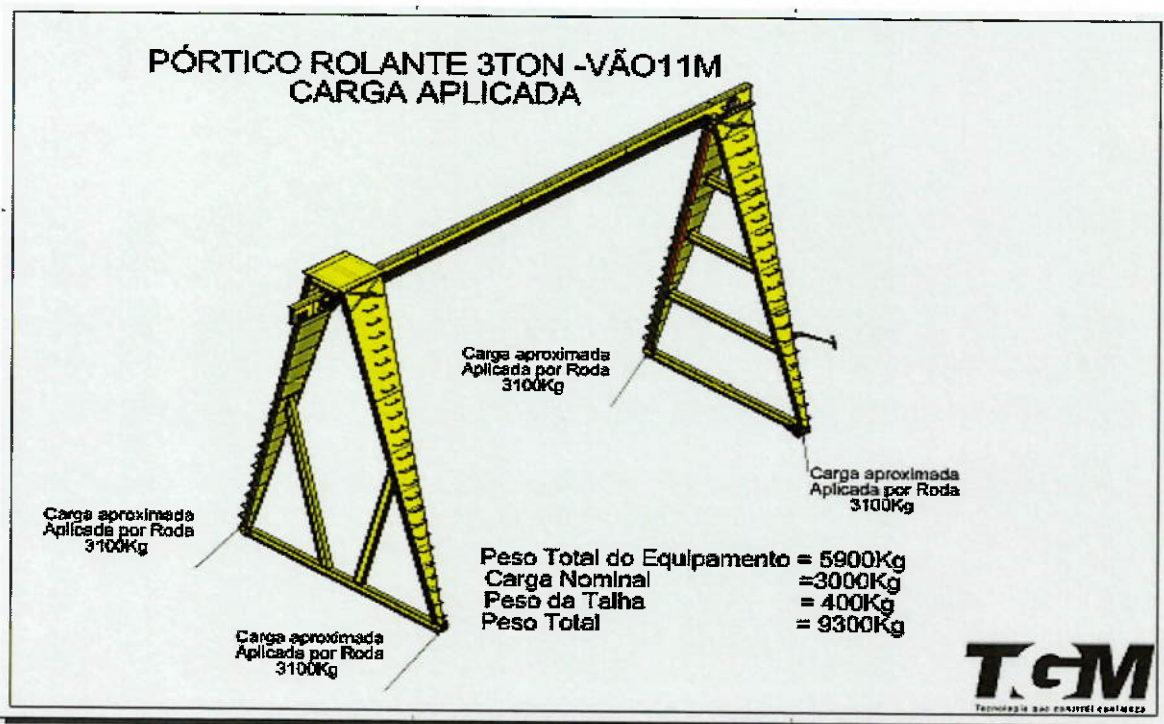


Figura 6.1: Pórtico rolante (Fonte: TGM)

Para definir o local de instalação do pórtico, é necessário analisar o projeto de implantação visando minimizar ao máximo, impactos na execução da obra. Para esse estudo de caso, o local definido foi sobre a laje do 2º subsolo, na projeção da periferia, conforme trecho verde da Figura 6.2. Essa localização impossibilita a concretagem dos trechos equivalentes das lajes do 1º subsolo e térreo, que só poderão ser concretados após o término da estrutura da torre, prazo em que se encerra a utilização de pré-moldados, permitindo a desmobilização do pórtico e liberação da execução desses trechos pendentes de estrutura. A definição do local de instalação do pórtico foi passada ao projetista de estrutura que redimensionou a laje do 2º subsolo afim de, suportar o peso e os esforços causados pelo pórtico e, solicitou que fossem deixados arranques nas lajes pendentes do 1º subsolo e do térreo, conforme Foto 6.1, para viabilizar essas concretagens em etapas.

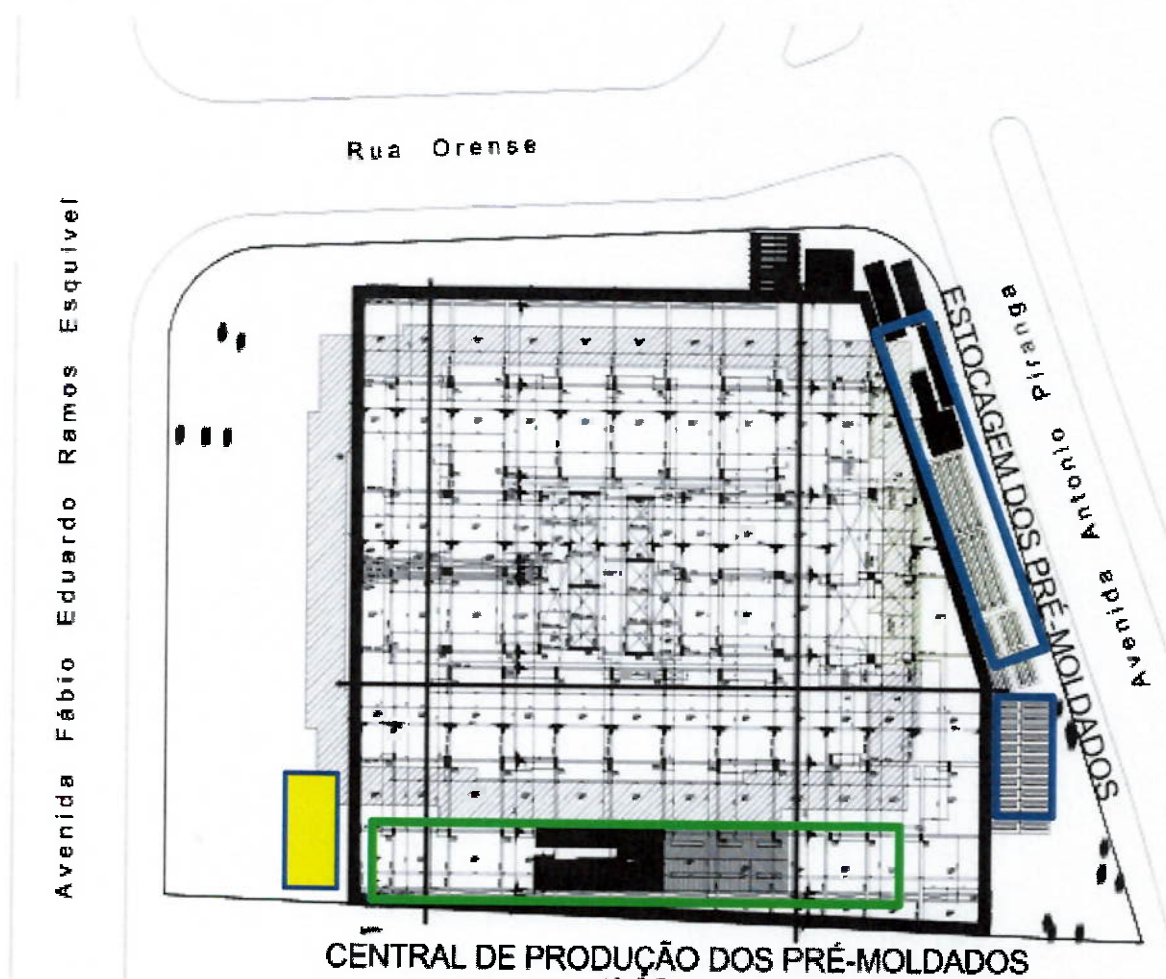


Figura 6.2: Implantação de canteiro de obra, delimitando as áreas de estocagem, execução e concretagem dos elementos pré-moldados (Fonte: Construtora)



Foto 6.1: Detalhe dos insertes deixados nas lajes e da localização da bandeja primária (Fonte: Autora)

Na Foto 6.1 também é possível observar que a central de formas está localizada próxima à projeção da Torre e, que a bandeja primária instalada no 1º pavimento não é suficiente para garantir a proteção do local. Em função disso e do tempo de permanência dos funcionários trabalhando no local, é necessário fazer um complemento na tela de proteção da fachada da Torre (apara-lixo). Esse sistema auxiliar de proteção acompanha as lajes que estão sendo concretadas, evitando a queda de materiais caso projetados para fora da torre.

A estocagem dos elementos pré-moldados já concretados é feita no térreo, em uma área permeável da periferia, conforme trecho azul da Figura 6.2. Como o pórtico está localizado abaixo dessa área de estocagem, essa movimentação vertical é feita pela grua.

Para auxiliar o pórtico durante as concretagens foi desenvolvido um duto, conforme Foto 6.2, para condução do concreto até a caçamba que é movimentada pelo equipamento. O caminhão de concreto acessa a obra pelo térreo, e descarrega o concreto diretamente no duto, sem o auxílio de bomba, que abastece a caçamba, conforme Foto 6.3. O trecho amarelo da Figura 6.2 mostra o local de estacionamento do caminhão betoneira, para descarga do concreto no duto. Na sequência o pórtico conduz a caçamba cheia de concreto até o local de aplicação, conforme Foto 6.4. O concreto é descarregado da caçamba, diretamente na forma do elemento pré-moldado, conforme Foto 6.5.



Foto 6.2: Duto para alimentação do pórtico
(Fonte: Autora)



Foto 6.3: Caçamba para transporte do concreto
(Fonte: Autora)



Foto 6.4: Transporte da caçamba pelo pórtico
(Fonte: Autora)



Foto 6.5: Descarga do concreto na forma metálica
(Fonte: Autora)

De maneira geral, esse estudo de caso viabilizou a utilização do pórtico por alguns motivos como: por existir um espaço físico no canteiro disponível para posicionamento do equipamento; pelo fato do pórtico ser de propriedade da Construtora, minimizando seu custo entre outros. O quadro 6.1 abaixo informa o resumo dos impactos causados e das ferramentas desenvolvidas na utilização do pórtico.

Impactos causados	<p>Positivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alivia a utilização do tempo da grua; - Funciona exclusivamente para a execução dos pré-moldados, evitando atrasos no ciclo de concretagem dos elementos da estrutura reticulada. <p>Negativos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - É necessário ter um local no canteiro disponível para instalação do pórtico; - É necessário reforçar as proteções da Torre, como tela da fachada, visando a segurança dos funcionários que estão trabalhando na central de formas localizada no 2º subsolo. - Segura trecho de execução da laje 1º subsolo e do térreo, em função da logística; - Dependência de mão de obra externa e especializada, para manutenção do pórtico, caso necessário.
Ferramentas desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões com consultor de pré-moldados; - Reuniões com fornecedores do pórtico; - Projeto do Pórtico; - Análise da logística para determinar o local de instalação do pórtico, acesso para concretagem e estocagem dos elementos pré-moldados;

Quadro 6.1 – Resumo dos impactos causados e ferramentas desenvolvidas na utilização do pórtico

6.2 CONCRETAGEM DOS PRÉ-MOLDADOS

A equipe necessária para a execução do concreto é composta por: 1 carpinteiro, 1 encarregado que opera o pórtico por meio de controle remoto e 4 ajudantes, sendo 1 manuseando o mangote, 1 vibrando o concreto e 2 posicionando a caçamba. Para a armação são necessários 3 armadores.

Para concretar um jogo completo de escada e sacadas de um pavimento, são utilizados aproximadamente 20m³ de concreto. A concretagem desse jogo é feita em 4 dias, com caminhões betoneiras de 5m³. Esse critério foi definido em função da produtividade

permitida pela quantidade de formas e, pela minimização da perda de concreto, visto que a usina entrega no mínimo 4m^3 em um caminhão.

De acordo com o projeto, o concreto dos elementos pré-moldados precisa atingir a resistência de 8MPa após 20 horas da concretagem. Para isso é feito o rompimento do corpo de prova no laboratório existente na obra a fim de, apurar a resistência necessária e liberar a equipe para desforma e estocagem dos elementos. O laboratório para rompimento dos corpos de provas foi implantado na obra, para agilizar o processo de execução dos pré-moldados. O ideal seria fazer as concretagens às 7:00 horas da manhã, para viabilizar a desforma na manhã seguinte porém isso nem sempre acontece, pois depende do comprometimento da usina com relação à entrega e à composição do concreto. Caso a usina atrase ou haja variação na quantidade de aditivo, o processo de execução dos pré-moldados é prejudicado em função do horário, ou da pega do concreto necessário para a desforma.

A instalação dos pré-moldados acontece no mínimo após 7 dias, quando o concreto atingir a resistência de 25MPa . Para que esse processo não impacte no ciclo da laje, é necessário ter pelo menos um jogo de pré-moldados em estoque. Não é necessário escorar nenhuma peça, desde que o concreto dos elementos tenha atingido o fcc (25MPa), bem como o concreto das peças moldadas no local tenha atingido 20MPa .

Como as peças são concretadas na posição vertical em função do acabamento, é necessário fazer um tombamento na posição horizontal, conforme Figura 6.3, para posterior instalação no local de aplicação. Esse tombamento é feito com o auxílio da grua, no local determinado para estocagem dos elementos pré-moldados.

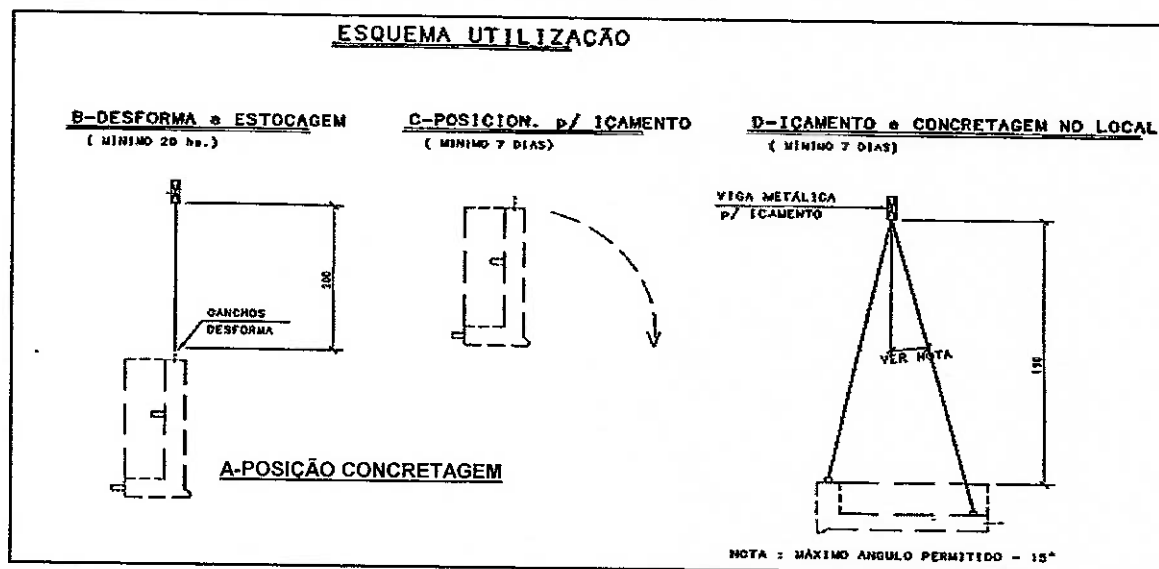


Figura 6.3: Esquema de posicionamento: das formas para concretagem, estocagem e içamento para instalação dos pré-moldados. (Fonte: Estrucamp)

A desvantagem da concretagem na posição vertical conforme Fotos 6.6 e 6.7, é que impossibilita a vibração do concreto no trecho das abas, ocasionando a formação de bolhas, conforme Foto 6.8 e 6.9. Alguns especialistas analisaram o problema, porém nessa obra não foi aplicada nenhuma tratativa, visto que as bolhas ocorrem no lado interno da sacada, que para esse estudo já estava previsto um acabamento posterior, em função da impermeabilização.



Foto 6.6: Posição da forma para concretagem
(Fonte: Autora)



Foto 6.7: Posicionamento dos elementos após desforma
(Fonte: Autora)



Foto 6.8: Impactos da concretagem na posição vertical – formação de bolhas
(Fonte: Autora)

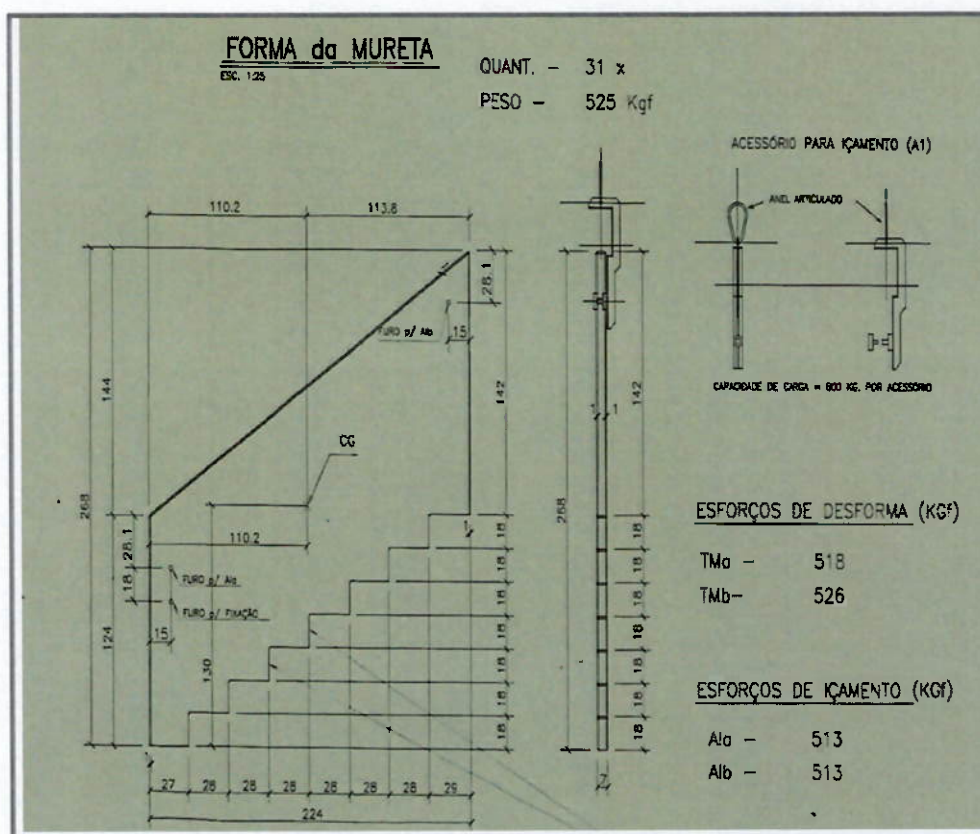


Foto 6.9: Ampliação das bolhas (Fonte: Autora)

6.3 IÇAMENTO DOS PRÉ-MOLDADOS

Para o processo de içamento dos elementos pré-moldados, devem existir projetos específicos que contenham os detalhes necessários, para movimentação dos elementos pré-moldados.

A Estrucamp elaborou os projetos de elementos pré-moldados, baseada nas informações já existentes no projeto de estrutura convencional. Nos projetos da Estrucamp estão definidos esforços de desforma e içamento, dimensões e peso dos elementos pré-moldados, esquema de içamento e acessórios, conforme Figura 6.4. Esses projetos foram enviados à TGM (fabricante do pórtico) afim de, equalizar os detalhamentos com as necessidades do pórtico.



Na montagem da forma são deixados insertes nos elementos pré-moldados, para o içamento dos mesmos, que são especificados pelo consultor da Estrucamp, conforme Figura 6.8. A Foto 6.10 mostra os insertes estocados.

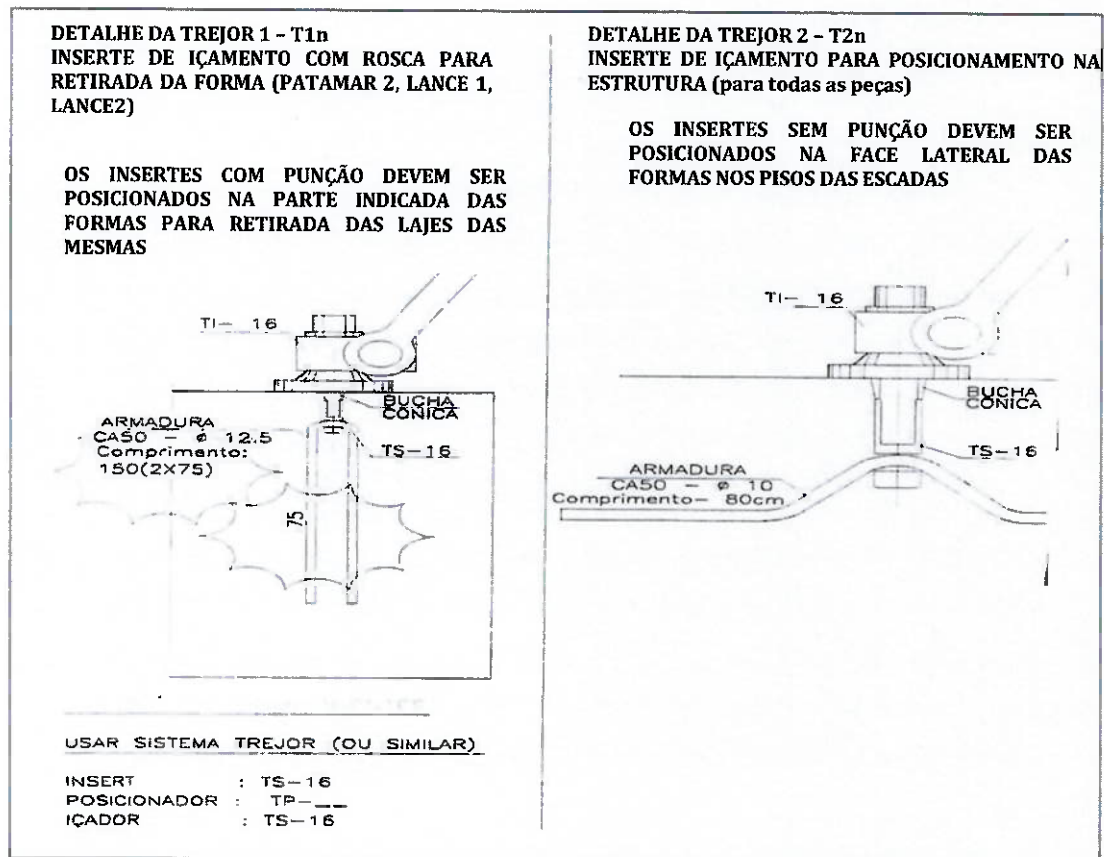


Figura 6.8: Detalhe no projeto do inserto de içamento (Fonte: Estrucamp)



Foto 6.10: Insertos de içamento (Fonte: Autora)

A Foto 6.11 mostra um inserto já posicionado do lado interno da forma, já preso na armação do elemento pré-moldado. A Foto 6.12 mostra o a tampa do inserto no lado externo da forma.



Foto 6.11: Inserto de içamento posicionado na forma (lado interno) - (Fonte: Autora)



Foto 6.12: Inserto para içamento posicionado na forma (lado externo) - (Fonte: Autora)

Após a concretagem dos elementos pré-moldados a tampa é retirada permitindo o encaixe do acessório de içamento na rosca, conforme Fotos 6.13 e 6.14.



Foto 6.13: Acessório para içamento preso ao inserto (Fonte: Autora)



Foto 6.14: Inserto de rosca sem a tampa (Fonte: Autora)

7 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO

Com relação à definição do tipo de grua, conforme mencionado no Capítulo 3, o custo também foi levado em consideração para a escolha. Pelo fato da construtora ter parcerias com algumas empresas de locação de grua, foi determinado para essa obra que a locadora seria a empresa Locabéns. Em função disso, foi levantado o custo das gruas disponíveis para locação para essa obra: ascensional MC85, ascensional MC115 e fixa 115, conforme Quadros 7.1, 7.2 e 7.3.

A grua fixa MC115 além de possuir um custo de locação mensal superior ao das gruas ascensionais, a possibilidade de utilização desse equipamento já havia sido descartada em função da logística, conforme já explicado no Capítulo 3. Quando comparadas as gruas ascensionais modelos MC85 e MC115, verificou-se uma diferença mínima de custo, não impactando na decisão da escolha. Nesse caso, a grua ascensional MC115 foi definida em função do ganho na velocidade e na capacidade de carga, quando comparada com o modelo MC85, conforme quadro 3.2 mencionado no Capítulo 3.

ASCENSIONAL MC85

ITEM	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Montagem Inicial	1	R\$ 11.500,00	R\$ 11.500,00
Desmontagem	1	R\$ 16.500,00	R\$ 16.500,00
Telescopagem por metro linear	51	R\$ 210,00	R\$ 10.710,00
Transporte (Entrega - Retorno)	2	R\$ 6.000,00	R\$ 12.000,00
Conjunto de chumbadores (Qd. Aplicável)	1	R\$ 6.800,00	R\$ 6.800,00
CUSTOS MENSAIS			
Locação mensal mínima 44 horas semanais	8	R\$ 13.500,00	R\$ 108.000,00
Hora adicional Máquina (acima de 44 horas semanais)	13	R\$ 53,00	R\$ 689,00
Operador adicional mínimo 44 horas semanais	8	R\$ 5.800,00	R\$ 46.400,00
Hora adicional Operador (acima de 44 horas semanais)	13	R\$ 36,00	R\$ 468,00
Manutenção mensal gruas	8	R\$ 2.000,00	R\$ 16.000,00
CUSTOS EXTRAS			
Guindaste auxiliar para desmontagem	1	R\$ 70.000,00	R\$ 70.000,00
Bloco de fundação	-	-	-
Vigamento especial para apoio da grua	7	R\$ 3.500,00	R\$ 24.500,00
TOTAL			R\$ 323.567,00

Quadro 7.1: Demonstrativo custo referente a Grua Ascensional MC85 (Fonte: Locabéns)

ASCENSIONAL MC115

ITEM	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Montagem Inicial	1	R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00
Desmontagem	1	R\$ 16.500,00	R\$ 16.500,00
Telescopagem por metro linear	36	R\$ 220,00	R\$ 7.920,00
Transporte (Entrega - Retorno)	2	R\$ 7.500,00	R\$ 15.000,00
Conjunto de chumbadores (Qd. Aplicável)	1	R\$ 7.500,00	R\$ 7.500,00
CUSTOS MENSAIS			
Locação mensal mínima 44 horas semanais	8	R\$ 25.400,00	R\$ 203.200,00
Hora adicional Máquina (acima de 44 horas semanais)	13	R\$ 104,00	R\$ 1.352,00
Operador adicional mínimo 44 horas semanais	8	R\$ 5.600,00	R\$ 44.800,00
Hora adicional Operador (acima de 44 horas semanais)	13	R\$ 36,00	R\$ 468,00
Manutenção mensal guias	8	R\$ 2.500,00	R\$ 20.000,00
CUSTOS EXTRAS			
Guindaste auxiliar para desmontagem			
Bloco de fundação			
Vigamento especial para apoio da grua			
TOTAL			R\$ 328.740,00

Quadro 7.2: Demonstrativo custo referente a Grua Ascensional MC115 (Fonte: Locabéns)

FIXA 115

ITEM	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Montagem Inicial	1	R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00
Desmontagem	1	R\$ 16.500,00	R\$ 16.500,00
Ancoragem convencional até 3 metros	2	R\$ 5.200,00	R\$ 10.400,00
Telescopagem por metro linear	36	R\$ 220,00	R\$ 7.920,00
Transporte (Entrega - Retorno)	2	R\$ 7.500,00	R\$ 15.000,00
Conjunto de chumbadores (Qd. Aplicável)	1	R\$ 7.500,00	R\$ 7.500,00
CUSTOS MENSAIS			
Locação mensal mínima 44 horas semanais	8	R\$ 25.400,00	R\$ 203.200,00
Hora adicional Máquina (acima de 44 horas semanais)	13	R\$ 104,00	R\$ 1.352,00
Operador adicional mínimo 44 horas semanais	8	R\$ 5.600,00	R\$ 44.800,00
Hora adicional Operador (acima de 44 horas semanais)	13	R\$ 36,00	R\$ 468,00
Manutenção mensal guias	8	R\$ 2.500,00	R\$ 20.000,00
CUSTOS EXTRAS			
Guindaste auxiliar para montagem/desmontagem	2	R\$ 10.000,00	R\$ 20.000,00
Bloco de fundação	1	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
Vigamento especial para apoio da grua	3	R\$ 3.500,00	R\$ 10.500,00
TOTAL			R\$ 399.640,00

Quadro 7.3: Demonstrativo custo referente a Grua Fixa MC115 (Fonte: Locabéns)

Para a análise de custo com impacto direto na execução de pré-moldados, existem itens que constaram no orçamento inicial elaborado com base na estrutura convencional, que não foram mais necessários em função da substituição por pré-moldados, como por exemplo: forma de madeira, alvenaria da escada, regularizações, dentre outros. Os quadros 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9 detalham os itens a serem retirados do orçamento inicial para efeito de comparação.

Itens a serem excluídos do orçamento				
Escadas Pré-moldada x Moldada in loco				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Fabricação fôrmas madeira (MAT + MDO)	1,22	m ²	R\$ 71,74	R\$ 87,67
Montagem de forma (carp. + ajud.)	1	vb	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Proteção perimetral (pontaletes)	11,60	m	R\$ 3,20	R\$ 37,12
Proteção perimetral (tela)	5,00	m	R\$ 2,50	R\$ 12,50
Taxa de bomba	2,48	m ³	R\$ 35,00	R\$ 86,91
Contrapiso patamares (MAT + MDO)	9,27	m ²	R\$ 36,48	R\$ 337,99
Pisantes Pré-moldados (MAT)	15	unid	R\$ 3,00	R\$ 45,00
Pisantes Pré-moldados (MDO)	15	unid	R\$ 20,78	R\$ 311,76
Argamassa colante para assent. Pisante	5,36	m ²	R\$ 14,84	R\$ 79,47
Assentamento do pisante (MDO)	5,36	m ²	R\$ 10,50	R\$ 56,23
Chapisco Rolado Teto (MAT + MDO)	14,84	m ²	R\$ 2,62	R\$ 38,88
Total por escada				R\$ 3.593,53
Total por pavimento (2 escadas)				R\$ 7.187,06
Total por torre (17 pavimentos)				R\$ 122.179,96

Quadro 7.4: Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Escada (Fonte: Autora)

Mureta da Escada: Mureta Pré-Moldado X Alvenaria				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Alvenaria - Marcação (MAT)	2,24	m	R\$ 8,25	R\$ 18,48
Alvenaria - Elevação e Fixação (MAT)	6,85	m ²	R\$ 33,89	R\$ 232,30
Alvenaria (MDO)	6,85	m ²	R\$ 26,34	R\$ 180,54
Talisca	13,71	m ²	R\$ 3,19	R\$ 43,73
Gesso Interno (MAT + MDO)	13,71	m ²	R\$ 16,00	R\$ 219,34
Total por escada				R\$ 694,39
Total por pavimento (2 escadas)				R\$ 1.388,78
Total por torre (17 pavimentos)				R\$ 23.609,34

Quadro 7.5: Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Mureta (Fonte: Autora)

Vigas Pré-moldadas de Escada				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Fabricação fôrmas madeira (MAT + MDO)	1,38	m ²	R\$ 16,88	R\$ 23,37
Garfos	54,70	unid	R\$ 2,71	R\$ 148,33
Total por escada				R\$ 171,70
Total por pavimento (2 escadas)				R\$ 343,40
Total por torre (17 pavimentos)				R\$ 5.837,76

Quadro 7.6: Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Vigas (Fonte: Autora)

Sacadas pequenas Pré-Moldadas				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Taxa de bomba	0,80	m ³	R\$ 35,00	R\$ 28,12
Fabricação fôrmas madeira (MAT + MDO)	0,71	m ²	R\$ 71,75	R\$ 50,86
Balancim	6,76	m	R\$ 41,43	R\$ 280,10
Revestimento Externo	20,28	m	R\$ 30,69	R\$ 622,39
Revestimento Teto	4,09	m ²	R\$ 78,79	R\$ 322,25
Total por sacada				R\$ 1.303,72
Total por pavimento (6 sacadas)				R\$ 7.822,34
Total por torre (17 pavimentos)				R\$ 132.979,78

Quadro 7.7: Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Sacadas pequenas (Fonte: Autora)

Sacadas médias Pré-Moldadas				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Taxa de bomba	0,56	m ³	R\$ 35,00	R\$ 19,46
Fabricação fôrmas madeira (MAT + MDO)	0,49	m ²	R\$ 71,73	R\$ 35,19
Balancim	3,87	m	R\$ 41,43	R\$ 160,35
Revestimento Externo	11,61	m	R\$ 30,69	R\$ 356,31
Revestimento Teto	2,69	m ²	R\$ 78,79	R\$ 211,95
Total por sacada				R\$ 783,26
Total por pavimento (4 sacadas)				R\$ 3.133,02
Total por torre (17 pavimentos)				R\$ 53.261,41

Quadro 7.8: Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Sacadas médias (Fonte: Autora)

Sacadas grandes Pré-Moldadas				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Taxa de bomba	1,16	m ³	R\$ 35,00	R\$ 40,50
Fabricação fôrmas madeira (MAT + MDO)	1,02	m ²	R\$ 71,73	R\$ 73,24
Balancim	6,56	m	R\$ 41,43	R\$ 271,81
Revestimento Externo	19,68	m	R\$ 30,69	R\$ 603,98
Revestimento Teto	6,44	m ²	R\$ 78,79	R\$ 507,41
Total por sacada				R\$ 1.496,93
Total por pavimento (4 sacadas)				R\$ 5.987,73
Total por torre (17 pavimentos)				R\$ 101.791,46

Quadro 7.9: Itens a serem excluídos do orçamento inicial – Sacadas grandes (Fonte: Autora)

Além dos itens que devem ser retirados do orçamento, também é necessário analisar os itens que devem ser acrescentados ao orçamento, específicos para a utilização de pré-moldados.

Para implantar o processo de pré-moldados, foi necessário ter uma consultoria especializada que para esse Estudo de Caso, foi contratado o consultor José Roberto Delamain (Estrucamp). O custo dessa consultoria foi de R\$ 42.500,00, sendo o escopo composto por:

- 1) Estudo de viabilidade na utilização de Gruas, produção e aplicação de elementos pré-moldados produzidos no canteiro de obra, sendo abordado os seguintes subitens:
 - Desenvolvimento de estudos de implantação de guias considerando a logística de abastecimento da torre e possibilidade de faseamento de obra;
 - Verificação da viabilidade técnica e econômica da utilização de guias comparativamente e outras formas de transporte para materiais e equipamentos utilizados na execução das estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação.
 - Estudo da viabilidade técnica e econômica da utilização de pré-moldados produzidos no canteiro de obras com o desenvolvimento de propostas de pré-moldagem de elementos da estrutura, submetendo estas propostas à aprovação do escritório de cálculo estrutural responsável pelo projeto de estrutura.
- 2) Assessoria em projetos:
 - Conhecimento do projeto legal, arquitetura e estruturas (pré-executivo);
 - Avaliação com a construtora e projetista de estrutura, de tipologias estruturais e metodologias construtivas que proporcionem racionalização e redução de custo para Torre e Periferia;
 - Desenvolvimento de projetos executivos dos pré-moldados a serem produzidos no canteiro de obras;
 - Orientação aos projetistas e verificação dos detalhamentos dos projetos de produção visando ganhos de produtividade e redução de consumos;

3) Gerenciamento na execução das estruturas

- Definição do escopo de fornecimentos;
- Escolha das empresas participantes;
- Elaboração das cartas convites;
- Equalização das propostas;
- Negociações.

4) Planejamento e Produção

- Estudo da implantação do canteiro (logística de produção e definição de áreas de recebimento, estocagem, trabalho e vivência);
- Elaboração de planejamento físico detalhado, focado no cumprimento de prazos contratuais;
- Orientação e inspeção de fornecimentos e fabricações;
- Definição e uniformização de procedimentos executivos;
- Acompanhamento da produção, com definição de procedimentos de execução e avaliação de desempenho.

Também deve ser acrescentada ao orçamento a compra de: formas metálicas, acessórios de içamento, pórtico, insertes, cabos para içamento e equipe para execução do pré-moldado. Para isso, foram estimados os seguintes valores:

- Forma metálica/ Acessórios – R\$ 148.800,00
- Pórtico – R\$ 80.000,00
- Insertes para içamento – R\$ 10.000,00
- Cabos para içamento – R\$ 4.000,00
- Equipe Execução Pré-moldados – R\$ 41.425,00

Esses estudos de custos foram elaborados pela área de desenvolvimento tecnológico da Construtora, antes do início da execução da obra, onde a intenção era comparar o custo orçado com o custo necessário para execução dos pré-moldados, a fim de analisar se financeiramente compensaria toda essa adaptação. Nesse momento, chegou-se à conclusão que a substituição de elementos executados no local por elementos pré-moldados geraria uma economia de R\$ 112.934,70 visto que, seriam retirados do orçamento R\$ 439.659,70 conforme quadro 7.10, e acrescentados apenas R\$ 326.725,00 conforme quadro 7.11.

Resumo itens a serem excluídos do orçamento				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Escada	1	vb	R\$ 122.179,96	R\$ 122.179,96
Mureta da Escada	1	vb	R\$ 23.609,34	R\$ 23.609,34
Viga da escada	1	vb	R\$ 5.837,76	R\$ 5.837,76
Sacadas	1	vb	R\$ 288.032,64	R\$ 288.032,64
Total				R\$ 439.659,70

Quadro 7.10: Resumo previsto dos itens a serem excluídos do orçamento inicial (Fonte: Autora)

Itens a serem acrescentados no orçamento				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Consultoria de Pré-moldados	1	vb	R\$ 42.500,00	R\$ 42.500,00
Forma Metálica/ Acessórios metálicos Içamento	1	vb	R\$ 148.800,00	R\$ 148.800,00
Pórtico	1	vb	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00
Insertes para içamento	1	vb	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Cabos para içamento	1	vb	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
Equipe Execução Pré-moldado	1	vb	R\$ 41.426,00	R\$ 41.425,00
Total				R\$ 326.725,00

Quadro 7.11: Resumo previsto dos itens a serem acrescentados no orçamento (Fonte: Autora)

8 ANÁLISE DOS DADOS

Nesse capítulo são apresentadas análises de dados sobre os tópicos abordados nesse estudo de caso, comparando se as teorias resultantes dos diferentes estudos feitos com o apoio de consultores e projetistas e do corpo técnico da empresa e da obra condizem com a aplicabilidade obtida na prática.

No Capítulo 2, foi apresentado o estudo em que o ciclo de uma laje deveria ser executado a cada 6 dias trabalhados, tendo como solução teórica a divisão da concretagem em duas etapas. Observou-se no entanto que isso não ocorreu na prática.

A laje do 3º pavimento da obra Orense, que é a primeira laje tipo, foi executada de maneira faseada, porém foi a única executada dessa forma. De acordo com o técnico de segurança da obra, a equipe de carpintaria que trabalhava na etapa do andar inferior ao do ciclo ficava muito vulnerável a acidentes provenientes da laje superior, em função da proximidade. Outro problema que se agravou foi com relação ao dimensionamento da equipe de estrutura, que acabaria tendo um custo muito alto com a formação de duas equipes independentes, necessárias para execução da laje em duas etapas. Por esses motivos, foi definido que os demais pavimentos seriam executados em uma única etapa, mesmo acarretando impactos no prazo do ciclo da laje, que precisaria ser analisado na concretagem subsequente.

A laje do 4º pavimento foi executada no prazo de 7 dias trabalhados, o que a princípio, parecia ser suficiente. Com a continuidade da estrutura foi apurado que, esse prazo também não seria suficiente para execução de um pavimento, tornando-se muito arrojado em função da quantidade de sacadas existentes (14 sacadas por pavimento) e do tamanho da laje (aproximadamente 1.400m² por pavimento), e também exigido que, para o prazo de 7 dias ser cumprido, o período noturno passaria a ser incluído no ciclo de execução da laje.

A inclusão do período noturno no ciclo gerou novos problemas, como o aumento de custo em função das horas extras de funcionários e de equipamentos locados, além de dificuldades de conferências dos serviços de armações e instalações elétricas. Estas, por serem as últimas etapas de execução, acabavam sendo liberadas no dia da concretagem da laje, acarretando falhas nas conferências realizadas pela equipe de engenharia em função do pouco tempo para tal. A equipe de produção conseguiu manter esse ciclo até o 7º pavimento, porém a partir dessa laje houve uma redefinição do prazo. Buscando executar a estrutura com

segurança, qualidade e custo dentro do orçamento estipulado, foi determinado que as lajes do 8º pavimento em diante deveriam ser concretadas em um ciclo de 8 dias trabalhados, conforme quadro 8.1.

EQUIPE 1 - <i>Ciclo adotado 8 dias</i>		
DIA/PERÍODO	MANHÃ	TARDE
1º	gastalho	montagem pilar
2º	montagem viga+cimbramento da laje / subida mesa voadora	
3º	montagem laje	concretagem pilar
5º	armação laje/vigas/montagem pré-moldados	
6º	armação laje/vigas/pré-moldados + instalações	
7º	confêrencia da laje + ajustes finais	
8º	concretagem laje+vigas	

Quadro 8.1: Ciclo de execução da laje na prática (Fonte: Autora)

Essa alteração de ciclo gerou um atraso de 20 dias na execução da estrutura, visto que, do 8º ao 17º pavimento houve um acréscimo de 2 dias por laje. De maneira geral, o atraso da estrutura não impactará na entrega do empreendimento junto ao cliente, visto que durante a execução da fundação da obra, houve um ganho de 35 dias no cronograma, fator esse que também influenciou na tomada de decisão pela alteração do prazo do ciclo.

As considerações abordadas no Capítulo 3 sobre a utilização de grua obtiveram um alto nível de aderência na prática, tanto nas questões do tempo previamente planejado de utilização do equipamento para cada atividade, quanto nos treinamentos gerados para os operadores, com o intuito de promover e aplicar o planejamento operacional, maximizando a utilização da grua. O equipamento locado realmente foi uma grua ascensional MC115, conforme definido no planejamento, cujo emprego foi viabilizado inclusive financeiramente com verba existente no orçamento. Um detalhe a acrescentar no estudo teórico é que para essa obra na prática são necessárias duas ascensões, no 7º e no 13º pavimento, gerando um impacto total de quatro dias na execução da estrutura. Outra questão é que para apoio das sacadas pré-moldadas, durante a concretagem, é necessário um escoramento especial, que nesse caso é uma mesa voadora, sendo preciso um projeto específico. A desvantagem desse escoramento, é que a remoção da mesa voadora de um andar para o outro, depende

exclusivamente da grua. Essa questão não foi apontada no estudo de grua, ocasionando impactos no seu tempo de utilização.

Realizar uma análise prévia do equipamento a ser locado foi bastante produtivo, agregando informações necessárias para a utilização da grua e facilitando no atendimento das demandas diárias para execução da obra.

Com relação a análise da escada pré-moldada mencionada no Capítulo 4, apesar da sequência de instalação e dos detalhes especificados em projeto terem sido aplicados, foram detectadas algumas interferências, como detalhes no acabamento, dificuldades na instalação e erro na concepção do projeto, durante a execução desses elementos pré-moldados.

O acabamento entre as muretas estava sendo feito com a utilização de graute, conforme foto 8.1, porém a movimentação existente entre as peças ocasionaram trincas, conforme foto 8.2, em função da trabalhabilidade dos elementos.



Foto 8.1: Acabamento entre as muretas da escada (Fonte: Autora)



Foto 8.2: Trinca no acabamento entre as muretas da escada (Fonte: Autora)

Existem duas opções para resolver essa questão: ou coloca-se um acabamento metálico ou não se coloca nenhum acabamento. Essa segunda alternativa é possível por não ter função estrutural, visto que as fixações dessas peças são feitas por meio de parafusos inseridos nas furações existentes nas muretas, conforme foto 8.3, previamente projetadas para coincidirem com os furos necessários para atender o içamento dos elementos e a união entre as peças. Para a obra em questão, foi definido que não será colocado nenhum acabamento.



Foto 8.3: Furação da mureta (Fonte:Autora)

Outro item apontado sobre as escadas é que, o projeto da Estrucamp solicita a colocação de 1cm de argamassa para assentamento dos elementos pré-moldados da escada, com o intuito de distribuir uniformemente a tensão localizada gerada pelas peças. Apesar da aplicação da argamassa ter sido realizada no local, foi analisado que esse material se espalhava de maneira não uniforme no momento do assentamento, gerando juntas secas entre as peças. Para garantir que o peso próprio do elemento pré-moldado não expulse a argamassa durante o assentamento, foi indicada a colocação de uma camada mais espessa desse material e de taliscas em madeira visando garantir a medida solicitada.

As duas escadas existentes na obra Orense sobem no sentido anti-horário, sendo que o lado esquerdo do lance da escada encontra com a mureta e o lado direito está voltado para a caixa da escada. Na maioria das vezes, todas as faces dos elementos pré-moldados estão voltadas para a forma, visando obter acabamento liso nas peças, exceto por onde é aplicado o concreto, que gera acabamento irregular. Em função de um erro na concepção do projeto, a forma dos degraus foi projetada invertida, e o lado acabado dos degraus ficou voltado para a caixa da escada, e o lado irregular, conforme foto 8.4, ficou voltado para a mureta, necessitando realizar acabamento nessa face. A foto 8.5 mostra o acabamento executado na lateral do lance da escada, gerado em função do erro de projeto.



Foto 8.4: Acabamento irregular (Fonte: Autora)



Foto 8.5: Acabamento executado (Fonte: Autora)

No Capítulo 5 foi mencionado que as sacadas pré-moldadas deveriam ser posicionadas antes da concretagem da laje e que os estribos da viga teriam que estar abertos para engastar a armadura positiva da sacada. Na prática isso não ocorreu, pois os estribos foram dimensionados curtos pelo projetista estrutural, impedindo essa execução. Em função disso, a armadura positiva foi posicionada em cima da armação da viga e foi feito um reforço com duas barras de 8 mm e seis ganchos auxiliares, conforme foto 8.6. Após isso é feita a concretagem da laje.



Foto 8.6: Barras e ganchos auxiliares (Fonte: Autora)

Também foram detectadas variações no cobrimento da armação negativa das sacadas pré-moldadas, que podem ter sido ocasionadas pela dificuldade na interface entre as armações da sacada pré-moldada e da viga estrutural, pela falta de espaçador ou até mesmo pela vibração do concreto, que pode interferir no alinhamento das armações. A foto 8.7 mostra o cobrimento mínimo deixado durante a concretagem em torno de 0,5cm, sendo que o projeto solicita 2,0cm.



Foto 8.7: Cobrimento do concreto entre sacada pré-moldada e viga (Fonte: Autora)

Ainda com relação ao posicionamento das sacadas pré-moldadas, outra dificuldade foi apurada durante esse processo. Apesar de ser deixado um gabarito de madeira para auxiliar na locação das sacadas pré-moldadas, existe uma dificuldade do posicionamento desses elementos no apoio da laje visto que, durante a instalação, a sacada se movimenta em função do peso próprio, ocorrendo desvios no assentamento. Quando isso ocorre, é necessário içar a sacada novamente e repetir o processo de posicionamento. O tempo para o posicionamento de uma sacada pré-moldada é de aproximadamente 10 minutos, sendo na prática necessários 2 sinaleiros, 1 encarregado, 1 carpinteiro e 2 ajudantes.

Outro item apurado foi a fixação da mão francesa de sustentação da bandeja de proteção, nas sacadas pré-moldadas. No período de instalação da bandeja, o técnico de segurança detectou a falta dos passantes nas sacadas pré-moldadas, para fixação das mesmas. Essa falha de detalhamento no projeto ocasionou retrabalho, sendo necessária, além da furação dos locais de fixação da mão francesa na sacada, a análise do projetista estrutural em função da sobrecarga gerada. O correto seria se, no desenvolvimento do projeto, um responsável pela área de segurança tivesse participado da concepção, contribuindo com

informações relativas às interferências entre elementos pré-moldados e equipamento de segurança.

Ainda com relação aos passantes, outro detalhe foi levantado pela equipe durante a execução da obra. Para a fixação do gradil definitivo das sacadas, foram projetados passantes de 8mm na forma metálica, onde são colocados insertes que servem tanto para içamento das peças quanto para o posterior posicionamento das esperas do gradil definitivo, conforme figura 8.1. Os posicionamentos desses pontos foram demarcados no projeto de elementos pré-moldados de acordo com o detalhe de gradil fornecido pela área de projetos da construtora, que continha a locação dos montantes do mesmo. O problema detectado foi que, os furos deixados para fixação do gradil foram locados baseados em medidas brutas do projeto de estrutura (Teca Engenharia de Projetos), ou seja, sem considerar o revestimento externo, o que ocasionou a perda dos furos e retrabalho.

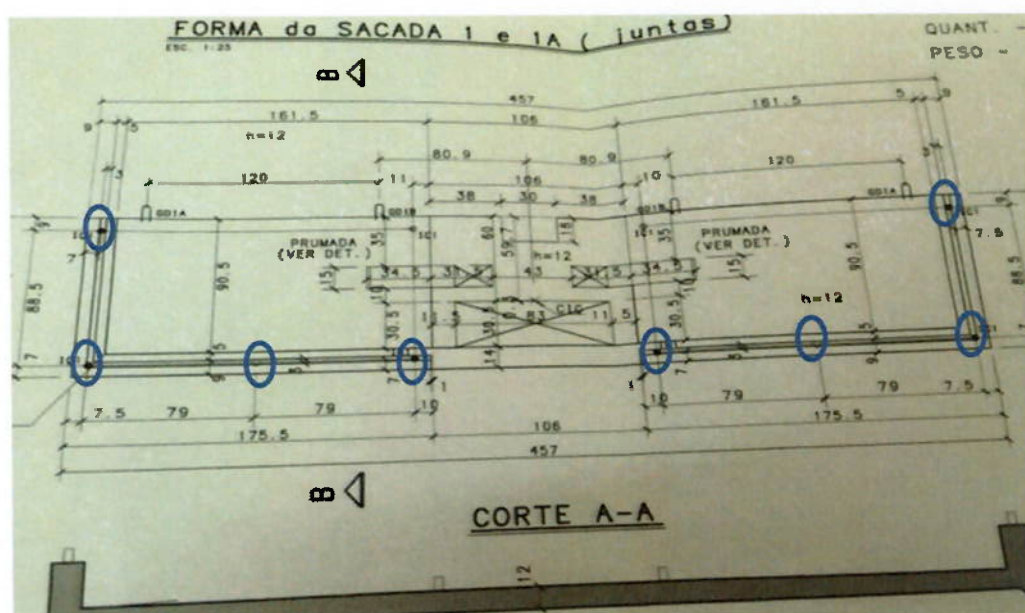


Figura 8.1: Pontos para fixação do gradil (Fonte: Teca Engenharia de Projetos)

O pórtico utilizado no processo de execução dos pré-moldados, conforme mencionado no Capítulo 6, também gerou problemas relacionados às falhas de funcionamento em determinados pontos, durante sua movimentação. O que geralmente ocorre nesse tipo de falha, é o mau contato nas emendas do barramento blindado, conforme foto 8.8, sendo comum acontecer em canteiros de obra onde essa instalação fica exposta, tornando a mesma vulnerável a queda de objetos, movimentação de pessoas e equipamentos, etc. É possível solucionar esse problema com um eletricista da obra, não necessitando de mão de obra especializada.



Foto 8.8: Barramento blindado do pórtico (Fonte: Autora)

Durante o processo de execução dos pré-moldados, também analisado no Capítulo 6, foram detectados vazamentos de nata de cimento durante as concretagens dos elementos, que podem ter sido ocasionados pela falta de borrachas de vedação na parte inferior da forma metálica. O problema também pode ocorrer caso a borracha existente esteja suja ou danificada pelo uso. Quando isso ocorreu, foi solicitada a reposição das borrachas à TGM, afim de, garantir a estanqueidade plena da forma e evitar retrabalhos provenientes do vazamento.

Com relação a custos estudados no Capítulo 7 e considerando a economia imaginada de R\$ 112.934,70, após o início da execução de pré-moldados foram levantados pela equipe da obra os valores reais, indicados no Quadro 8.2.

Orçamento Formas Metálicas/ Acessórios de içamento				
Itens	unid.	quantid	preço unit.	total
Molde Simples para fabricar patamar P1 e P2 medindo 430 x 1.425/2.380 x 2.570/2.830mm com uma lateral fixa e outra segmentada móvel	pç	1	R\$ 8.078,00	R\$ 8.078,00
Molde simples para escada E1 e E2 medindo 1.275x1.486x2.230mm com 8 degraus e topador para reduzir para 7 degraus	pç	1	R\$ 10.084,00	R\$ 10.084,00
Molde simples para mureta medindo 70x2.240x2.680mm com um lado fixo e outra lateral móvel	pç	1	R\$ 5.705,00	R\$ 5.705,00
Molde para viga tipo V623A/V629 medindo 140x710x2.600mm	pç	1	R\$ 4.831,00	R\$ 4.831,00
Molde para viga tipo V656/V659A medindo 140x710x5.845mm	pç	1	R\$ 11.231,00	R\$ 11.231,00
Acessório de içamento para vigas com capacidade de carga 1.000kg	pç	8	R\$ 265,00	R\$ 2.120,00
Molde duplo para sacada tipo 1/1A medindo 390x1.045x4.620mm (fundo plano)	pç	2	R\$ 16.265,00	R\$ 32.530,00
Molde duplo para sacada tipo 2 medindo 390x1.045x2.825mm com topador para 2A (fundo plano)	pç	1	R\$ 7.070,00	R\$ 7.070,00
Molde duplo para sacada tipo 3 medindo 390x1.045x6.675mm com topador para 3A (fundo plano)	pç	1	R\$ 13.757,00	R\$ 13.757,00
Balancim treliçado com 6.000mm, 4 pontos de engate para 2 correntes em cada ponto de engate com capacidade de 1.000kg por corrente. Capacidade total do balancim 8.000kg	pç	2	R\$ 7.030,00	R\$ 14.060,00
Balancim para içamento da mureta com 1.500mm, 2 pontos de corrente com capacidade de 500kg por corrente. Capacidade total 1.000kg	pç	1	R\$ 1.765,00	R\$ 1.765,00
Acessórios de içamento para mureta, com capacidade de carga total 1.000kg (conjunto composto por 2 peças)	pç	2	R\$ 645,00	R\$ 1.290,00
Total ->				R\$ 112.521,00

Quadro 8.2: Orçamento de formas metálicas (Fonte: TGM)

Com relação ao pórtico, foi necessário realizar uma reforma conforme mencionado no Capítulo 6. O orçamento apresentado para reforma, montagem e desmontagem do pórtico foi de R\$ 50.950,00 e foram considerados os seguintes itens:

- Desmontagem da talha do pórtico rolante;
- Desmontagem do pórtico rolante;
- Desmontagem de todo sistema elétrico;
- Desmontagem do barramento;
- Corte e remoção dos caminhos de rolamento;
- Preparação do ambiente de trabalho para manipulação da viga (cavaletes, equipamento para movimentação e ligação de equipamentos elétricos);
- Efetuar os cortes e ajustes necessários para as novas dimensões;
- Cortes, alterações, preparação e soldagem;
- Acabamento, análises das soldas e estrutura;
- Modificações elétricas necessárias;
- Montagem do caminho de rolamento no novo local;
- Montagem do barramento no novo local;
- Montagem do equipamento no novo local;
- Desmontagem do equipamento.

Para implantar pórtico, foi necessária a compra de acessórios para içamento, sendo considerados R\$ 32.056,00 para insertos, posicionadores e içadores e R\$ 16.552,00 para cabos, grampos e esticadores.

Para a fixação do sistema de escada pré-moldada foi necessária a utilização de tirantes de compensação, conforme mencionado no Capítulo 4, na sequência de montagem. O custo para essa fixação foi de R\$ 7.397,98, sendo necessária a compra de 140 barras de ancoragem, 560 contra porcas para barra de ancoragem e 560 arruelas de pressão. A compra desse material foi necessária visto que a ancoragem da escada é permanente, ficando embutida na alvenaria, conforme foto 8.9.



Foto 8.9: Barra de ancoragem permanente para sustentação da escada (Fonte: Autora)

Para a execução dos pré-moldados foi considerada uma equipe específica para realizar o serviço, conforme mencionado no Capítulo 6, que nesse caso trata-se de mão de obra própria por ser uma opção mais barata do que mão de obra terceirizada. Já a mão de obra que executa a estrutura é terceirizada e, visando garantir a produtividade e o prazo do ciclo da laje, definiu-se que o posicionamento dos elementos pré-moldados seria feito por essa empresa. Isso acabou gerando um impacto no custo, visto que para essa instalação, o empreiteiro cobrou metade do valor aplicado no m^3 do concreto, ou seja, além de existir o gasto para execução do pré-moldado, existiu um impacto adicional de custo de R\$ 77.561,13 para o posicionamento dos elementos no local de aplicação.

Também foi necessária a locação de um guindaste para posicionamento do pórtico na central de formas e para desmontagem do mesmo, gerando um custo adicional de R\$ 28.400,00.

Como o pórtico está localizado em uma área insegura, considerada pelo setor de segurança como um trajeto de risco, foi necessária a implantação de uma rede de proteção (SLQA) instalada na laje em execução, afim de, reforçar a segurança dos funcionários que estão trabalhando na central de formas, gerando um custo adicional de R\$ 33.000,00.

Quando comparado o quadro 8.3 com o resumo do estudo de custo analisado no Capítulo 7, pode-se verificar que houve uma economia de R\$ 26.521,59 com a substituição da estrutura convencional por elementos pré-moldados. Por não ser uma variação significativa, conclui-se que o custo parece não precisar ser considerado como um fator predominante na decisão de escolha desse processo.

Itens a serem acrescentados no orçamento				
Itens	quantid	unid.	preço unit.	total
Consultoria Pré-moldados	1	vb	R\$ 42.500,00	R\$ 42.500,00
Forma Metálica/ Acessórios metálicos Içamento	1	vb	R\$ 112.521,00	R\$ 112.521,00
Reforma/Montagem/Desmontagem - Pórtico	1	vb	R\$ 50.950,00	R\$ 50.950,00
Insertes para içamento	1	vb	R\$ 32.056,00	R\$ 32.056,00
Cabos para içamento	1	vb	R\$ 16.552,00	R\$ 16.552,00
Equipe Instalação Pré-moldado	336,52	m ³	R\$ 230,48	R\$ 77.561,13
Barras para ancoragem - fixação escada	1	vb	R\$ 7.397,98	R\$ 7.397,98
Guindaste - montagem/desmontagem pórtico	2	vb	R\$ 14.200,00	R\$ 28.400,00
SLQA – Sistema de Segurança	1	vb	R\$ 33.000,00	R\$ 33.000,00
Regularização da lateral do degrau da escada (erro de projeto)	34	peças	R\$ 300,00	R\$ 10.200,00
Total				R\$ 413.138,11

Quadro 8.3: Resumo consolidado dos itens a serem acrescentados no orçamento (Fonte: Autora)

9 CONCLUSÃO

Como a obra ainda não foi finalizada até o presente momento, não é possível fazer um fechamento total do estudo, porém de acordo com o levantamento dos valores financeiros já consolidados, pode-se projetar um possível estouro de custo com relação ao orçamento inicialmente elaborado. Baseado nisso, o custo não é mais considerado um fator impactante, o intuito da utilização de pré-moldados seria obter vantagens construtivas com a industrialização, como eliminar os acabamentos posteriores, aumentar a produtividade em função da praticidade na execução, melhorar as condições de trabalho, entre outros motivos. A questão é que talvez o mercado da construção civil ainda não esteja preparado para essa industrialização, não havendo mão de obra qualificada, nem equipamentos adequados, nem uma cultura implantada dentro das diversas áreas da empresa construtora, para aplicação desse processo. Se o foco da construtora fosse adotar esse processo para várias obras o ideal seria, por exemplo, se as sacadas e escadas da maioria dos empreendimentos fossem padronizadas permitindo reaproveitamento das formas metálicas, que nesse estudo de caso a forma foi comprada. Além disso, permitiria que a decisão de utilização pelo pré-moldado ocorresse concomitantemente à concepção do empreendimento, de modo que as decisões fossem analisadas em conjunto, visando solucionar o quanto antes todas as interfaces com as demais disciplinas de projeto, área de segurança, logística do canteiro de obra etc. Por se tratar de um produto final, não podem existir incompatibilidades entre o projeto de pré-moldado e os demais projetos que impactam diretamente nesse processo, como foram nos casos dos passantes do gradil, do dimensionamento dos ganchos das vigas com interface com a armação do pré-moldado, e na ausência de definições prévias de acabamentos como o encontro entre as muretas da escada.

Ou seja, para esse processo se tornar viável, o conceito de produto final precisa estar alinhado com todos os fatores que interfiram no processo, caso contrário, haverá prejuízo financeiro, retrabalho de serviços, perda de prazo etc., não existindo sentido para a construtora manter a aplicação do processo de execução de pré-moldados.

Sugere-se assim um estudo complementar, voltado ao entendimento das barreiras internas e mesmo externas no âmbito da cadeia produtiva, ao uso de elementos pré-moldados e à proposição de ações para superá-las.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (2006). Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado - NBR 9062. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2ª. edição, 2006. 59 p.

SABBATINI, Fernando Henrique. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. Tese (Doutorado). São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1989. 336p.

11 APÊNDICE

LEVANTAMENTO DE CONCRETO - LAJES TIPO (311-EST-EX-008-PLA-TIP-R06)						
LAJE	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	1ª CONC. VOLUME	2ª CONC. VOLUME	VOLUME TOTAL (m³)
L607	8,26	9,96	0,20	16,45	16,45	16,45
L608	4,84	8,57	0,12	4,98	4,98	4,98
L609	4,84	8,55	0,12	4,97	4,97	4,97
L610	4,84	8,53	0,12	4,95	4,95	4,95
L611	4,84	8,54	0,12	4,96	4,96	4,96
L612	4,84	8,53	0,12	4,95	4,95	4,95
L613	4,84	8,55	0,12	4,97	4,97	4,97
L614	8,26	9,96	0,20	16,45	16,45	16,45
L619	6,87	9,50	0,15	9,79	9,79	9,79
L620	6,87	9,50	0,15	9,79	9,79	9,79
L622	2,53	14,39	0,12	4,37	4,37	4,37
L622	8,33	1,23	0,12	1,23	1,23	1,23
L622	5,28	1,58	0,12	1,00	1,00	1,00
L622	1,23	1,27	0,12	0,19	0,19	0,19
L622	8,33	1,23	0,12	1,23	1,23	1,23
L622	5,28	1,58	0,12	1,00	1,00	1,00
L622	1,23	1,27	0,12	0,19	0,19	0,19
L622	15,10	1,23	0,12	2,23	2,23	2,23
L622	15,10	1,23	0,12	2,23	2,23	2,23
L624	6,87	9,50	0,15	9,79	9,79	9,79
L625	6,87	9,50	0,15	9,79	9,79	9,79
L630	8,26	9,96	0,20	16,45	16,45	16,45
L631	8,56	4,84	0,12	4,97	4,97	4,97
L632	8,52	4,84	0,12	4,95	4,95	4,95
L633	8,56	4,84	0,12	4,97	4,97	4,97
L634	8,52	4,84	0,12	4,95	4,95	4,95
L635	8,56	4,84	0,12	4,97	4,97	4,97
L636	8,52	4,84	0,12	4,95	4,95	4,95
L637	8,26	9,96	0,20	16,45	16,45	16,45
L644	3,14	0,57	0,12	0,21	0,21	0,21
L645	2,60	0,57	0,12	0,18	0,18	0,18
L646	2,60	0,57	0,12	0,18	0,18	0,18
L647	3,24	0,57	0,12	0,22	0,22	0,22
VOLUME TOTAL M³			1ª ETAPA	94,38	0,00	94,38
			2ª ETAPA	0,00	84,58	84,58
			TOTAL	94,38	84,58	178,96

Tabela 11.1: Levantamento de concreto – Lajes Tipo (Fonte: Autora)

LEVANTAMENTO DE CONCRETO - PILARES TIPO (311-EST-EX-008-PLA-TIP-R06)										
PILARES	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	PÉ DIREITO (m)	ALT. VIGA (m)	Nº DE PILARES ARMAÇÃO	1ª CONC. VOLUME	1ª CONC. PILARES SOLTEIROS	2ª CONC. VOLUME	2ª CONC. PILARES SOLTEIROS	VOLUME TOTAL (m³)
P1	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P2	0,50	1,00	3,06	0,71	1,00	1,18		0,36		1,53
P3	0,30	1,18	3,06	0,71	1,00	0,83		0,25		1,08
P4	0,30	1,00	3,06	0,71	1,00	0,71		0,21		0,92
P5	0,30	1,18	3,06	0,71	1,00	0,83		0,25		1,08
P6	0,30	1,00	3,06	0,71	1,00	0,71		0,21		0,92
P7	0,30	1,18	3,06	0,71	1,00	0,83		0,25		1,08
P8	0,50	1,00	3,06	0,71	1,00	1,18		0,36		1,53
P9	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P10	0,24	1,14	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,84
P11	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P12	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P13	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P14	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P15	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P16	0,24	1,14	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,84
P17	0,71	0,72	3,06	0,71	1,00	1,20		0,36		1,56
P18	0,88	0,60	3,06	0,71	1,00	1,24		0,37		1,62
P19	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00	0,40		0,12		0,52
P20	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00	0,40		0,12		0,52
P21	2,68	0,19	3,06	0,71	1,00	1,20		0,36		1,56
P22	2,58	0,19	3,06	0,71	1,00			0,35	1,15	1,50
P23	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00			0,12	0,40	0,52
P24	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00	0,40		0,12		0,52
P25	0,88	0,60	3,06	0,71	1,00	1,24		0,37		1,62
P26	0,71	0,72	3,06	0,71	1,00	1,20		0,36		1,56
P27	2,58	0,19	3,06	0,71	1,00			0,35	1,15	1,50
P28	0,60	0,66	3,06	0,71	1,00	0,93		0,28		1,21
P29	2,32	0,24	3,06	0,71	1,00	1,31		0,40		1,70
P30	0,30	0,90	3,06	0,71	1,00		0,63	0,19		0,83
P31	0,30	0,90	3,06	0,71	1,00			0,19	0,63	0,83
P32	2,32	0,24	3,06	0,71	1,00	1,31		0,40		1,70
P33	0,60	0,66	3,06	0,71	1,00	0,93		0,28		1,21
P34	2,68	0,19	3,06	0,71	1,00		1,20	0,36		1,56
P35	0,71	0,72	3,06	0,71	1,00	1,20		0,36		1,56
P36	0,88	0,60	3,06	0,71	1,00	1,24		0,37		1,62
P37	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00	0,40		0,12		0,52
P38	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00		0,40	0,12		0,52
P39	2,68	0,19	3,06	0,71	1,00		1,20	0,36		1,56
P40	2,58	0,19	3,06	0,71	1,00	1,15		0,35		1,50
P41	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00	0,40		0,12		0,52
P42	0,19	0,90	3,06	0,71	1,00	0,40		0,12		0,52
P43	0,88	0,60	3,06	0,71	1,00	1,24		0,37		1,62
P44	0,71	0,72	3,06	0,71	1,00	1,20		0,36		1,56
P45	0,24	1,14	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,84
P46	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P47	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P48	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P49	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P50	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P51	0,24	1,14	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,84
P52	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
P53	0,50	1,00	3,06	0,71	1,00	1,18		0,36		1,53
P54	0,30	1,18	3,06	0,71	1,00	0,83		0,25		1,08
P55	0,30	1,00	3,06	0,71	1,00	0,71		0,21		0,92
P56	0,30	1,18	3,06	0,71	1,00	0,83		0,25		1,08
P57	0,30	1,00	3,06	0,71	1,00	0,71		0,21		0,92
P58	0,30	1,18	3,06	0,71	1,00	0,83		0,25		1,08
P59	0,50	1,00	3,06	0,71	1,00	1,18		0,36		1,53
P60	0,29	0,94	3,06	0,71	1,00	0,64		0,19		0,83
VOLUME TOTAL				1ª ETAPA	36,00	21,36	3,43	9,19	3,34	64,88
				2ª ETAPA	24,00	21,70	0,00	5,86	0,00	0,00
				TOTAL	60,00	43,06	3,43	15,05	3,34	64,88

Tabela 11.2: Levantamento de concreto – Pilares Tipo (Fonte: Autora)

LEVANTAMENTO DE CONCRETO - VIGAS TIPO (311-EST-EX-008-PLA-TIP-R06)								
VIGA	TRECHO	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	1ª CONC. VOLUME	2ª CONC. VOLUME	VIGAS PRÉ-MOLD	VOLUME TOTAL (m³)
V610	P1 A P2	0,19	7,95	0,71	1,07			1,07
V610	P2 A P3	0,19	4,84	0,71	0,65			0,65
V610	P3 A P4	0,19	4,68	0,71	0,63			0,63
V610	P4 A P5	0,19	4,68	0,71	0,63			0,63
V610	P5 A P6	0,19	4,68	0,71	0,63			0,63
V610	P6 A P7	0,19	4,68	0,71		0,63		0,63
V610	P7 A P8	0,19	4,68	0,71		0,63		0,63
V610	P8 A P9	0,19	7,95	0,71		1,07		1,07
V611	P10 A P11	0,14	4,77	0,71	0,47			0,47
V611	P11 A P12	0,14	4,77	0,71	0,47			0,47
V611	P12 A P13	0,14	4,62	0,71	0,46			0,46
V611	P13 A P14	0,14	4,77	0,71	0,47			0,47
V611	P14 A P15	0,14	4,62	0,71		0,46		0,46
V611	P15 A P16	0,14	4,77	0,71		0,47		0,47
V612	P17 A P18	0,19	7,57	0,71	1,02			1,02
V612	P18 A P19	0,19	4,81	0,71	0,65			0,65
V612	P19 A P20	0,19	3,14	0,71	0,42			0,42
V612	P20 A P21	0,19	2,60	0,71	0,35			0,35
V613	P23 A P24	0,19	3,24	0,71		0,44		0,44
V613	P24 A P25	0,19	4,81	0,71		0,65		0,65
V613	P25 A P26	0,19	7,57	0,71		1,02		1,02
V614	P22 A P23	0,14	2,60	0,71			0,26	0,26
V615	P19 A P20	0,14	3,14	0,41	0,18			0,18
V615	P20 A V659A	0,14	2,60	0,41	0,15			0,15
V617	V659 A V660	0,14	2,40	0,41	0,14			0,14
V618	V663 A V664A	0,14	2,30	0,41		0,13		0,13
V619	V659 A V660	0,14	2,40	0,41	0,14			0,14
V620	V664 A P31	0,14	2,60	0,41		0,15		0,15
V620A	P27 A V667	0,14	2,60	0,71			0,26	0,26
V621	P28 A P29	0,19	6,85	0,71	0,92			0,92
V621	P29 A V653	0,19	0,33	0,71	0,04			0,04
V622	V670 A P32	0,19	0,33	0,71		0,04		0,04
V622	P32 A P33	0,19	6,85	0,71		0,92		0,92
V623	P30 A V659	0,14	2,60	0,41	0,15			0,15
V623A	V656 A V659A	0,14	2,60	0,71			0,26	0,26
V624	V663 A V664	0,14	2,30	0,41		0,13		0,13
V625	V659A A V660	0,14	2,40	0,41	0,14			0,14
V626	V663 A V664	0,14	2,30	0,41		0,13		0,13
V628	V664 A P41	0,14	2,60	0,41		0,15		0,15
V628	P41 A P42	0,14	3,24	0,41		0,19		0,19
V629	P38 A P39	0,14	2,60	0,71			0,26	0,26
V630	P35 A P36	0,19	7,57	0,71	1,02			1,02
V630	P36 A P37	0,19	4,81	0,71	0,65			0,65
V630	P37 A P38	0,19	3,14	0,71	0,42			0,42
V631	P40 A P41	0,19	2,60	0,71		0,35		0,35
V631	P41 A P42	0,19	3,24	0,71		0,44		0,44

LEVANTAMENTO DE CONCRETO - VIGAS TIPO (311-EST-EX-008-PLA-TIP-R06)								
VIGA	TRECHO	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	1ª CONC. VOLUME	2ª CONC. VOLUME	VIGAS PRÉ-MOLD	VOLUME TOTAL (m³)
V631	P42 A P43	0,19	4,81	0,71			0,65	0,65
V631	P43 A P44	0,19	7,57	0,71			1,02	1,02
V632	P45 A P46	0,14	4,77	0,71	0,47			0,47
V632	P46 A P47	0,14	4,62	0,71	0,46			0,46
V632	P47 A P48	0,14	4,77	0,71	0,47			0,47
V632	P48 A P49	0,14	4,62	0,71		0,46		0,46
V632	P49 A P50	0,14	4,77	0,71		0,47		0,47
V632	P50 A P51	0,14	4,77	0,71		0,47		0,47
V633	P52 A P53	0,19	7,95	0,71	1,07			1,07
V633	P53 A P54	0,19	4,68	0,71	0,63			0,63
V633	P54 A P55	0,19	4,68	0,71	0,63			0,63
V633	P55 A P56	0,19	4,68	0,71		0,63		0,63
V633	P56 A P57	0,19	4,68	0,71		0,63		0,63
V633	P57 A P58	0,19	4,68	0,71		0,63		0,63
V633	P58 A P59	0,19	4,84	0,71		0,65		0,65
V633	P59 A P60	0,19	7,95	0,71		1,07		1,07
V650	P52 A P35	0,19	8,68	0,71	1,17			1,17
V650	P35 A P28	0,19	6,68	0,71	0,90			0,90
V650	P28 A P17	0,19	6,68	0,71	0,90			0,90
V650	P17 A P1	0,19	8,68	0,71	1,17			1,17
V651	P53 A P45	0,19	6,78	0,71	0,91			0,91
V652	P10 A P2	0,19	6,78	0,71	0,91			0,91
V653	V630 A V612	0,14	14,01	0,71	1,39			1,39
V654	P54 A P46	0,14	6,98	0,71	0,69			0,69
V655	P11 A P3	0,14	6,98	0,71	0,69			0,69
V656	P38 A P30	0,14	5,85	0,71			0,58	0,58
V657	P55 A P47	0,14	6,98	0,71	0,69			0,69
V658	P12 A P4	0,14	6,98	0,71	0,69			0,69
V659	P34 A P21	0,14	8,08	0,71	0,80			0,80
V659A	P39 A P34	0,14	5,39	0,71			0,54	0,54
V660	P39 A P34	0,14	5,39	0,61	0,46			0,46
V660	P34 A P21	0,14	8,08	0,61	0,69			0,69
V661	P56 A P48	0,14	6,98	0,71		0,69		0,69
V662	P13 A P5	0,14	6,98	0,71	0,69			0,69
V663	P40 A P27	0,14	8,08	0,61	0,69			0,69
V663	P27 A P22	0,14	5,39	0,61		0,46		0,46
V664	P40 A P27	0,14	8,08	0,71		0,80		0,80
V664A	P27 A P22	0,14	5,39	0,71			0,54	0,54
V665	P57 A P49	0,14	6,98	0,71		0,69		0,69
V666	P14 A P6	0,14	6,98	0,71	0,69			0,69
V667	P31 A P23	0,14	5,85	0,71			0,58	0,58
V668	P58 A P50	0,14	6,98	0,71		0,69		0,69
V669	P15 A P7	0,14	6,98	0,71		0,69		0,69
V670	V631 A V613	0,14	14,01	0,71		1,39		1,39
V671	P59 A P51	0,19	6,78	0,71		0,91		0,91
V672	P16 A P8	0,19	6,78	0,71		0,91		0,91
V673	P60 A P44	0,19	8,68	0,71		1,17		1,17
V673	P44 A P33	0,19	6,68	0,71		0,90		0,90
V673	P33 A P26	0,19	6,68	0,71		0,90		0,90
V673	P26 A P9	0,19	8,68	0,71		1,17		1,17
VOLUME TOTAL				1ª ETAPA	29,81	26,11	3,27	59,18
				2ª ETAPA	0,00	8,01	0,00	0,00
				TOTAL	29,81	24,44	3,27	59,18

Tabela 11.3: Levantamento de concreto – Vigas Tipo (Fonte: Autora)



CÁLCULO DOS CICLOS DE SUBIDA DAS PRÉ VIGAS

Obra .:

- ORENSE - TRECHO B

Pavimento .:

17 °

Estrutura .:

COM PRÉ-VIGAS

17º PAVTº

Fabricante.:

POTAIN

Modelo .:

MC115

Lança .:

40 m

Capacidade na Ponta .:

2,9 T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** ° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura = **63,93** m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

Tciclo=Ti+2Tteta+2Tr+2Th+Tc

Ti= **300** seg

TEMPO DE ACOPLAMENTO DAS VIGAS

5 MINUTOS

Tteta= **11** seg

TEMPO DE ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg

TEMPO DE PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg

TEMPO DE ELEVAÇÃO

Tc= **360** seg

TEMPO COLOC. P.V. - CONSIDERADO

6 MINUTOS

Tciclo= **878** seg

ou **14,631** min

ou **14,0** min

ou **38** seg

nº de pré vigas= **4**

CONSIDERADAS AS PRÉ-VIGAS DA CAIXA DA ESCADA 2

1º período do Ciclo:

Tempo para colocação de pré vigas =

0,98 h

0,98 h

ou **0** h

59 min

Quadro 11.1: Cálculo do ciclo de subida das pré-vigas (Trecho B) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE CONCRETAGEM DE PILAR

Obra .:

- ORENSE - TRECHO B

Pavimento .:

17 °

Estrutura .:

COM PRÊ-VIGAS

17º PAVTº

Fabricante.:

POTAIN

Modelo .:

MC115

Lança .:

40 m

Capacidade na Ponta .:

2,9 T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** ° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura = **63,93** m (Altura do ponto de utilização)- Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

Tciclo=Ti+2Tteta+2Tr+2Th+Tc

Ti= **120** seg TROCA DE CAÇAMBA - CONS.

2 MINUTOS

Tteta= **11** seg ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg ELEVAÇÃO

Tc= **360** seg DESCARGA. DO CONCRETO-CONSID.

6 MINUTOS

Tciclo= **698** seg

ou **11,631** min

ou **11,0** min

ou **38** seg

Qc= **1,00** m³ (Capacidade da Caçamba)

Qp= **21,70** m³ (Volume de concreto de Pilar)

NºViagens= **21,70037** viagens

Tempo de Concretagem de Pilar =

4,21 h
ou **4** h
12 min

1º período do Ciclo:

2,10 h

2º período do Ciclo:

2,10 h

(Adotando-se que sempre o caminhão de concreto está pronto p/ abastecer a caçamba)

Quadro 11.2: Cálculo do ciclo de concretagem de pilar (Trecho B) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE CONCRETAGEM DE PIL. SOLTEIROS

Obra .:

- ORENSE - TRECHO B

Pavimento .:

17 °

Estrutura .:

COMPÊ-VIGAS

17º PAVTº

Fabricante.:

POTAIN

Modelo .:

MC115

Lança .:

40 m

Capacidade na Ponta .:

2,9 T

Vteta= **0,8** rpm

(Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min

(Velocidade do Carrinho)

Vh= **54** m/min

(Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** °

(Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m

(Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura= **63,93** m

(Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

Tciclo=Ti+2Tteta+2Tr+2Th+Tc

Ti= **120** seg

TROCA DE CAÇAMBA - CONS.

2 MINUTOS

Tteta= **11** seg

ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg

PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg

ELEVAÇÃO

Tc= **360** seg

DESCARGA. DO CONCRETO-CONSID.

6 MINUTOS

Tciclo= **698** seg

ou **11,631** min

ou **11,0** min

ou **38** seg

Qc= **1,00** m³

(Capacidade da Caçamba)

Qp= **3,34** m³

(Volume de concreto de Pilar)

NºViagens= **3,34029** viagens

1º período do Ciclo:

Tempo de Concretagem de Pilar =

0,65 h
ou **0** h
39 min

0,65 h

(Adotando-se que sempre o caminhão de concreto está pronto p/ abastecer a caçamba)

Quadro 11.3: Cálculo do ciclo de concretagem de pilar solteiro (Trecho B) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE SUBIDA DE ARMAÇÃO DE PILAR

Obra.: **- ORENSE - TRECHO B**

Pavimento.: **17°** Estrutura.: **COM PRÉ-VIGAS**

17° PAVT°

Fabricante.: **POTAIN**

Modelo.: **MC115**

Lança.: **40** m

Capacidade na Ponta.: **2,9** T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** ° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura= **63,93** m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

Ti= **180** seg ENGATE P/ SUBIDA - CONSIDERADO **3** MINUTOS

Tteta= **11** seg ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg ELEVAÇÃO

Tc= **300** seg COLOC. DA ARMAÇÃO-CONSIDERADO **5** MINUTOS

Tciclo= **698** seg

ou **11,631** min

ou **11,0** min

38 seg

n° de pilares= **32**

Tempo para colocação de armação de pilar = **6,20** h
ou **6** h
12 min

1° período do Ciclo:

3,10 h

2° período do Ciclo:

1,86 h

3° período do Ciclo:

1,24 h

Quadro 11.4: Cálculo do ciclo de subida de armação de pilar (Trecho B) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE COLOCAÇÃO DAS ESCADAS e MURETAS DE PROTEÇÃO

Obra.: **- ORENSE - TRECHO B**

Pavimento.: **17 °** Estrutura.: **COM PRÊ-VIGAS**

17º PAVTº

Fabricante.: **POTAIN**
Modelo.: **MC115**
Lança.: **40** m
Capacidade na Ponta.: **2,9** T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)
Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)
Vh= **54** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** ° (Rotação até ponto médio de utilização)
Dist. med.= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)
Altura = **63,93** m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento
Nível da Estrutura + 1,00m

Ti=	240 seg	ENGATE P/ SUBIDA - CONSIDERADO	4 MINUTOS
Tteta=	11 seg	ROTAÇÃO DA LANÇA	
Tr=	27 seg	PERCURSO DO CARRINHO	
Th=	71 seg	ELEVAÇÃO	
Tc=	420 seg	COLOC. DA PEÇA -CONSIDERADO	7 MINUTOS

Tciclo= **878** seg
ou **14,631** min
ou **14,0** min
38 seg

nº de peças= **6**

**COLOCAÇÃO DE UMA ESCADA
COMPLETA NA MONTAGEM DE CADA TRECHO**

Tempo p/ coloc. de 1 ESCADA COMPLETA= **1,46** h
ou **1** h
28 min

Quadro 11.5: Cálculo do ciclo de colocação das escadas e muretas de proteção (Trecho B) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE COLOCAÇÃO DAS SACADAS

Obra .:

- ORENSE - TRECHO B

Pavimento .:

17 °

Estrutura .:

COM PRÉ-VIGAS

17º PAVTº

Fabricante .:

POTAIN

Modelo .:

MC115

Lança .:

40 m

Capacidade na Ponta .:

2,9 T

Vteta = 0,8 rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr = 30 m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh = 54 m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação = 90 ° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med. = 20,00 m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura = 63,93 m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

Ti = 480 seg

ENGATE P/ SUBIDA - CONSIDERADO

8 MINUTOS

Tteta = 11 seg

ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr = 27 seg

PERCURSO DO CARRINHO

Th = 71 seg

ELEVAÇÃO

Tc = 900 seg

COLOC. DA PEÇA - CONSIDERADO

15 MINUTOS

Tciclo = 1598 seg

ou 26,631 min

ou 26,0 min

ou 38 seg

nº de peças = 6

COLOCAÇÃO DAS SACADAS

CORRESPONDENTES A EXECUÇÃO DE TRECHO B

Tempo para colocação de 6 sacadas =

2,66 h

ou 2 h

40 min

1º período do Ciclo:

1,33 h

2º período do Ciclo:

1,33 h

Quadro 11.6: Cálculo do ciclo de colocação das sacadas (Trecho B) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE COLOCAÇÃO DAS PRÉ VIGAS

Obra .:

- ORENSE - TRECHO A

Andar

17°

Estrutura .:

COM PRÉ-VIGAS

Pavimento .:

17° PAVT°

Fabricante .:

POTAIN

Vteta=

Modelo .:

MC115

Vr=

Lança .:

40 m

Capacidade na Ponta .:

2,9 T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54,0** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90**°

(Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med= **20,00** m

(Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura = **63,93** m

(Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

Tciclo=Ti+2Tteta+2Tr+2Th+Tc

Ti= **300** seg

TEMPO DE ACOPLAMENTO DAS VIGAS

5 MINUTOS

Tteta= **11** seg

TEMPO DE ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg

TEMPO DE PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg

TEMPO DE ELEVAÇÃO

Tc= **360** seg

TEMPO COLOC. P. V. - CONSIDERADO

6 MINUTOS

Tciclo= **878** seg

ou **14,631** min

ou **14,0** min

ou **38** seg

n° de pré vigas= **4**

CONSIDERADAS AS PRÉ-VIGAS DA CAIXA DA ESCADA 1

1° período do Ciclo:

Tempo para colocação de pré vigas =

0,98 h

0,98 h

ou

0 h

59 min

Quadro 11.7: Cálculo do ciclo de subida das pré-vigas (Trecho A) - (Fonte: Estrucamp)



Estrucamp
ASSESSORIA E GERENCIAMENTO

CÁLCULO DOS CICLOS DE CONCRETAGEM DE PILAR

Obra .:

- ORENSE - TRECHO A

Andar

17 °

Estrutura .:

COM PRÊ-VIGAS

Pavimento .:

17° PAVT°

Fabricante.:

POTAIN

Modelo .:

MC115

Lança .:

40 m

Capacidade na Ponta .:

2,9 T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54,0** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** ° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura = **63,93** m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

$$T_{\text{ciclo}} = T_i + 2T_{\text{teta}} + 2T_r + 2T_h + T_c$$

Ti= **120** seg TROCA DE CAÇAMBA - CONS.

2 MINUTOS

Tteta= **11** seg ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg ELEVAÇÃO

Tc= **360** seg DESCARGA. DO CONCRETO-CONSID.

6 MINUTOS

Tciclo= **698** seg

ou **11,631** min

ou **11,0** min

ou **38** seg

Qc= **1,00** m³ (Capacidade da Caçamba)

Qp= **21,36** m³ (Volume de concreto de Pilar)

NºViagens= **21,35774** viagens

Tempo de Concretagem de Pilar =

4,14 h
ou **4** h
8 min

1º período do Ciclo:

2,07 h

2º período do Ciclo:

2,07 h

(Adotando-se que sempre o caminhão de concreto está pronto p/ abastecer a caçamba)

Quadro 11.8: Cálculo do ciclo de concretagem de pilar (Trecho A) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE CONCRETAGEM DE PIL.SOLTEIROS

Obra .:

- ORENSE - TRECHO A

Andar

17 °

Estrutura .:

COMPRÊ-VIGAS

Pavimento .:

17° PAVT°

Fabricante.:

POTAIN

Modelo .:

MC115

Lança .:

40 m

Capacidade na Ponta .:

2,9 TVteta= **0,8** rpm

(Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min

(Velocidade do Carrinho)

Vh= **54,0** m/min

(Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** °

(Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m

(Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura = **63,93** m

(Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

$$T_{ciclo} = T_i + 2T_{teta} + 2T_r + 2T_h + T_c$$

Ti= **120** seg

TROCA DE CAÇAMBA - CONS.

2 MINUTOSTteta= **11** seg

ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg

PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg

ELEVACÃO

Tc= **360** seg

DESCARGA. DO CONCRETO-CONSID.

6 MINUTOSTciclo= **698** segou **11,631** minou **11,0** minou **38** segQc= **1,00** m3

(Capacidade da Caçamba)

Qp= **3,43** m3

(Volume de concreto de Pilar)

N°Viagens= **3,42959** viagens

Tempo de Concretagem de Pilar =

0,66 h

ou

0 h**40** min**1° período do Ciclo:****0,66 h**

(Adotando-se que sempre o caminhão de concreto está pronto p/ abastecer a caçamba)

Quadro 11.9: Cálculo do ciclo de concretagem de pilar solteiro (Trecho A) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE SUBIDA DE ARMAÇÃO DE PILAR

Obra.:

- ORENSE - TRECHO A

Andar

17 °

Estrutura.:

COM PRÊ-VIGAS

Pavimento.: **17º PAVT**

Fabricante.: **POTAIN**

Modelo.: **MC115**

Lança.: **40** m

Capacidade na Ponta.: **2,9** T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54,0** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** ° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura = **63,93** m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento
Nível da Estrutura + 1,00m

Ti= **180** seg ENGATE P/ SUBIDA - CONSIDERADO

3 MINUTOS

Tteta= **11** seg ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg ELEVAÇÃO

Tc= **300** seg COLOC. DA ARMAÇÃO-CONSIDERADO

5 MINUTOS

Tciclo= **698** seg

ou **11,631** min

ou **11,0** min

ou **38** seg

nº de pilares= **28**

Tempo para colocação de armação de pilar = **5,43** h

ou **5** h
26 min

1º período do Ciclo:

2,71 h

2º período do Ciclo:

1,63 h

3º período do Ciclo:

1,09 h

Quadro 11.10: Cálculo do ciclo de subida de armação de pilar (Trecho A) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE COLOCAÇÃO DAS ESCADAS e MURETAS DE PROTEÇÃO

Obra.: **- ORENSE - TRECHO A**

Andar: **17°** Estrutura.: **COM PRÉ-VIGAS**

Pavimento.: **17° PAVT°**

Fabricante.: **POTAIN**

Modelo.: **MC115**

Lança.: **40 m**

Capacidade na Ponta.: **2,9 T**

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54,0** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90**° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med.= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura= **63,93** m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento

Nível da Estrutura + 1,00m

Ti= **240** seg

ENGATE P/ SUBIDA - CONSIDERADO

4 MINUTOS

Tteta= **11** seg

ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg

PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg

ELEVAÇÃO

Tc= **420** seg

COLOC. DA PEÇA -CONSIDERADO

7 MINUTOS

Teiclo= **878** seg

ou **14,631** min

ou **14,0** min

ou **38** seg

n° de peças= **6**

COLOCAÇÃO DE UMA ESCADA

COMPLETA NA MONTAGEM DE CADA TRECHO

Tempo p/ coloc. de 1 ESCADA COMPLETA=

1,46 h
ou **1** h
28 min

Quadro 11.11: Cálculo do ciclo de colocação das escadas e muretas de proteção (Trecho A) - (Fonte: Estrucamp)



CÁLCULO DOS CICLOS DE COLOCAÇÃO DAS SACADAS

Obra ..

- ORENSE - TRECHO A

Andar

17 °

Estrutura ..

COM PRÉ-VIGAS

Pavimento ..

17° PAVT°

Fabricante ..

POTAIN

Modelo ..

MC115

Lança ..

40 m

Capacidade na Ponta ..

2,9 T

Vteta= **0,8** rpm (Velocidade de Rotação da Lança)

Vr= **30** m/min (Velocidade do Carrinho)

Vh= **54,0** m/min (Velocidade de Elevação)

Rotação= **90** ° (Rotação até ponto médio de utilização)

Dist. med= **20,00** m (Distância média percorrida pelo carrinho até o ponto de utilização)

Altura= **63,93** m (Altura do ponto de utilização)-Variável por pavimento
Nível da Estrutura + 1,00m

Ti= **480** seg ENGATE P/ SUBIDA - CONSIDERADO

8 MINUTOS

Tteta= **11** seg ROTAÇÃO DA LANÇA

Tr= **27** seg PERCURSO DO CARRINHO

Th= **71** seg ELEVAÇÃO

Tc= **900** seg COLOC. DA PEÇA - CONSIDERADO

15 MINUTOS

Tciclo= **1598** seg

ou **26,631** min

ou **26,0** min

ou **38** seg

n° de peças= **6**

COLOCAÇÃO DAS SACADAS

CORRESPONDENTES A EXECUÇÃO DE TRECHO A

Tempo para colocação de 6 sacadas =

2,66 h
ou **2** h
40 min

1° período do Ciclo:

1,33 h

2° período do Ciclo:

1,33 h

Quadro 11.12: Cálculo do ciclo de colocação das sacadas (Trecho A) - (Fonte: Estrucamp)

