

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**ESCOLA POLITÉCNICA**

**MARCELO HIROSHI KANO**

**REDUÇÃO DO CICLO DE CONCRETAGEM COM FORMAS DE ALUMÍNIO EM  
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

**São Paulo**

**2010**



**MARCELO HIROSHI KANO**

**REDUÇÃO DO CICLO DE CONCRETAGEM COM FORMAS DE ALUMÍNIO EM  
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

**Trabalho de formatura  
apresentado à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo  
para a obtenção do diploma de  
Engenheiro de Produção**

**Área de Concentração:**

**Engenharia de Produção**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Roberto Marx**

**São Paulo**

**2010**

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE  
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA  
FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

### **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Kano, Marcelo Hiroshi**

**Redução do ciclo de concretagem com formas de alumínio  
em edifícios residenciais / M. H. Kano. – São Paulo, 2010.**

**p.**

**Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Método para melhoria da produtividade 2. Manufatura  
enxuta 3. Formas para concreto armado I. Universidade de São  
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de  
Produção II. t.**

## **DEDICATÓRIA**

A todos que permitiram e incentivaram a busca e a satisfação da sede por conhecimento e desafios.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Roberto Marx que possibilitou, por meio de sua orientação, a elaboração deste trabalho, direcionando e criticando todos os pontos que deveriam ser abordados, assim como tratá-los de forma bastante clara e objetiva, discutindo também todos os assuntos relevantes no decorrer do estudo.

Ao engenheiro Antônio Sérgio Itri Conte, que abriu as portas de sua empresa, Logical Systems Ltda., além de ter compartilhado conhecimentos e lições fundamentais para a realização do trabalho, juntamente com o engenheiro Carlos Jahara que proporcionou condições e estruturas necessárias para o pleno aprendizado sobre o assunto.

A minha família que apoiou e incentivou fortemente toda a batalha, não só na elaboração deste trabalho, mas em toda a minha vida, destacando meu pai, um ídolo e mentor durante toda essa jornada, minha mãe uma grande protetora e exemplo de amor e perseverança e minha irmã um símbolo de persistência, dedicação e compaixão, nos quais me espelhei e sempre me espelharei.

Aos meus amigos dentro e fora da Poli, que proporcionaram momentos inesquecíveis de alegrias e incentivaram-me a continuar perseverando, mesmo diante das dificuldades, fazendo parecer em muitos momentos que o estresse e as tensões não existiam.

E por fim, a minha namorada Alê, que foi mais do que uma companheira. Foi meu apoio de sustentação durante toda a jornada da vida, não me deixando desistir nos momentos difíceis, me alegrando nos momentos tristes e me trazendo para a realidade nos momentos de delírio.



## **EPÍGRAFE**

“O inimigo do bom é o melhor.”

(Autor desconhecido)



## RESUMO

KANO, M. H. **Redução do ciclo de concretagem em edifícios residenciais com formas de alumínio**. 2010. 100 f. Trabalho de Formatura (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

A construção civil passa por grandes avanços tecnológicos, um desses avanços é a elevação de edifícios por meio de formas metálicas, que possuem alta durabilidade e demandam pouco acabamento após o término da elevação. O presente trabalho analisa o processo da elevação que está compreendido entre duas concretagens, a que dá forma ao piso do pavimento e a que completa o teto deste. No Brasil, a metodologia desse tipo de construção não tem grandes estudos e avanços, por isso este trabalho tem como objetivo estudar as restrições desse processo e com isso propor um modelo que reduza seu ciclo, conciliando mão de obra, tempo e consequentemente custos. No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas metodologias normalmente empregadas no planejamento da construção civil, mas aplicadas a processos internos, juntamente com teorias do ramo industrial. A aplicação dessa metodologia se deu em um estudo de caso de umas das maiores empresas de construção civil, servindo como modelo para outras obras com o mesmo princípio produtivo. As características do caso também foram levadas em consideração, requisitando dessa forma soluções secundárias para que o modelo pudesse ser aplicado.

Palavras-chave: Concretagem com formas, *lead time*, *lean construction*.



## ABSTRACT

KANO, M. H. **Lead Time Reduction of Concreting on Residential Buildings with Aluminum Molds**. 2010. 100 f. Final Project (Graduation) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

The civil construction is experimenting huge technologies advances, one of these advances is the elevation of building with metal molds, that allow a high quality and require low maintenance expenses. This paper explore the elevation process that start and finish with the process called “*concretagem*”, one of them forms the floor and the other complete the roof. In Brazil, the study of the methodology used on this particular form of elevation has no larges development, so this work has the objective to investigate the constrains and propose a model that reduces the cycle of the process. In this study were used methodologies commonly used in construction in a global way, but applied on a specific process, and known theories of the industrial sector, to generate a model that allow the achievement of the objective. The application of this model was in a case of one of the largest companies in the civil construction. This case is used as an experiment for other buildings with the same production principle. The implantation of the model was completed with solutions based on the characteristics of the case studied.

Keywords: Concreting with molds, *lead time*, *lean construction*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1: PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DA OBRA-OBJETO DE ESTUDO .....	33
FIGURA 3.1: DIAGRAMA DOS PROCESSOS QUE CONSTITUEM A ELEVAÇÃO.....	50
FIGURA 3.2: DIAGRAMA DOS PROCESSOS DIRETAMENTE RELACIONADOS COM A FORMA .....	52
FIGURA 3.3: MIÚDOS ESPALHADOS PELA LAJE .....	62
FIGURA 3.4: FUNCIONÁRIOS AGUARDANDO CHEGADA DO CONCRETO.....	63
FIGURA 3.5: DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA MONTADA NA PLACA .....	65
FIGURA 3.6: DIAGRAMA DA ARMAÇÃO .....	66
FIGURA 3.7: DIAGRAMA DA ARMAÇÃO E DAS INSTALAÇÕES DE LAJE.....	67
FIGURA 3.8: DIAGRAMA DA MONTAGEM DOS ANDAIMES .....	67
FIGURA 3.9: DIAGRAMA DA MONTAGEM DAS FORMAS.....	68
FIGURA 5.1: DISPOSIÇÃO DO LADO MAIOR E MENOR E DAS ÁREAS COMUNS.....	79
FIGURA 5.2: DIAGRAMA DA CONCRETAGEM DO LADO MAIOR (ESQUERDA) E LADO MENOR (DIREITA) .....	79
FIGURA 5.3: DIAGRAMA DAS CONCRETAGENS PROPOSTA DO LADO MAIOR (ESQUERDA) E LADO MENOR (DIREITA) .....	80
FIGURA 5.4: MOVIMENTAÇÃO ANTES DA SOLUÇÃO .....	82
FIGURA 5.5 MOVIMENTAÇÃO APÓS A IMPLANTAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	82

FIGURA 5.6: DIAGRAMA DOS PROCESSOS ENVOLVIDOS NA CONCRETAGEM .....	85
FIGURA 5.7: DIAGRAMA DA ELEVAÇÃO .....	87
FIGURA 5.8: DIVISÃO DA LAJE EM PARTES IGUAIS .....	87
FIGURA 5.9: GRÁFICO DA PRODUÇÃO.....	88
FIGURA 5.10: ORGANOGRAMA PROPOSTO .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1: PIB ANUAL A PARTIR DE 2000 (EM MILHÕES DE REAIS) .....	24
GRÁFICO 1.2: PIB X PIB INDÚSTRIA ANUAL A PARTIR DE 2000 .....	25
GRÁFICO 1.3: DIVISÃO DO PIB INDÚSTRIA NO ÚLTIMO TRIMESTRE DE 2009.....	26
GRÁFICO 1.4: PONTOS DO IBOVESPA X PONTOS DO IMOB .....	28
GRÁFICO 2.1: LINHA DE BALANÇO DE UM ÚNICO PROCESSO .....	38
GRÁFICO 2.2: LINHAS DE BALANÇO DE SEIS PROCESSOS DESBALANCEADOS .....	39
GRÁFICO 2.3: LINHAS DE BALANÇO DE UM PROCESSO NÃO BALANCEADO .....	40
GRÁFICO 2.4: BALANCEAMENTO NÃO PARALELO .....	41
GRÁFICO 2.5: BALANCEAMENTO PARALELO .....	41
GRÁFICO 6.1: LINHA DE BALANÇO DA SOLUÇÃO.....	94
GRÁFICO 6.2: LINHA DE BALANÇO ANTES E DEPOIS DA SOLUÇÃO .....	95

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1: TABELA RESUMO DE PECULIARIDADES E SUAS IMPLICAÇÕES DENTRO DO CAMPO DE OBRA (KOSKELA, 1992). .....	48
TABELA 3.1: FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA CONCRETAGEM .....	53
TABELA 3.2: LEGENDA DOS PROCESSOS .....	54
TABELA 3.3: FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA MONTAGEM DAS FORMAS INTERNAS DE PAREDE.....	55
TABELA 3.4: LEGENDA DOS PROCESSOS .....	55
TABELA 3.5: FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA MONTAGEM DE FORMAS DE LAJE... 56	
TABELA 3.6: LEGENDA DOS PROCESSOS .....	56
TABELA 3.7: FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA MONTAGEM DE FORMAS EXTERNAS DE PAREDE.....	57
TABELA 3.8: LEGENDA DOS PROCESSOS .....	58
TABELA 3.9: TABELA RESUMO DOS PROBLEMAS.....	69
TABELA 4.1: FOLHA PARA MAPEAMENTO DO PROCESSO.....	75
TABELA 6.1: TEMPO DE CICLO NO PERÍODO DE IMPLANTAÇÃO .....	93
TABELA 6.2: TEMPO DE CICLO AJUSTADO.....	94
TABELA 6.3: LOB DA SOLUÇÃO E LOB ANTES DA SOLUÇÃO COM APROXIMAÇÕES EXPONENCIAIS 96	
TABELA 6.4: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO PROPOSTO E O MÉTODO ANTIGO ESTABILIZADO.....	97

TABELA 6.5: MOTIVOS PONTUAIS DE PARADA NA OBRA.....97

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1	DESCRIÇÃO DO SETOR.....	23
1.2	IMPORTÂNCIA DO TRABALHO .....	28
1.3	O ESTÁGIO.....	29
1.4	A EMPRESA.....	31
1.4.1	<i>O empreendimento.....</i>	<i>31</i>
1.5	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	33
1.6	OBJETIVO.....	35
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>37</b>
2.1	LINHA DE BALANÇO (LOB).....	37
2.1.1	<i>Planejamento e controle da produção.....</i>	<i>37</i>
2.1.2	<i>Balanceamento da produção.....</i>	<i>39</i>
2.2	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	42
2.2.1	<i>Os 5 porquês.....</i>	<i>43</i>
2.2.2	<i>Análise total do desperdício .....</i>	<i>43</i>
2.3	CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	45
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DO PROBLEMA .....</b>	<b>49</b>
3.1	MAPEAMENTO DOS PROCESSOS .....	52

3.1.1	<i>Concretagem</i> .....	53
3.1.2	<i>Montagem das Formas Internas de Parede</i> .....	54
3.1.3	<i>Montagem das Formas de Laje</i> .....	55
3.1.4	<i>Montagem das Formas Externas de Parede</i> .....	56
3.2	OPORTUNIDADES DE MELHORIA .....	58
3.2.1	<i>Melhor Aproveitamento das Formas</i> .....	58
3.2.2	<i>Gargalos</i> .....	59
3.2.3	<i>Suprimentos</i> .....	60
3.2.4	<i>Peças invertidas</i> .....	64
3.2.5	<i>Cantoneiras superiores</i> .....	64
3.2.6	<i>Distribuição elétrica</i> .....	65
3.2.7	<i>Organização do Trabalho</i> .....	66
3.3	QUADRO RESUMO .....	68
<b>4</b>	<b>PROPOSTAS</b> .....	<b>70</b>
4.1	APRESENTAÇÃO DO MODELO .....	70
4.2	DESENVOLVIMENTO DO MODELO .....	70
4.2.1	<i>Objetivo</i> .....	71
4.2.2	<i>Processos</i> .....	71
4.2.3	<i>Sugestões</i> .....	72

4.2.4	<i>Solução</i>	73
4.3	O MODELO	73
4.3.1	<i>Identificação do Ciclo</i>	73
4.3.2	<i>Mapeamento do Processo</i>	74
4.3.3	<i>Observação do Processo</i>	75
4.3.4	<i>Identificação dos Desperdícios do Processo</i>	76
4.3.5	<i>Dimensionamento das Equipes</i>	76
4.3.6	<i>Eliminação das Interferências externas</i>	77
4.3.7	<i>Definição do Fluxo do Processo</i>	77
<b>5</b>	<b>IMPLANTAÇÃO</b>	<b>78</b>
5.1	PROPOSTAS	78
5.1.1	<i>Áreas Comuns</i>	78
5.1.2	<i>Concentrar Pinos, Cunhas, Presilhas e Gravatas</i>	80
5.1.3	<i>Concentrar Ferramentas</i>	83
5.1.4	<i>Organização de Trabalho</i>	84
5.2	AJUSTES FINOS	89
5.2.1	<i>Supervisão</i>	90
5.2.2	<i>Equipe para Áreas Comuns</i>	91
5.2.3	<i>Divisão da equipe de andaimes</i>	92

<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>93</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>99</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>102</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>106</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

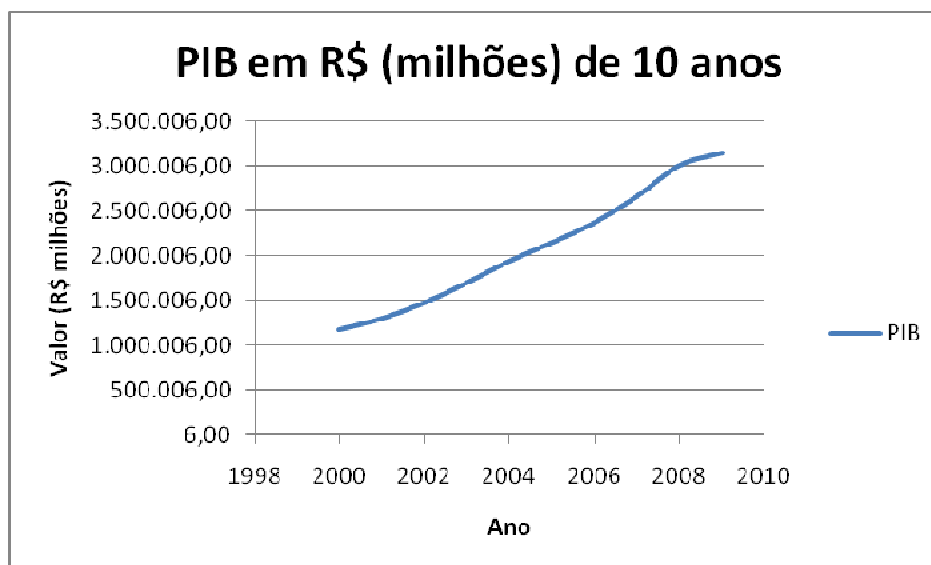
O *Lead Time* pode ser resumidamente definido como o tempo de duração de um processo, desde seu início até seu término. A análise e estudo desse tempo, normalmente direcionado para a redução, são vastamente aplicados na produção industrial. O presente trabalho se insere nessa problemática, mas a aplicação e o foco do trabalho estão no setor de construção civil.

Para se entender um pouco mais das características do setor e como o trabalho é nele inserido, segue uma breve explicação do desenvolvimento e da situação da construção civil no Brasil hoje, em que se percebe um enorme desenvolvimento desse segmento nos últimos anos, acompanhado por grandes inovações, das quais uma é compreendida por este trabalho e ilustrada em um estudo de caso de um empreendimento de uma das maiores construtoras e incorporadoras do Brasil, visando a uma redução de ciclo de um dos processos do projeto estudado.

### **1.1 DESCRIÇÃO DO SETOR**

O setor da construção civil tem grande importância tanto economicamente como socialmente. Na economia, percebemos uma grande contribuição para o Brasil em termos de geração de produto, já no âmbito social o setor absorve uma grande quantidade de mão de obra tanto direta como indiretamente.

Nos últimos 10 anos foi observado um crescimento bastante significativo na economia brasileira, que pode ser medido pelo Produto Interno Bruto (PIB). O PIB com base nos valores do ano de 2000 teve um crescimento de aproximadamente 166,47%, com um valor final em 2009 de aproximadamente R\$ 3,14 bilhões como mostra o gráfico a seguir:

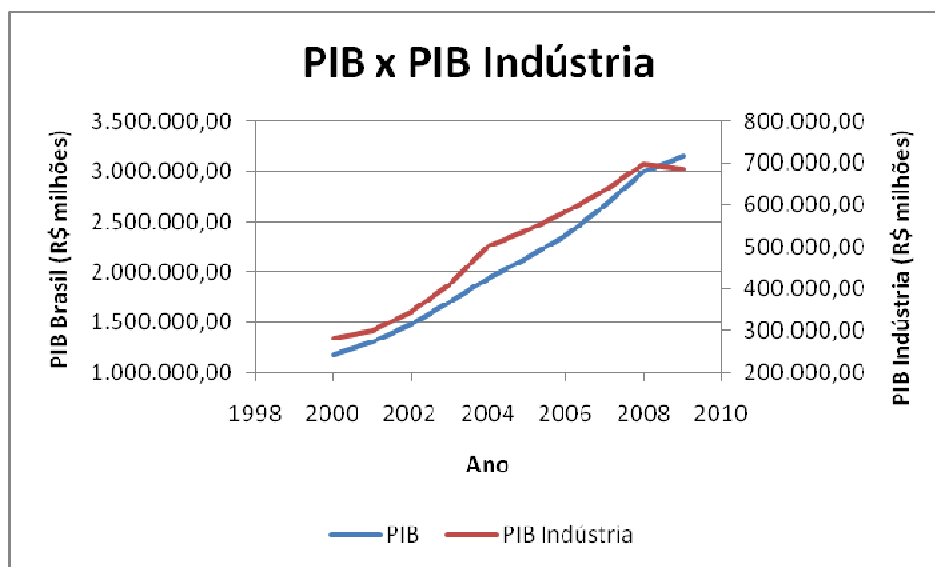


**Gráfico 1.1: PIB anual a partir de 2000 (em milhões de reais)**

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema de Contas Nacionais Referência 2000 (IBGE/SCN 2000 Anual)

O IBGE divide o PIB brasileiro em basicamente quatro grandes setores: indústria, agropecuária, serviços e impostos sobre produtos, cada qual composto por diversas áreas. O IBGE também agrupa os três primeiros setores (indústria, agropecuária e serviços) com o nome de Valor Adicionado, podendo ser entendido como o PIB total, descontados os impostos sobre produtos.

Nesse agrupamento pode-se notar que o setor industrial tem bastante significância, representando aproximadamente 25% em 2009. Além disso, percebe-se que esse setor acompanhou os movimentos da economia brasileira, como mostra o gráfico a seguir:



**Gráfico 1.2: PIB x PIB Indústria anual a partir de 2000**

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema de Contas Nacionais Referência 2000 (IBGE/SCN 2000 Anual)

Por meio dos dados do PIB Indústria e do PIB Nacional, foi possível o cálculo da correlação que tem o valor aproximado de 0,98. Segundo Costa (1977), esse indicador pode quantificar a influência entre os fatores, e quanto mais próximo de 1 (um), maior é a dependência entre as variáveis, mostrando um forte grau de relação entre estas, evidenciando que o PIB Indústria pode ser considerado um bom direcionador da economia brasileira.

A construção é classificada como um subgrupo industrial, que de acordo com o Ipeadata é dividido em: construção; eletricidade, gás e água; extrativa mineral e transformação, que representam aproximadamente, 20%, 14%, 5% e 61% respectivamente, colocando a construção civil em segundo lugar em importância dentro do PIB industrial, conforme mostra o gráfico a seguir:



**Gráfico 1.3: Divisão do PIB Indústria no último trimestre de 2009**

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema de Contas Nacionais Referência 2000 (IBGE/SCN 2000 Anual)

Verifica-se também uma grande importância desse setor na esfera social. A maior parte dos empregos criados pela construção civil não necessita de qualquer tipo de estudo ou especialização, gerando mais oportunidades para aqueles que não possuem condições de se preparar para o mercado de trabalho, o que em última instância, contribui para o desenvolvimento do país.

Esse desenvolvimento é percebido porque um aumento de profissionais assalariados incentiva o consumo, fazendo com que a produção seja expandida para atender esse consumo, que conseqüentemente gera mais empregos, incentivando novamente o consumo e assim consecutivamente, resultando no crescimento do país, com mais empregos e mais produção.

Como os empregos oferecidos necessitam de pouca especialização, estes promovem a inserção principalmente dos migrantes no mercado de trabalho, sendo muitas vezes a única fonte de renda durante suas vidas. De acordo com a Agência Estado, mais de 34% da mão de obra desse setor no Brasil é ocupada por nordestinos.

Outro ponto a se observar é o mercado acionário brasileiro que reflete a perspectiva futura das empresas cujas ações são negociadas. Assim, ao analisar-se o movimento do preço das ações é possível perceber de forma simplificada qual a perspectiva do mercado para determinada empresa. No mercado acionário existem dois índices que representam o mercado como um todo e o mercado imobiliário.

O mercado como um todo pode ser caracterizado pelo Ibovespa (Índice Bovespa), que é uma carteira teórica composta por ações cujos índices de negociabilidade somados representam 80% do valor acumulado de todos os índices individuais; cujo volume de negociação seja superior a 0,1% do total e que tenham participado de mais 80% do total de pregões em um período de 12 meses, com a participação diretamente relacionada com a representatividade do título no mercado à vista (BM&BOVESPA, Ibovespa, 2009).

O índice relacionado ao setor da construção civil recebe o nome de IMOB, a variação da cotação do índice é uma média ponderada das variações dos preços dos títulos cujos índices de negociabilidade somados representam 98% do valor acumulado de todos os índices individuais e que o título tenha sido negociado em pelo menos 95% dos pregões no período de 12 meses na Bovespa e pertencem aos setores mais representativos no ramo imobiliário, entre eles: construção civil, intermediação imobiliária e exploração de imóveis (BOVESPA, Índice BM&FBOVESPA Imobiliário (IMOB), 2009).

Pode-se acompanhar a relação da variação do índice relativo ao ramo imobiliário com a variação do índice da bolsa de valores como mostra o gráfico a seguir:

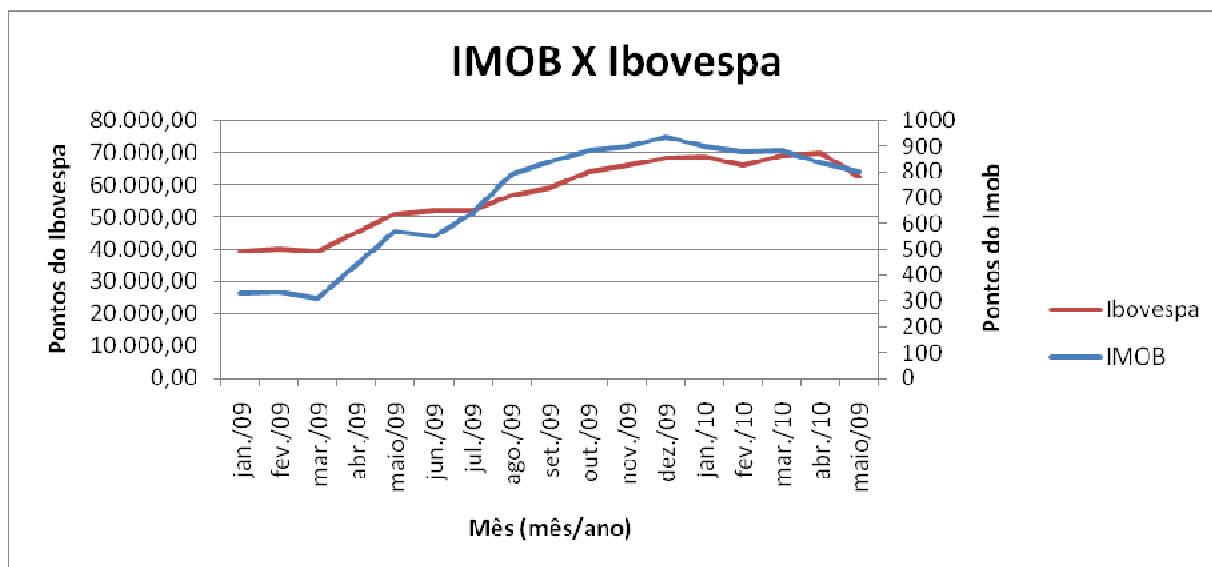


Gráfico 1.4: Pontos do Ibovespa x Pontos do IMOB

Fonte: Bolsa de Valores de São Paulo – BM&FBovespa (adaptado)

Nota: Dados retirados da Bovespa e utilizados na elaboração do gráfico

É possível perceber uma perspectiva de injeção de capital no mercado, marcada pela alta dos índices, aliada ao fato de que o Brasil sediará a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas em 2012, e há uma previsão de crescimento do Brasil, de acordo com a 152ª Ata do COPOM (Comitê de Política Monetária do Banco Central do Brasil). O setor imobiliário deve seguir o mesmo comportamento, já que o valor da correlação dos índices que representam a construção civil e o mercado como um todo é de aproximadamente 0,97.

## 1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

A construção civil é importante no Brasil por ser um setor com bastante expressão na produção brasileira, tendo experimentado um grande aquecimento nos últimos anos, além de ter um papel importante no desenvolvimento do país.

Este trabalho representa uma inovação no campo de melhoramento de processos na construção civil, principalmente na questão do aumento dos estudos nessa área, para que

soluções eficientes e de rápida resposta possam ser desenvolvidas e aplicadas, deixando de lado o método de tentativa e erro usualmente utilizado nesse setor.

Outra grande importância é uma maior inserção da engenharia de produção na área da engenharia civil que carece de muitos cuidados nas questões de organização do trabalho, logística, movimentação, armazenamento de materiais entre muitos outros pontos normalmente abordados pela engenharia de produção.

A tendência de atuação do engenheiro de produção no mercado de construção civil é aumentar, pois com o crescimento do setor e conseqüente aumento da concorrência, haverá mais interesse em diminuir os desperdícios, assim como aumentar a eficiência e eficácia dos processos. Sinais desse crescimento já são apresentados no mercado com a carência de mão de obra e matéria-prima em vários ramos da construção civil, refletidos na maioria das vezes no aumento dos preços nesse setor.

Algumas das ferramentas utilizadas aqui são tradicionalmente aplicadas ao planejamento de empreendimentos, entretanto são derivadas de técnicas empregadas em muitos trabalhos classificados como de engenharia de produção.

O trabalho aqui apresentado além de propor uma melhor utilização do sistema produtivo e o alinhamento do ciclo dos serviços, garante a previsibilidade do término. Na área da construção civil, o prazo máximo para a conclusão dos empreendimentos é muito importante, pois é regulamentada como verificado na lei 4.591/64.

A transgressão dessa lei incorre em multa e até embargo da obra. Essa multa é pré-estabelecida na assinatura do contrato e varia de acordo com o tamanho, localização da obra, entre outros fatores, além disso, quando uma entrega é atrasada, os proprietários entram com ações judiciais exigindo indenizações, o que gera um aumento considerável nos custos.

### **1.3 O ESTÁGIO**

A Logical Systems, fundada em 1987, com o objetivo de desenvolver soluções no setor da construção civil, focada em processos produtivos e planejamento, é fortemente vinculada

com o IGCL (International Group for Lean Construction). O IGCL foi fundado em 1994 pelo mesmo fundador da Logical Systems, Antonio Sérgio Itri Conte, com o objetivo de difundir e discutir o Lean Construction, uma teoria fortemente baseada no Lean Production, no Brasil.

As atividades de planejamento às quais a Logical Systems se dedica podem ser compreendidas pelo desenvolvimento da lógica de produção, assim como o seu controle para manter a obra dentro do prazo desejado por seus clientes. Para isso, também são utilizadas ferramentas de controle de curto e longo prazo.

Com essas ferramentas, a produtividade de cada serviço é controlada, fazendo com que os prazos não descolem do planejado e as equipes sejam melhor dimensionadas, diminuindo custos. As ferramentas de controle e planejamento se estendem por toda a cadeia produtiva, auxiliando os engenheiros e responsáveis pelo controle de seus suprimentos e evitando qualquer imprevisto relacionado com materiais.

Os tempos de ciclo de alguns processos não atendem à necessidade da obra, exigindo o desenvolvimento e apoio de soluções de engenharia aplicados a processos específicos. O autor esteve inserido em um desses projetos, e foi responsável por todas as etapas da elaboração do trabalho. Inicialmente foi envolvido no entendimento do processo, participando de várias reuniões e visitas ao campo de obras, observando o ciclo atual durante aproximadamente um mês.

Nessas visitas e reuniões, o autor foi responsável também por apontar pontos de melhoria no processo analisado, desenhando uma pré-solução para ser analisada junto aos engenheiros e responsáveis envolvidos, no intuito de construir uma solução que abrangesse o processo como um todo.

O autor auxiliou na construção desse modelo e participou da discussão de definição do modelo final que seria aplicado e foi responsável também pelo desenvolvimento de esquemas e ferramentas didáticas para facilitar o entendimento do modelo sugerido e sua aplicação.

Além disso, o autor dirigiu o processo de implantação, dando a base de que os engenheiros e funcionários necessitavam para o correto desenvolvimento da solução. Obviamente em alguns momentos se viu necessário o apoio dos supervisores do projeto, pois o autor não detinha o conhecimento de alguns conceitos, principalmente relacionados com a engenharia civil.

## **1.4 A EMPRESA**

A realização deste estudo só foi possível por meio da Logical Systems Ltda. e a colaboração de uma das líderes no mercado de incorporação e construção do Brasil, que não terá o nome divulgado por motivos de contrato de confidencialidade. A relação entre a Logical System e a empresa foi firmada por meio da prestação de um serviço de consultoria aplicado a um processo específico, com o objetivo de reduzir e estabilizar seu ciclo, que baseou-se no atual trabalho.

Essa empresa está presente em todo o Brasil, foi incorporada recentemente por também uma das maiores construtoras e incorporadoras do país. Com essa incorporação, surgiram novas oportunidades de compartilhamento e multiplicação de tecnologias. Uma dessas oportunidades deu origem a este trabalho.

A empresa tem capital aberto na Bolsa de Valores de São Paulo e também na Bolsa de Nova Iorque, com aproximadamente 980 empreendimentos em 40 cidades e 18 estados do Brasil, com grandes e bem conceituados parceiros, merecedora de vários prêmios, o que reflete estratégias aparentemente bem-sucedidas.

### **1.4.1 O EMPREENDIMENTO**

O empreendimento é localizado na Zona Sul de São Paulo e segue o estilo de condomínio clube. Esse tipo de condomínio conta não somente com prédios e serviços tradicionais de um condomínio, mas apresentam também serviços diferenciados parecidos com os oferecidos por associações e clubes para diversão como piscina, quadras, entre outros.

O empreendimento é composto por 3 torres com 17 pavimentos. Cada um dos pavimentos é composto por 6 apartamentos, escadas de acesso e 4 elevadores que compõem as

áreas comuns dos pavimentos. Cada apartamento possui dimensões e preços variados. O pavimento é simétrico e espelhado longitudinalmente.

As torres foram elevadas em série, ou seja, a estrutura de uma torre só é iniciada quando a estrutura da torre anterior é finalizada. Essa lógica foi adotada, pois a empresa optou por adquirir um único conjunto de formas, que era suficiente para a elevação de meia laje, e por isso só era possível a elevação de uma torre por vez.

Observando a planta, pode-se perceber que alguns dos pavimentos que representam as áreas comuns dos prédios como o Térreo, Subsolos e o 1º Andar possuem uma laje diferenciada das demais. Essas lajes são bastante extensas e conectam as três torres do empreendimento. Para facilitar o entendimento do processo que ocorreu nessas lajes, vamos nomear as torres de 1,2 e 3 de acordo com a ordem que estão sendo construídas.

Essa lógica foi utilizada para melhor aproveitar o espaço físico do terreno, já que no momento em que a laje é construída, assim como os primeiros pavimentos dos edifícios, são necessárias muitas escoras e a construção de vigas para impedir qualquer deformação nessas lajes ou qualquer movimentação sob elas.



**Figura 1.1: Planta de implantação da obra-objeto de estudo**

Os demais pavimentos são denominados tipo, pois estes se repetem em quase todo o prédio e são como um padrão. O foco deste trabalho é dado nos pavimentos tipo, por isso não serão consideradas quaisquer características ou especificações dos pavimentos que não sejam tipo e que não influenciem na elevação desses pavimentos.

## **1.5 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

Na construção civil, sempre há o problema de diferenças de *lead time* entre os processos que integram um empreendimento, por isso há um esforço constante para a alteração da duração dos ciclos. Normalmente esse esforço é de redução já que a diminuição do ritmo, ou o aumento o tempo de produção é uma tarefa menos trabalhosa, pois é fácil, por exemplo, realocar as equipes.

Essa redução de duração é normalmente alcançada com o aumento da mão de obra, isto é, um maior número de empresas que atuam no processo dentro da obra, a entrada de novos funcionários por contratação; ou ainda o aumento de horas trabalhadas pelos atuais funcionários, ocupando os sábados e horários de segundo e terceiro turnos, dependendo da necessidade.

Como citado anteriormente, o atual cenário da economia e o crescimento do setor de construção civil nestes últimos anos resulta em uma escassez de mão de obra, gerando mais procura do que oferta por trabalhadores qualificados e resultando em grandes dificuldades em função do aumento das horas trabalhadas.

Pode-se perceber que, como há muita procura, os trabalhadores desse setor encontram oportunidades de emprego com facilidade, e por isso é difícil mantê-los dentro do empreendimento. E esse é um problema bastante frequente e de muita importância para a produção de qualquer serviço.

Este trabalho, então, visa a propor uma nova metodologia para aproveitar a mão de obra existente no empreendimento, aumentando assim sua eficiência dentro do campo de obra. Na maioria das vezes, isso representa uma redução de custos e a diminuição do efetivo. Essa oportunidade é muito clara de melhora, pois dificilmente os funcionários trabalham da forma mais eficiente, tanto em termos de processos restritos como em uma visão sistêmica.

Esse problema é aplicado ao processo de elevação do prédio, a qual pode ser de variados tipos, dependendo da tecnologia empregada. No caso estudado, a tecnologia utilizada é a concretagem com formas de alumínio. Essas formas são projetadas especificamente para um determinado empreendimento e está fora do escopo deste trabalho analisar a disposição das formas no pavimento.

Por meio de um estudo de caso, o modelo foi criado e aplicado. Neste estudo, as primeiras concretagens se deram em ciclos de 17 dias, isto é, um tempo muito longo que atrasaria e o prazo de entrega da obra. Assim, o ciclo para que o prazo fosse atendido é de 3 dias, mas adotando uma margem de segurança, o tempo de ciclo ideal é de 2 dias.

Com a elevação do pavimento levando 2 dias para ser concluída, o início dos outros serviços seria adiantado, criando folgas para que os imprevistos que venham a acontecer ao longo da obra sejam absorvidos, sem afetar a data de entrega.

## **1.6 OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo analisar a programação da produção de um dos muitos serviços para a construção de um edifício denominado elevação e desenvolver uma nova metodologia para tentar contornar a situação que o setor vem enfrentando, sem a necessidade de contratação de novos funcionários.

O desenvolvimento dessa nova metodologia permite o aumento da eficiência dos funcionários, assim como uma melhor integração entre os processos que fazem parte da elevação. Propõe-se também uma nova forma de abordar os processos nesse setor, olhando de forma sistêmica todos os processos que interagem entre si.

Vale reforçar que o objetivo deste trabalho não engloba a composição das formas no andar. Assim, não se trata aqui da maneira mais eficiente e eficaz de modular as formas no pavimento, mas aproveitar a mão de obra existente para que o edifício fique disponível no prazo, com a qualidade e segurança desejadas.

Foi necessário para isso um intenso acompanhamento de campo, para o levantamento dos dados e observações dos métodos de trabalho, assim como apontamentos de possíveis melhorias nos processos e/ou serviços que estavam diretamente ligados à concretagem. Para tal fez-se uma pesquisa e um embasamento bibliográfico para que uma proposta fosse elaborada, a fim de atingir o objetivo proposto.

Além de diminuir o ciclo da concretagem, a estabilização desse ciclo também é bastante importante para o sucesso da metodologia. Pela implantação do modelo, é possível manter o ciclo estabilizado, observando-se os pontos a serem abordados em seguida.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo que leva em conta as características de oferta de mão de obra do setor, assim como as técnicas utilizadas no

campo e que possa gerar uma solução viável de redução do ciclo da elevação de edifícios com formas metálicas, de modo a atender o prazo, a qualidade e a segurança exigidos pela construtora.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Neste capítulo serão abordadas as discussões necessárias sobre o material teórico encontrado, formulando assim um melhor conjunto de aplicações desse material para o desenvolvimento das soluções do caso proposto.

### **2.1 LINHA DE BALANÇO (LOB)**

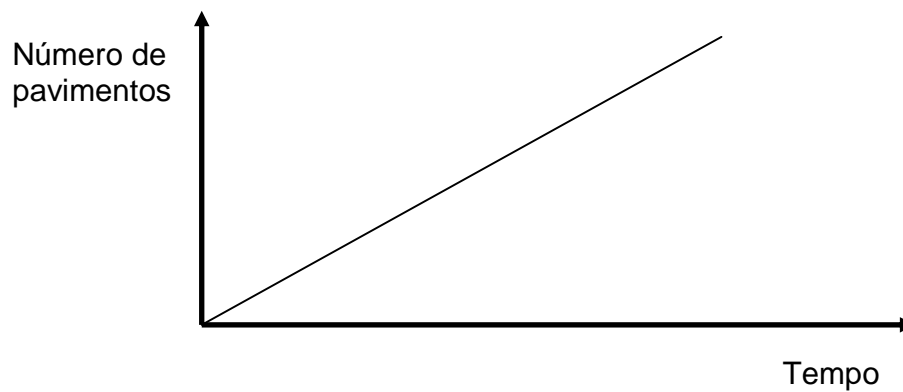
A linha de balanço se desenvolveu na marinha americana como um método gráfico de programação industrial levando em consideração os ganhos e as restrições. A LOB (Line of Balance) é uma técnica de junção, seleção, interpretação e apresentação em formato gráfico da produção em função do tempo (IANNONE, 1967).

A LOB relaciona a situação atual com a situação programada de uma produção, apontando assim as deficiências do ponto de controle ao longo da linha de produção. A ideia principal dessa ferramenta é mostrar como estão sincronizadas as várias etapas da produção (IANNONE, 1967).

#### **2.1.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**

Essa metodologia pode ser aplicada em construção, desde que os serviços que compõem esse modelo sejam repetitivos (MENDES JR., 1999). A construção de edifícios, como explicado anteriormente, pode ser encaixada nesses requisitos, já que o pavimento tipo se repete em todas as torres. Entretanto a repetição não precisa estar limitada ao pavimento, podem-se encontrar setores, divisões ou partes com semelhanças de tal sorte a se equivalerem no balanceamento da produção.

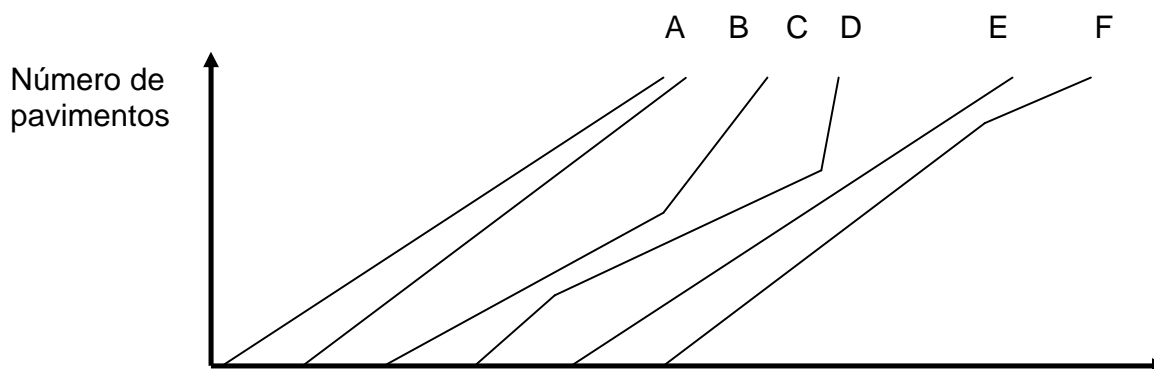
Na linha de balanço essas atividades são representadas por linhas de fluxo (MENDES JR., 1999), sendo estas uma representação gráfica da produtividade em relação ao tempo. Nessa representação considera-se a produção como linear, em que o coeficiente angular de cada linha de fluxo fornece o ritmo da produção da atividade representada (LUMSDEN, 1968).



**Gráfico 2.1: Linha de balanço de um único processo**

Normalmente os processos repetitivos não possuem um mesmo ritmo de produção, gerando uma modificação na estrutura da linha de balanço. Na construção de edifícios podemos identificar essas mudanças no encontro das linhas de fluxos, que representam uma diferença na produtividade dos fluxos em questão, graficamente simbolizados pela diferença no coeficiente angular das retas.

Essas variações nas linhas de balanço podem decorrer de vários motivos, como falta ou excesso de mão de obra, interferências no campo de trabalho, chuvas, entre outras que de alguma forma afetam a produtividade do processo, como mostra o Gráfico 2.2 um diagrama de linhas de balanço de um processo normal de produção.



**Gráfico 2.2: Linhas de balanço de seis processos desbalanceados**

Analisando gráfico nota-se que os processos C, D e F não mantiveram uma produtividade constante no período observado, assim como o processo B está em um ritmo diferente do processo A e E, descontinuidades essas que não são favoráveis para o sistema produtivo como um todo.

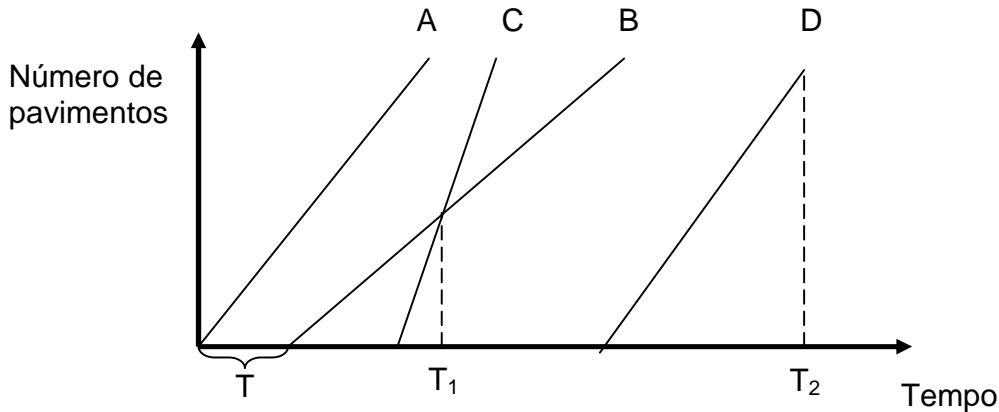
As diferenças de ritmo no processo como um todo não contribuem para um ótimo sistema produtivo, pois na maioria das vezes provocam paradas dos processos com produtividade mais baixa, gerando uma utilização não ótima da mão de obra e de recursos produtivos, assim como custos excessivos para a correção de eventuais danos causados por essas descontinuidades (MENDES JR., 1999).

### **2.1.2 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO**

A linha de balanço pode simular a resolução desse problema por meio de dois métodos, a programação paralela e a programação natural não paralela (MENDES JR., 1999). A programação paralela tem como intuito igualar os ritmos de todos os processos fazendo com que as linhas de balanços sejam representadas de forma paralela. A programação natural tem como pressuposta a não mudança no ritmo da produção, tendo como principal direcionador o tempo de conclusão e a melhor utilização dos recursos para esse prazo.

A seguir, o exemplo de um sistema produtivo não balanceado representado pelo

**Erro! Fonte de referência não encontrada.:**



**Gráfico 2.3: Linhas de balanço de um processo não balanceado**

Esse é um sistema produtivo com quatro processos desbalanceados. Por pressuposto, as linhas não podem se cruzar, pois a partir do tempo  $T_1$ , o processo C não poderia ocorrer, já que o processo D desse setor ainda não está concluído e, portanto, o processo C não teria frente para poder atuar. Dessa forma, causaria uma parada nesse processo. Vale ressaltar que o tempo total de ciclo nesse caso seria  $T_2$  e que  $T$  é o tempo necessário desde o início do processo A até a entrada do processo B. Esse tempo normalmente é o que leva para acabar um pavimento.

Para balancear esse sistema, podem-se utilizar dois métodos: o balanceamento não paralelo e o balanceamento paralelo, gerando as linhas de balanços representadas pelos Gráfico 2.4 e Gráfico 2.5, respectivamente:

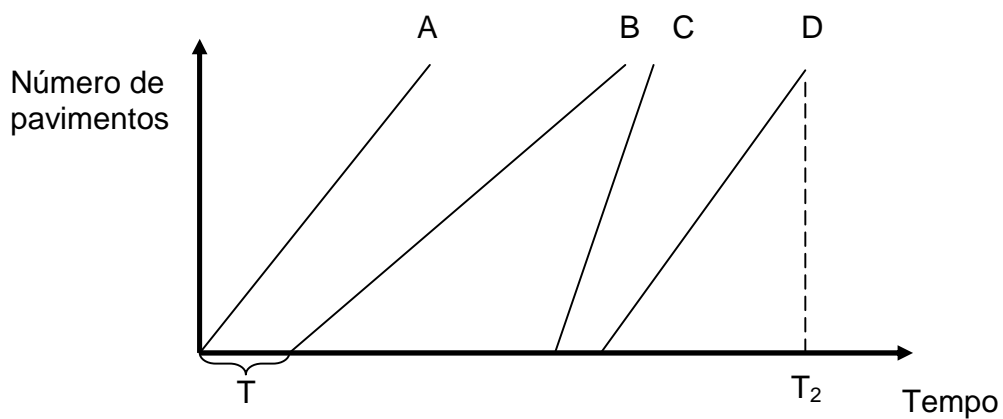


Gráfico 2.4: Balanceamento não paralelo

Pelo balanceamento não paralelo percebe-se que o início do processo C foi retardado uma vez que este acontece sem interrupções, eliminando o tempo de ociosidade desse em função dos intervalos. Essa ociosidade é levada para o início do processo, permitindo que os responsáveis possam realizar outras tarefas nesse tempo, ou que a contratação destes seja retardada, sem prejudicar a programação da produção.

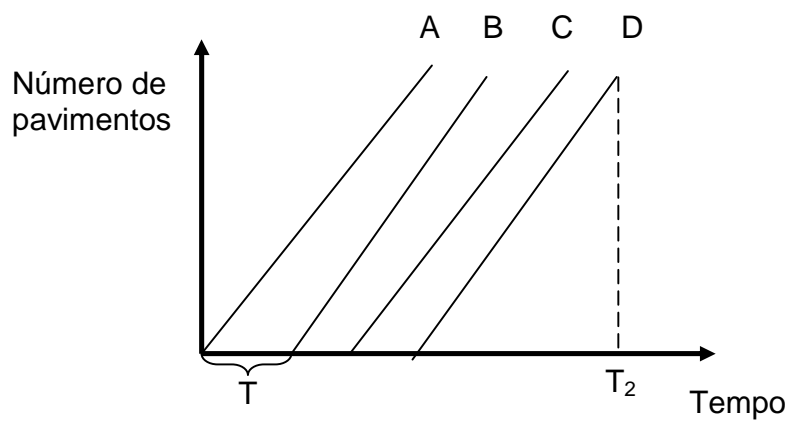


Gráfico 2.5: Balanceamento paralelo

Para que o balanceamento paralelo aconteça é necessária a intervenção nos ritmos dos processos, de tal forma que este fique com ritmos parecidos, sendo representados nas linhas de balanço como fluxos aproximadamente paralelos. Observa-se que, como os ritmos ficaram muito parecidos, os processos C e D começam antes do esperado, diminuindo dessa forma o  $T_2$  do processo.

Nesse caso, os ritmos foram aproximados para o maior do sistema, mas a vantagem desse método está na semelhança de ritmos, que permite o começo dos próximos processos de forma antecipada e sem ociosidade, ou seja, mesmo que os ritmos estivessem próximos do mais lento, ainda sim terminaria antes do  $T_2$  do processo desbalanceado, sendo o ideal a total igualdade dos ritmos do processo.

## 2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Segundo Ohno (1997), o que sustenta o Sistema Toyota de Produção é a ausência de qualquer tipo de desperdício, o qual tem como base dois pilares de sustentação: o *just in time* e a automação. O *just in time* pode ser entendido como a utilização das partes necessárias somente no momento e na quantidade exata em que são requeridas, o que idealmente representa a ausência de estoque.

A automação não pode ser confundida com a produção contínua em um mesmo ritmo como a produtividade de uma máquina, deve-se ter claro que esse pilar consiste em ter uma produtividade contínua, mas Ohno (1997) define essa inteligência como a capacidade de reagir a qualquer anormalidade que ocorra no sistema, para que não sejam feitos produtos defeituosos, ou que os meios de produção não sejam danificados.

A conexão entre esses dois conceitos está na diminuição dos desperdícios, já que o *just in time* elimina os estoques e a automação elimina o risco de produtos defeituosos. O estoque excessivo gera segurança, mas demanda matéria-prima e mão de obra, às vezes até horas-extras e bônus maiores, sendo que esses negócios, em última instância, se transformam em desperdício monetário. Da mesma forma funciona com os produtos defeituosos, pois demandam a mesma

força de trabalho necessária para produzir um produto perfeito, mas que no fim da cadeia produtiva não será negociado. (OHNO, 1997)

### **2.2.1 OS 5 PORQUÊS**

Um técnica desenvolvida por Taiichi Ohno no Sistema Toyota de Produção são os chamados 5 porquês. Essa técnica auxilia na busca pela causa de um problema, por exemplo, pela parada de uma máquina como mostra o livro *O Sistema Toyota de Produção*, de Taiichi Ohno:

“1. Por que a máquina parou?

Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.

2. Por que houve uma sobrecarga?

Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.

3. Por que não estava suficientemente lubrificado?

Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.

4. Por que não estava bombeando suficientemente?

Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.

5. Por que o eixo estava gasto?

Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha.”

É possível perceber que com esse método o conceito de eliminação dos desperdícios se mostra bastante presente. Perguntando cinco vezes o porquê de um problema, se chega à sua fonte, e assim, não se corre o risco de corrigir somente os efeitos fazendo com que ainda ocorram esses desperdícios futuramente, ou que haja apenas uma transformação e não a eliminação de tais efeitos.

### **2.2.2 ANÁLISE TOTAL DO DESPÉRDÍCIO**

A ideia da redução total do desperdício é em última instância aumentar a eficiência, esse aumento não pode ser somente no âmbito individual, deve-se observar o desempenho do todo, mesmo que partindo do individual (OHNO, 1997). Isso significa que se

deve produzir aquilo que é necessário com a menor mão de obra possível, diferentemente de produzir mais com um menor custo.

Segundo Ohno (1997), foram identificados sete desperdícios que aparecem em um processo produtivo e são citados a seguir:

**Desperdício de superprodução:** que pode ser entendido como a produção maior do que o necessário para o consumo, obviamente o consumo não representa somente o consumo final de produtos acabados, mas também os consumos intermediários entre os processos. Esse desperdício engloba a produção em excesso, mais rápida, ou antes do necessário.

**Desperdício de tempo disponível:** ocorre quando há uma espera por algum motivo, por exemplo, pelo término do processo anterior, ou pela chegada de matéria-prima.

**Desperdício em transporte:** esse desperdício ocorre no transporte de um produto de forma excessiva, por exemplo, o produto precisa ser levado de A, onde se localiza o fim do processo 1, para B, onde se localiza o início do processo 2, para que isso aconteça somente é necessário o transporte de um ponto a outro, mas por um erro de comunicação o transporte é feito de A para um ponto C e do ponto C para o B, gerando um desperdício de transporte.

**Desperdício do processamento em si:** ocorre quando há um excesso de processamento em um produto, por exemplo, em um acabamento de uma parede que deve levar uma cobertura de dois milímetros de tinta com tolerância de um milímetro de erro, mas o pintor é cuidadoso demais e faz esse acabamento sem nunca passar de um centésimo de milímetros de erro.

**Desperdício de estoque disponível:** pode ser entendido como o excesso de estoque de materiais, como matérias-primas, produtos em processamento e também produtos acabados.

**Desperdício de movimento:** para a minimização desse desperdício é necessária a proximidade e a facilidade no acesso às ferramentas e materiais quando estes forem solicitados na realização do processo.

**Desperdício de produzir produtos defeituosos:** a ideia do Sistema Toyota de Produção é não produzir nenhum produto defeituoso.

Assim, é possível reduzir o tempo de ciclo de um processo, identificando e eliminando as fontes de desperdício que antes estavam dentro do processo produtivo. É válido ressaltar que muitas vezes não é possível eliminar totalmente as fontes de desperdício devido às características do ambiente produtivo, mas o objetivo principal desse método é minimizar ao máximo esses desperdícios.

### 2.3 CONSTRUÇÃO ENXUTA

A construção enxuta é a aplicação dos conceitos abordados na manufatura enxuta ou *lean production* na construção civil. À primeira vista é difícil perceber como analisar a produção de um edifício, com a perspectiva de produção enxuta, pois em um empreendimento, são repetidas poucas vezes o ciclo de um prédio, mas se desmembrarmos uma obra em vários processos menores, é possível perceber que ocorre a repetição dos ciclos.

Koskela (1992) cita que na construção civil normalmente as decisões são tomadas de forma individualizada, assim os processos são divididos e são geradas soluções separadas para cada processo, não levando em conta o resultado final do sistema produtivo e por isso é necessário tomar a construção como um fluxo de processos, considerando todos os desperdícios e valores de suas atividades.

Por meio da utilização dos conceitos abordados na produção enxuta, o objetivo também é eliminar todas as formas de desperdício, assim como diminuir ao máximo as atividades que não agregam valor ao processo, mas com algumas peculiaridades provindas do setor: natureza única dos projetos, campos de obra, multiorganizações temporárias, intervenções do governo pela legislação (WARSZAWSKI, 1990).

Essas peculiaridades devem ser tratadas com um pouco mais de detalhe, pois auxiliam no desenvolvimento de soluções no ambiente da construção civil. Primeiramente deve-se entender o detalhe aqui apresentado, para depois mostrar soluções para que essas restrições sejam contornadas.

A **natureza única dos projetos** ocorre, pois as obras são projetadas de acordo com as necessidades do segmento-alvo que esse projeto atingirá. Assim, além de acabamentos e requisitos mínimos exigidos e pagos por cada segmento, os formatos e as composições dos apartamentos e da própria planta como um todo também se modificam, dificilmente se repetem.

Percebemos que mesmo com as diferenças de obra para obra, a essência do trabalho se mantém. Um exemplo simples pode ser visto na pintura das paredes, esse processo é necessário em qualquer tipo de empreendimento, pois um mínimo de acabamento nos apartamentos deve ser aplicado, para que este seja entregue ao cliente, assim esse processo sempre vai se repetir, mas com diferenças de composição de cores, acabamentos, texturas etc. Nessa situação a solução deve se prender ao processo de pintura pura (WARSZAWSKI, 1990).

Os **campos de obras** na construção civil, além de serem diferentes a cada projeto, mudam constantemente durante o período em que a obra se desenrola. Isso acontece, pois antes de o local se transformar no local da produção, é utilizado como estoque de materiais, fazendo com que seja muito difícil, por exemplo, um trabalho de movimentação e armazenamento de materiais, já que os locais de estoque, descarga e utilização dos materiais se modificam constantemente.

Para que essa característica seja contornada, é necessário o menor uso possível do campo de obra possibilitado pela maior utilização possível de elementos pré-fabricados, ou que possam ser montados antes da utilização em seu local de trabalho, ou utilizando o conceito *just in time* do Sistema Toyota de Produção, ambos no sentido de diminuir o estoque ao mínimo.

A **multiorganização temporária** significa a junção de diversas organizações para a conclusão do projeto. Normalmente cada organização com um determinado tipo de contrato e com sua própria forma de trabalhar é unida somente pelo projeto a ser concluído. Esses tipos de organização impedem a transferência de conhecimento e de soluções entre as organizações participantes (KOSKELA, 1992), assim como impede o desenvolvimento da sinergia ao longo dos projetos.

Esse ponto pode ser contornado principalmente por intermédio de contratos de longo prazo, que permitem o trabalho conjunto das equipes durante vários projetos, incentivando

dessa forma o fluxo do conhecimento e de soluções pelas organizações, assim como de regras de trabalhos bem definidas, fazendo com que cada equipe cumpra exatamente com o que foi acordado.

A **intervenção legislativa** é muito recorrente na construção civil, já que muitos projetos nessa área necessitam da aprovação e do aval dos órgãos públicos responsáveis. Para que não se corra o risco de alguma inconformidade e por causa disso um embargo da obra, é importante que haja um acompanhamento dentro do fluxo de produção, para que as correções sejam feitas antes de qualquer inspeção, evitando também custos de reparos após a conclusão dos serviços (KOSKELA, 1992).

A seguir, um resumo das peculiaridades com os respectivos problemas de controle, e de melhora dos processos, assim como as soluções estruturais, soluções operacionais de controle e de melhora na Tabela 2.1:

<b>Peculiaridade</b>	<b>Problemas no controle do processo</b>	<b>Problemas com melhoramentos do processo</b>	<b>Soluções estruturais</b>	<b>Soluções operacionais para controle</b>	<b>Soluções operacionais para melhoramento</b>
<b>Projetos únicos</b>	Sem ciclos predefinidos Exigências de clientes não sistemáticas Coordenação de atividades incertas	Processos únicos não se repetem, assim melhoras a longo prazo são questionáveis	Minimizar os conteúdos únicos dos projetos	Antecipação da análise de requisições  Estabelecer ciclos artificiais Amenizar tarefas incertas	Ressaltar a flexibilidade dos produtos e serviços para cobrir maior variedade de necessidades Acumular informações de projetos anteriores
<b>Campo de Obra</b>	Incertezas externas: clima etc.  Incertezas internas e complexidades: fluxos interdependentes, mudanças no <i>layout</i> , variação de produtividade de trabalhos manuais	Dificuldades na transferência de melhoras entre campos de obra, exclusivamente em procedimentos e habilidades	Minimizar as atividades no campo em qualquer fluxo de materiais	Utilizar ambientes fechados para eliminar incertezas externas. Contínuo e detalhado planejamento. Equipes de trabalho com habilidades múltiplas	Ressaltar o planejamento e a análise de riscos. Processos de trabalhos sistematizados
<b>Organizações temporárias</b>	Incertezas internas: troca de informações pelos limites da organização (fluxos desconectados)	Dificuldade na simulação e acúmulo de melhorias pelas bordas das organizações	Minimizar interfaces organizacionais temporárias (interdependências)	Equipe de construção durante todo o projeto	Fluxos integrados entre as parcerias
<b>Intervenções regulatórias</b>	Incertezas externas: espera por aprovações			Diminuição do tempo de aprovação. Inspeções contínuas	

Tabela 2.1: Tabela resumo de peculiaridades e suas implicações dentro do campo de obra (KOSKELA, 1992).

### 3 ANÁLISE DO PROBLEMA

Cada pavimento de um edifício, qualquer que seja a metodologia utilizada, passa por vários processos até que este seja entregue para o cliente. A elevação é o primeiro destes, que cria frente de trabalho para todos os seguintes. As concretagens que preenchem as paredes e a laje de concreto marcam o início e o fim do ciclo da elevação.

O processo de elevação é composto por vários outros serviços, dos quais alguns estão diretamente, e outros indiretamente, relacionados com a forma, diferenciados pelo manuseio ou não da forma respectivamente. Esses processos também estão incluídos na análise aqui realizada. A seguir, algumas considerações:

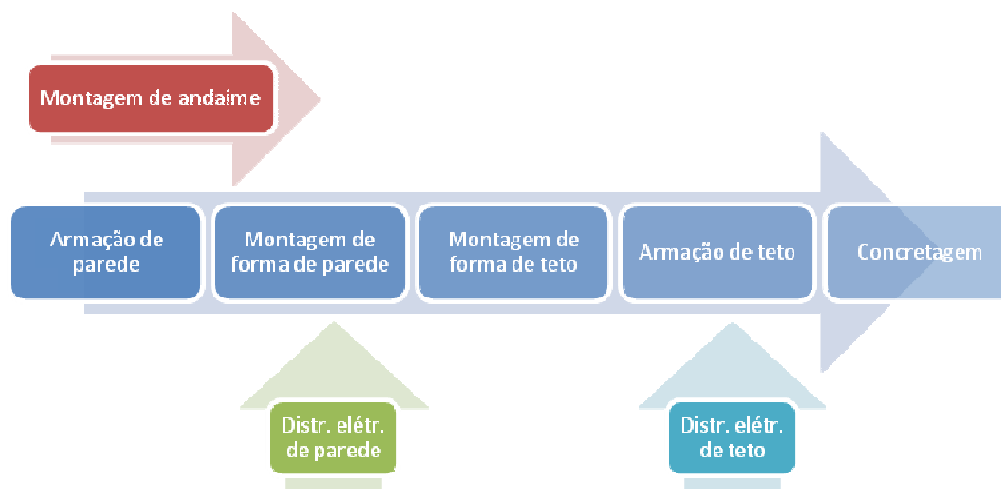
- **Processos relacionados à forma:** como citado anteriormente, esses processos necessitam da forma para serem realizados e a análise e o desenvolvimento de qualquer desenho de solução devem seguir uma ordem cronológica que se inicia com a marcação, segue para a desforma, montagem de formas de parede, montagem da distribuição elétrica em paredes e montagem de laje.

- **Processos não relacionados com a forma:** esses processos não necessitam da forma para serem realizados, muitas vezes são realizados por empresas terceirizadas, também por isso merecem ser tratados separadamente. Qualquer alteração no tempo ou na qualidade da execução resulta em diferenças na execução dos processos relacionados com as formas. Esses processos podem ser compreendidos pela armação e pela montagem dos andaimes.

- **Compromisso com a segurança e qualidade do trabalho:** durante a realização deste trabalho foi assumido que todas as atividades cumprem os requisitos mínimos de segurança e qualidade do trabalho, que quando relacionados à forma representam a montagem de andaimes em todos os andares e cuidados com limpeza e danos da forma.

No caso estudado, cada pavimento possui 6 apartamentos e é dividido em 2, com 3 apartamentos em cada lado. Essa divisão é necessária para que seja viabilizada a utilização das formas da melhor forma possível. Na elevação encontra-se 3 líderes, na qual cada líder é

responsável pelos processos relacionados a forma de um apartamento que interferem com os não relacionados com a forma conforme o diagrama a seguir



**Figura 3.1: Diagrama dos processos que constituem a elevação**

Após a concretagem, o processo se inicia com a armação de parede, seguido pela montagem de fôrmas de parede e de teto. Para a conclusão da montagem das de parede é necessária a montagem dos andaimes e da distribuição elétrica de parede. Após a conclusão da montagem das formas, a elevação segue com a armação e montagem da distribuição de teto encerrando o ciclo com outra concretagem.

Segundo os funcionários responsáveis pela armação de teto, é necessário um mínimo de área montada para que seja montada a armação, já que esta é feita por meio da amarração de várias telas de ferragem. Essa área corresponde a aproximadamente um apartamento, ou seja, para que a armação começasse a ser produzida é necessária a produção de pelo menos um apartamento, mas estes estavam sendo produzidos simultaneamente, fazendo com que o término de todos eles coincidissem.

O encarregado pela armação informou que é necessário aproximadamente 1h30min por apartamento, o que corresponde a 4h30min, para que a meia laje seja completamente armada. Por meio de observações percebeu-se que esse tempo é bastante próximo do real, já que várias vezes a armação começava por volta das 8 h e ficava pronta logo após o

almoço (13 h), sendo que havia variações de começo de armação e também de parada de trabalho para almoço.

A distribuição elétrica também está presente na laje, o que representa uma restrição, já que os conduítes que conectam os negativos de elétrica precisam estar sobre as telas de laje, ou seja, é necessária a espera da montagem da armação nos pontos de distribuição para que esta seja completada.

A última etapa do processo é a concretagem propriamente dita que pode ser compreendida pelo preenchimento de todos os espaços feitos com a forma por concreto. Para que esse processo ocorra, ambas as montagens (de painéis de parede e de laje), assim como a armação, a distribuição elétrica, a proteção periférica e todos os vãos internos devem estar cobertos por andaimes e completamente finalizados.

Com isso foi necessária a estimação dos tempos consumidos pelos processos diretamente relacionados com a forma. A concretagem deve estar finalizada às 19 h, pois o trabalho no dia seguinte se inicia às 7 h e são necessárias 12 horas para que o concreto atinja a resistência mínima e seja possível a desforma.

A concretagem mais lenta, na laje maior, demora aproximadamente 4 horas o que obriga o seu início às 15 h. Nesse horário é necessário que todos os processos estejam completamente terminados, como citado anteriormente. Descontando-se o tempo de montagem da armação da laje, da distribuição elétrica e do almoço, o processo de montagem deve estar terminado às 10h30min, sobrando somente 3 horas e 30 minutos para os processos diretamente relacionados às formas.

O ciclo da elevação se encontrava em 3 dias, com a concretagem começando às 13 h do dia 3, o que representava um tempo de 21 horas de duração para os processos diretamente relacionados com a forma, considerando que cada dia comum trabalhado contenha 8 horas úteis, distantes das 3 horas e meia (das 7 às 10h30min) necessárias na estimativa calculada anteriormente.

Essa prévia análise dá margem a uma busca mais aprofundada por problemas operacionais ou organizacionais na elevação.

### 3.1 MAPEAMENTO DOS PROCESSOS

A análise se iniciou com o mapeamento do processo. É válido lembrar que um pavimento contém duas concretagens, das quais a mais longa foi levada em consideração e é a concretagem do Lado Maior, já que além dos processos da concretagem menor, também possui o transporte horizontal (do andar inferior para o que será concretado).

Vale ressaltar que os processos aqui considerados são os diretamente relacionados com a forma, já que os outros são terceirizados, o que torna muito complicada a intervenção nas atividades realizadas por esses funcionários, e, inviável a realização deste trabalho. Assim para essas equipes há um controle dos resultados, tanto de qualidade como de prazos. Caso os processos não relacionados com a forma fossem também coordenados pela empresa, estes deveriam ser incluídos na análise. Além disso, tais processos são o atual gargalo da elevação da estrutura do prédio.

Os processos relacionados diretamente com a forma podem ser diagramados conforme o esquema a seguir:

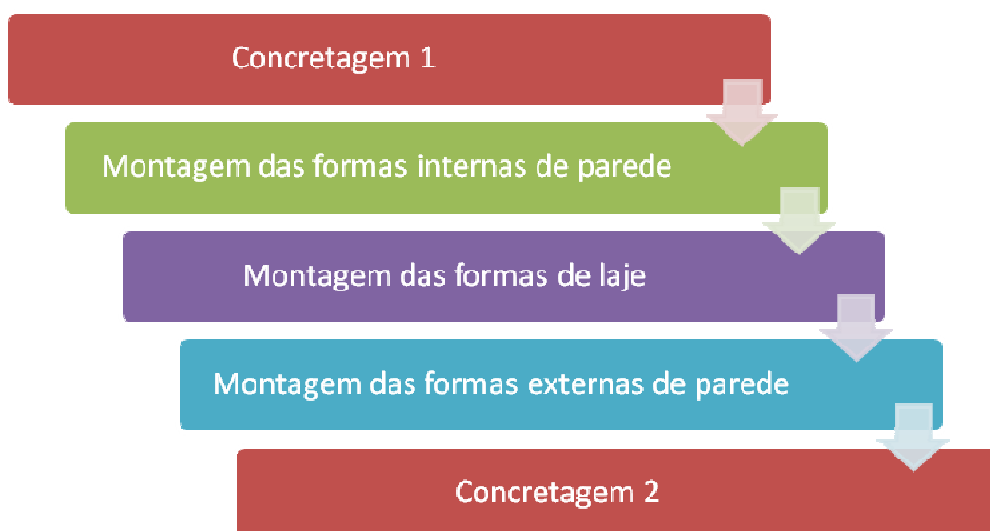


Figura 3.2: Diagrama dos processos diretamente relacionados com a forma

Foi mapeado um processo de cada vez, iniciando pelo processo da concretagem e finalizando com a montagem das formas externas de parede, já que o processo da Concretagem 1 é exatamente igual à Concretagem 2, com a diferença entre os volumes de concreto utilizados na laje.

### 3.1.1 CONCRETAGEM

O início do processo de concretagem inicia com a chegada da bomba de concreto à obra, seguida pela conexão da tubulação fixa no prédio à bomba, montagem do complemento da tubulação sobre a laje. A montagem do complemento da tubulação só pode ser concluída quando a armação sob ela estiver completa.

A concretagem segue com a chegada do concreto, que, depois de retiradas amostras para os testes de resistência e cura, é despejado na bomba que o transporta até a laje onde será espalhado. Um detalhe bastante importante é que o espalhamento do concreto engloba processos que garantem o preenchimento de todos os espaços.

O espalhamento do concreto é acompanhado pelo nivelamento da parte superior a laje, ou seja, o piso do andar superior. O processo se encerra então com a cura do concreto representado pelo atingimento da resistência mínima para que os próximos processos possam ocorrer de forma segura e com a qualidade requerida.

Uma tabela resumo deste processo é apresentada a seguir:

Símbolos					Setor	Descrição dos passos
●	⇒	□	△	▽		Montagem da bomba
○	⇒	□	▲	▽		Espera pelo concreto
○	⇒	□	△	▽		Transporte do concreto até a laje
●	⇒	□	△	▽		Espalhamento do concreto
○	⇒	■	△	▽		Nivelamento do concreto
○	⇒	□	△	▼		Cura

Tabela 3.1: Fluxograma das atividades envolvidas na concretagem

Em que:

●	Análise ou operação
➡	Transporte
■	Execução ou Inspeção
▲	Arquivo provisório
▼	Arquivo definitivo

**Tabela 3.2: Legenda dos processos**

### 3.1.2 MONTAGEM DAS FORMAS INTERNAS DE PAREDE

O processo de montagem das formas internas de parede se inicia com a desforma, que pode ser entendida como a retirada das placas das paredes. A placa então é limpa e aguarda o transporte até um ponto de passagem para o pavimento superior onde fica esperando a chegada de outro funcionário para que o transporte vertical seja realizado.

As placas são estocadas em algum local de fácil acesso no pavimento superior. Esse estoque é consumido de acordo com a necessidade da montagem, o que gera um novo transporte do local onde a placa foi estocada ao ponto de utilização, a distribuição elétrica é feita, quando há um ponto de saída na parede. Como a equipe responsável pela elétrica é diferente da responsável pela montagem, há uma espera para a chegada dos eletricitas até o local com os materiais e ferramentas necessários.

Então é aplicado um produto nas placas para que a desforma seja facilitada. Depois a placa é posicionada e fixada com apenas dois ou três pinos para não deixar que as formas saiam da posição. Finalmente o processo termina com a colocação das gravatas, que mantêm as dimensões das paredes presas através de pinos e cunhas, completando toda a fixação das formas e camisinhas, que permitem a retirada das gravatas na próxima concretagem.

Muitas vezes há a interferência da ferragem na colocação das gravatas e nesses casos é necessário cortar uma parte da ferragem, para que seja possível a colocação tanto das gravatas como das camisinhas. Os cálculos e considerações feitos pelos projetistas levam em consideração esses cortes, para que a segurança seja mantida. Segue uma tabela resumindo esse processo:

Ordem	Símbolos					Setor	Descrição dos passos
1	●	⇒	□	△	▽		Desforma
2	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
3	○	⇒	■	△	▽		Limpeza
4	○	⇒	□	△	▽		Transporte horizontal
5	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
6	○	⇒	□	△	▽		Transporte vertical
7	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
8	○	⇒	□	△	▽		Transporte horizontal
9	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pela colocação das caixas/conduítes
10	○	⇒	■	△	▽		Colocação de caixas de elétrica e conduítes
11	●	⇒	□	△	▽		Posicionamento
12	●	⇒	□	△	▽		Corte da ferragem
13	●	⇒	□	△	▽		Colocação de gravatas

Tabela 3.3: Fluxograma das atividades envolvidas na montagem das formas internas de parede

Em que:

●	Análise ou operação
⇒	Transporte
■	Execução ou Inspeção
▲	Arquivo provisório
▼	Arquivo definitivo

Tabela 3.4: Legenda dos processos

### 3.1.3 MONTAGEM DAS FORMAS DE LAJE

A lógica de montagem das formas de laje é muito parecida com a montagem de paredes internas. Esta se inicia com a desforma das peças de laje do local onde ocorreu a última concretagem. As placas são limpas e transportadas até um ponto de passagem para o andar superior. As placas são estocadas em local de fácil acesso e levadas até o local de sua utilização, conforme o consumo da montagem.

Na montagem das formas de laje não há necessidade da montagem da distribuição elétrica. No momento da fixação das placas, essas atividades podem ser realizadas após o término da montagem. As placas são menores e o trabalho é realizado o tempo todo a um nível acima da cabeça com a placa na horizontal.

Ordem	Símbolos					Setor	Descrição dos passos
1	●	⇒	□	△	▽		Desforma
2	○	⇒	■	△	▽		Limpeza
3	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
4	○	⇒	□	△	▽		Transporte horizontal
5	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
6	○	⇒	□	△	▽		Transporte vertical
7	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
8	○	⇒	□	△	▽		Transporte horizontal
9	●	⇒	□	△	▽		Posicionamento
10	●	⇒	□	△	▽		Fixação

Tabela 3.5: Fluxograma das atividades envolvidas na montagem de formas de laje

Em que:

●	Análise ou operação
⇒	Transporte
■	Execução ou Inspeção
▲	Arquivo provisório
▽	Arquivo definitivo

Tabela 3.6: Legenda dos processos

### 3.1.4 MONTAGEM DAS FORMAS EXTERNAS DE PAREDE

O processo de montagem das formas externas também se inicia com a desforma no local onde ocorreu a concretagem anterior, as formas passam pela limpeza e aguardam ser levadas a um ponto onde possam ser verticalmente transportadas. Após essas atividades, são estocadas e utilizadas de acordo com a necessidade do montador, o que exige mais um transporte.

A placa então é posicionada e encaixada, depois de ser aplicado o produto que auxilia na desforma.

Algumas placas nesse processo precisam ser montadas e transportadas sobre os andaimes. Quando o fechamento é feito na parte externa do prédio, estas não necessitam de uma montagem da distribuição elétrica; já as placas que participam da montagem de formas externas do interior do prédio possuem terminais elétricos, necessitando assim da montagem da distribuição.

Outro ponto a ser observado é o posicionamento e a fixação das placas. Podemos perceber que na montagem do segundo lado das paredes, que são chamadas aqui de formas externas de parede, há um dificultador, que são as próprias gravatas, pois é necessário coincidir todos os furos laterais das placas com os orifícios das gravatas, fazendo nesse processo o tempo de *lead time* ser relativamente maior do que na montagem das formas internas.

A seguir uma tabela com o resumo das atividades contidas neste processo:

Ordem	Símbolos					Setor	Descrição dos passos
1	●	⇒	□	△	▽		Desforma
2	○	⇒	■	△	▽		Limpeza
3	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
4	○	⇒	□	△	▽		Transporte horizontal
5	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
6	○	⇒	□	△	▽		Transporte vertical
7	○	⇒	□	▲	▽		Aguarde pelo transporte
9	○	⇒	■	△	▽		Passagem do desmoldante
10	●	⇒	□	△	▽		Posicionamento
11	●	⇒	□	△	▽		Fixação

Tabela 3.7: Fluxograma das atividades envolvidas na montagem de formas externas de parede

Em que:

●	Análise ou operação
➡	Transporte
■	Execução ou Inspeção
▲	Arquivo provisório
▼	Arquivo definitivo

**Tabela 3.8: Legenda dos processos**

## **3.2 OPORTUNIDADES DE MELHORIA**

Pela análise dos mapas dos processos, do fluxo do processo e dos desperdícios é possível identificar alguns problemas que resultam em um alto tempo de ciclo. As oportunidades de melhoria podem contribuir com minutos ou dias, mas é importante ressaltar que um processo que deve durar no máximo 9 horas, 1 hora representa mais que 10% do tempo, por isso não se deve ignorar qualquer oportunidade de melhoria.

### **3.2.1 MELHOR APROVEITAMENTO DAS FORMAS**

Ao final de muitos ciclos percebeu-se que muitas formas não eram utilizadas, ficando armazenadas no piso dos pavimentos. Utilizando a técnica dos cinco porquês, percebeu-se que o motivo para tal fato é a falta de instrução dos funcionários, que pensavam não ser necessária a montagem dessas formas no final dos ciclos.

A diferença entre a montagem dos lados Maior e Menor de um mesmo pavimento é a inclusão ou não, respectivamente, das áreas comuns do pavimento. Foi percebido que as formas que sobravam eram sempre as das áreas comuns, já que a concretagem que completava o pavimento é sempre a do Lado Menor.

As formas utilizadas para moldar os apartamentos eram utilizadas duas vezes em um mesmo pavimento, na concretagem do Lado Maior e do Lado Menor, sendo necessária a cura da concretagem anterior para o início da montagem do próximo lado no pavimento. Mas para as áreas comuns isso não se repetia, pois essas áreas, como mencionado anteriormente, eram concretadas apenas uma vez no pavimento.

Como o Lado Maior era o primeiro a ser concretado, o início das áreas comuns do andar superior era liberado. Assim, o acúmulo de formas não iria acontecer, pois assim que desformados, juntamente com o restante dos apartamentos, já poderia ser iniciada a montagem dessas áreas no próximo pavimento.

É válido ressaltar que essa alteração gera também alterações em outros processos, já que para o início da montagem das formas é necessário também o adiantamento dos processos que antecedem a montagem, como a marcação, desforma, limpeza, montagem dos andaimes nos poços de elevador entre outros, posteriormente discutidos.

### **3.2.2 GARGALOS**

A aplicação do conceito da linha de balanço em processos específicos pode identificar gargalos de processos que não estavam diretamente relacionados com a forma, os quais poderiam alterar prazos e qualidade. Como citado no início deste trabalho, o ciclo ideal para a elevação é de 2 dias, assim o ideal é que todos os processos que compõem a elevação também durem esse período.

O monitoramento dos ciclos revelou que os andaimes e a armação não acompanhavam esse ciclo por falta de exigência, ou por problemas internos, mas de fato no ciclo atual de 5 dias, esses processos não representavam problemas, mas com o objetivo de atingir o ciclo ideal, os prazos estipulados deveriam ser revistos.

#### **3.2.2.1 ANDAIMES**

O andaime é parte fundamental para a conclusão do processo, já que a montagem de todas as paredes externas do edifício necessita do andaime pronto, assim como os poços de elevadores e *shafts* para que se possa trabalhar neles com segurança, ou seja, esse é um processo que não pode ser eliminado da elevação.

Durante os ciclos de concretagem percebeu-se que a equipe dos andaimes iniciava suas atividades simultaneamente com a montagem das formas. Essa falta de sincronia não deveria acontecer, pois os andaimes devem estar muito próximos da conclusão quando a montagem da

forma é iniciada, pois quando as formas das paredes externas do prédio e dos elevadores e *shafts* forem iniciadas, os andaimes deveriam estar finalizados.

Além da falta de sincronia, havia, como citado anteriormente, o problema de ciclo, pois, mesmo que a montagem dos andaimes fosse antecipada, o término era atrasado. É válido ressaltar que esse problema está muito relacionado também com a montagem dos andaimes das áreas comuns, já que é necessária a parada total da montagem dos andaimes externos para a montagem dos andaimes de elevadores, *shafts* e escadas.

Um fator agravador é que para a montagem dos andaimes é necessária a retirada das peças da parede em que os andaimes serão apoiados, tanto a do mesmo lado da parede em que o andaime é montado como a forma que se encontra imediatamente atrás. Isso é necessário, pois a fixação do andaime é feita pelo lado oposto da parede em que este se encontra e se algumas dessas peças não forem desformadas, não é possível a fixação dos andaimes.

### **3.2.2.2 ARMAÇÃO**

A preparação da armação, diferentemente da montagem dos andaimes, não precisa da desforma para ser iniciada. O seu início se dá assim que o concreto atinge sua resistência mínima. O formato ideal da armação é estar um lado a frente da forma, já que o material dos armadores e mesmo os funcionários de armação trabalham a movimentação das forma e dos montadores de forma.

Desse modo, é necessária uma intervenção no processo de armação, ou um redimensionamento da equipe, para que o ciclo de armação também alcance 2 dias por pavimento, fazendo com que cada metade seja concluída em um dia, juntamente com a armação de laje, resultando na não interferência entre os funcionários de forma e os de armação.

### **3.2.3 SUPRIMENTOS**

Após o primeiro questionamento sobre os motivos do alto tempo de ciclo da elevação, obteve-se como primeira resposta a falta de materiais disponíveis quando necessitados

no momento da montagem da laje. Durante o mapeamento do processo também foi percebido um alto tempo desperdiçado com a procura de peças e ferramentas pela laje.

Dessa forma, para a obtenção do objetivo é imprescindível a presença de todos os materiais e ferramentas necessários. Grande parte desses materiais possui tamanho reduzido e por isso são perdidos com muita facilidade. Outro detalhe bastante importante é que todos esses miúdos são constantemente utilizados e conseqüentemente existe uma taxa de perdas por ciclo.

### **3.2.3.1 PINOS/CHUNAS/GRAVATAS**

Pinos, cunhas e gravatas são peças fundamentais na montagem das formas, já que são responsáveis pela garantia da fixação. São necessários exatamente 9 pinos, cunhas e gravatas de cada lado de cada forma para que estas estejam corretamente fixadas. Assim, é fácil perceber que a procura ou falta desses materiais representa um tempo significativo na montagem de formas.

Com os dados obtidos nas observações, percebemos que o tempo gasto para a fixação de pinos e cunhas pode representar 50% do tempo de montagem total de uma forma e esse tempo, quando incluído o tempo despendido na procura por esses miúdos, chega a dobrar o tempo total gasto na montagem deste elemento, e essa procura acontece de frequentemente nas montagens.

Assim, um esforço na presença constante desses materiais no ponto de utilização, resultando em uma minimização do tempo de procura e espera por esses materiais, é um ponto muito importante para a redução do tempo do ciclo. Vale lembrar que o esforço não está focado na presença dos componentes em questão na laje, mas também em aproximá-los dos montadores.

### **3.2.3.2 GRAPAS**

A mesma lógica pode ser aplicada às grapas ou presilhas, que são peças utilizadas para fixar as formas de laje e formas diferenciadas utilizadas nos fechamentos de janelas e portas. Para a fixação dos painéis de laje são necessários em sua maioria 3 pinos e cunhas em 2 dos lados da forma e 4 grapas nos outros dois lados, enquanto nos tapa muros são utilizados

aproximadamente 20 grapas e 8 pinos nas janelas e 6 grapas e 36 pinos nas portas, ou seja, se analisado o pavimento como um todo verifica-se que 33% da fixação é feita por presilhas.

O tempo gasto na procura desses materiais também pode ser considerado significativo. No processo ideal de montagem, o tempo gasto na colocação de grapas representa também mais 50% do tempo total. Com a inclusão do tempo de procura por esses materiais, esse tempo chega a 75% do tempo de montagem das formas de laje.

De acordo com as observações, uma placa leva em média aproximadamente 1 minuto para ser montada, no processo ideal são gastos 30 segundos na fixação dessas placas, com a procura, o tempo de montagem passa a ser de 2 minutos, dos quais 1,5 minuto é gasto com a fixação das grapas.

Também é bastante importante a reposição constante de grapas, para que não falte material nos locais de trabalho, e assim como citado anteriormente, haja um esforço para a diminuição da procura por esses materiais.



**Figura 3.3: Miúdos espalhados pela laje**

### **3.2.3.3 CONCRETO**

O concreto só pode começar a ser despejado depois das formas montadas e da armação finalizada. Válido lembrar que a equipe que realiza a concretagem é composta pelos mesmos funcionários que realizam a montagem, mas com um tamanho reduzido, e por isso os

funcionários se alternam para que todos participem da atividade de concretagem. Os funcionários que não são escalados para essa atividade podem se retirar ao fim da montagem das formas.

Os funcionários que permanecem na obra durante a concretagem ficam totalmente ociosos até o momento da chegada do concreto, fazendo com que haja um desperdício de horas de mão de obra.

Além de ser um desperdício para o empreendimento, a espera dos funcionários contribui negativamente para a motivação dos funcionários e para o desgaste físico, resultando em médio prazo em um aumento na duração do ciclo analisado.

Vale ressaltar que a programação exata do concreto é uma tarefa bastante complicada, pois não depende apenas de fatores que podem ser controlados. Supondo, em uma situação ideal, que o concreto foi marcado para chegar na hora exata em que todos os serviços foram finalizados, já é bastante difícil de estimar. O tráfego lento no traslado dos caminhões e o atraso acumulado por causa de outros clientes do fornecedor de concreto agravam o problema percebido.



**Figura 3.4: Funcionários aguardando chegada do concreto**

#### **3.2.3.4 FERRAMENTAS**

As ferramentas representam também um papel importante em qualquer processo produtivo. O papel das ferramentas é facilitar ou permitir a realização das atividades para a conclusão do processo como um todo, dessa forma é necessária a presença de todas as elas no local de sua utilização e no momento em que estas forem utilizadas.

Na obra, um elevado tempo é desperdiçado na procura de ferramentas (como tesouras, rolos de lã ou espuma, baldes etc.), o que gera um aumento significativo no tempo de montagem de uma placa. É válido lembrar que todas essas ferramentas citadas são necessárias na montagem de todas as placas, por isso são constantemente utilizadas em todo o processo de produção.

Em alguns casos as ferramentas não estão na obra, por falha dos funcionários ou por falha da empresa. Neste empreendimento, o martelo é de responsabilidade do montador que muitas vezes perde-o, mas outras ferramentas como as máquinas de pressurização da água, tesouras para cortar aço precisam estar no almoxarifado da obra, para que não seja sentida a falta dessas ferramentas.

#### **3.2.4 PEÇAS INVERTIDAS**

Verifica-se que os apartamentos são simétricos longitudinalmente e algumas das peças não se encaixam em seu lado oposto, já que não são simétricas e por isso existem algumas placas que necessitam ser “trocadas” entre as equipes dos apartamentos simétricos durante a montagem das formas.

As cantoneiras, peças que conectam duas paredes, não são simétricas, pois têm um formato parecido com a letra “L”, mas é fácil notar que com uma simples rotação elas se encaixam conforme o desejado, mas isso só é possível quando os dois lados da cantoneira têm o mesmo tamanho. Quando isso não ocorre existe a necessidade de trocá-la com a forma de outro apartamento que tem o mesmo formato, mas foi criada invertida e para que ocorra essa troca é necessário que ambas as formas estejam desformadas, aumentando o risco de não haver peças disponíveis no momento da montagem dessa peça.

#### **3.2.5 CANTONEIRAS SUPERIORES**

As cantoneiras superiores como o próprio nome já diz estão localizadas na parede, mas na parte superior do pavimento (EQLs). As formas se fixam com as cantoneiras que

conectam as formas de parede e as de laje, com as que compõem a laje; e com as formas que formam as paredes.

Antes da montagem das peças de laje é necessária a montagem dessas cantoneiras, tal como para que essas peças sejam desformadas é necessária a desforma das placas imediatamente ligadas a esse tipo de forma, assim como alguns painéis de laje e também alguns EQLs, por isso são as últimas a serem desformadas.

Assim, essa é uma peça que pode representar grandes problemas, já que é a última a ser retirada na desforma e é necessário que esteja montada quando iniciada a montagem de laje. Nota-se que a montagem dessas cantoneiras é bastante facilitada quando a fixação é feita em conjunto com a parte inferior, ou seja, sem estarem fixas às duas formas laterais, mas quando ocorre essa fase, a desforma de laje ainda não está concluída, impossibilitando-a.

### **3.2.6 DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA**

Em algumas placas é necessária a montagem das saídas da distribuição elétrica. As placas que recebem essas peças são marcadas, e quando os montadores veem essa marca, eles param a produção e aguardam um eletricista para que o kit seja montado.

Podemos perceber que esse é um fator que aumenta consideravelmente o tempo de montagem da forma, pois é necessário que o montador encontre um eletricista na laje, aguarde até que este chegue até o ponto de montagem e monte as peças da distribuição, e só depois de todas as atividades finalizadas, a forma pode ser montada.

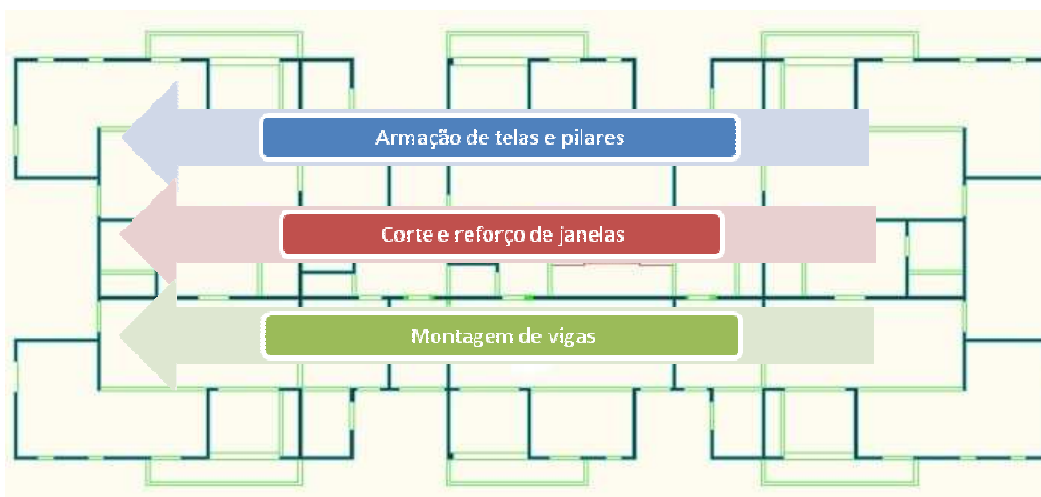


**Figura 3.5:** Distribuição elétrica montada na placa

### 3.2.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

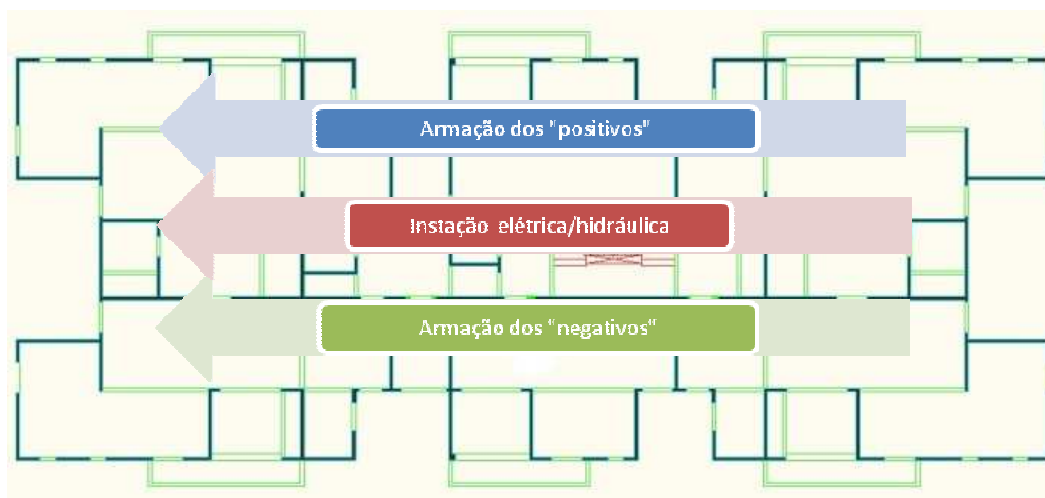
Observando todos os processos envolvidos na elevação, nota-se que a organização do trabalho das equipes é aleatória. Um dos problemas citados por Koskela é a descontinuidade nas soluções entre as equipes, como se houvesse várias organizações trabalhando independentemente. Neste trabalho constatou-se esse problema.

O processo da armação de parede segue de forma linear, atravessando a laje no sentido longitudinal, com uma única equipe. Primeiramente eles amarram as telas, depois as cortam para os buracos das janelas. Posteriormente colocam as vigas e reforços de janela. Essas três fontes de serviços são feitas em série, ou seja, só após o término da amarração das telas que são cortadas e reforçadas as janelas e posteriormente colocadas as vigas. Como mostra o diagrama a seguir:



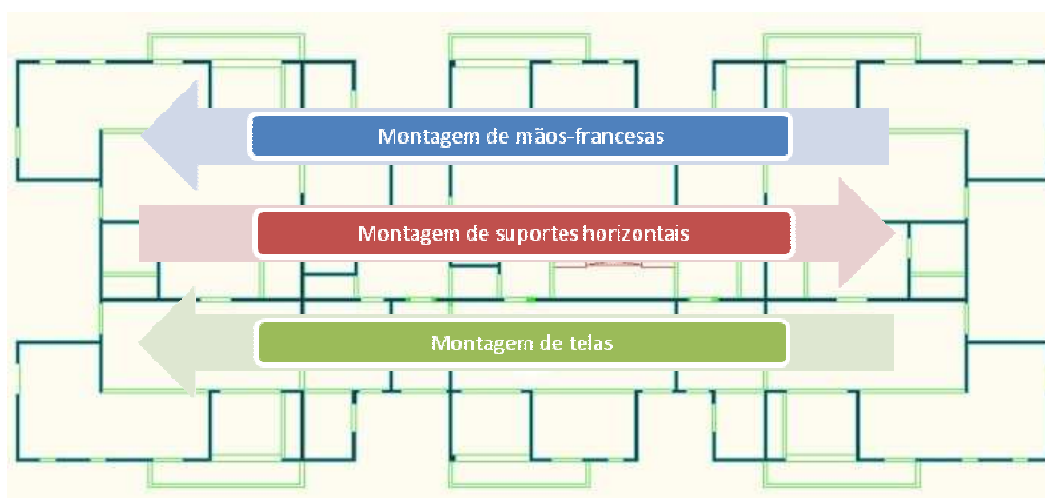
**Figura 3.6: Diagrama da armação**

A armação e instalação elétrica da laje seguem uma lógica parecida com a armação de parede mostrada na Figura 3.6. As atividades seguem no sentido longitudinal também, iniciando pelo processo de colocação de telas, posteriormente são feitas as instalações elétrica e hidráulica e os negativos das armações de laje são colocados. Como mostra o diagrama a seguir:



**Figura 3.7: Diagrama da armação e das instalações de laje**

Os andaimes, processo que interfere de maneira bastante significativa na concretagem segue no sentido longitudinal, montando primeiramente as mãos-francesas, depois os anteparos horizontais, e por último as telas de proteção. Lembrando que a terceira etapa só se inicia ao final da segunda etapa que, por sua vez, só se inicia após o término da terceira. Como mostra o diagrama a seguir:



**Figura 3.8: Diagrama da montagem dos andaimes**

A organização da montagem é um pouco diferente, pois é realizada de forma transversal, dividindo a laje em três, o que coincide com a divisão dos apartamentos. Como mostrado nas figuras Figura 3.9 diagramada a seguir:

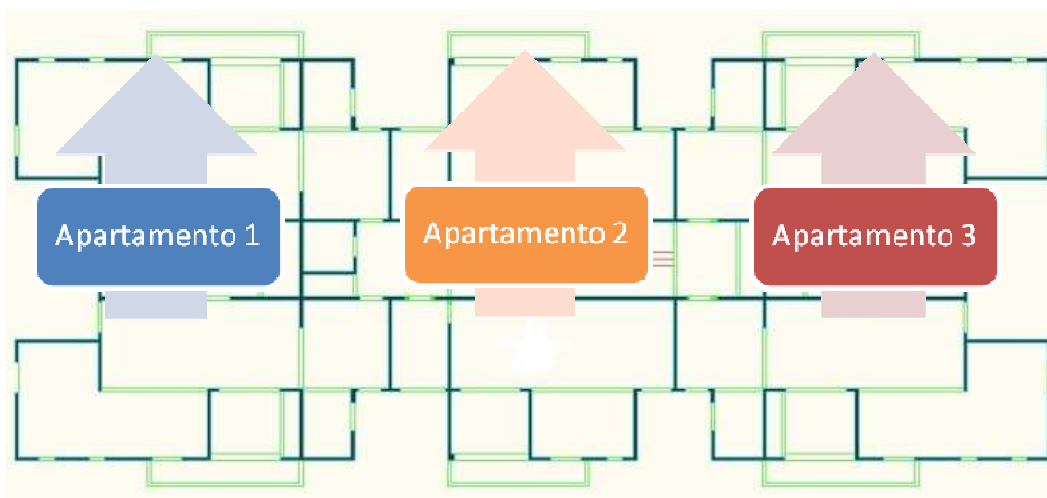


Figura 3.9: Diagrama da montagem das formas

Com a sobreposição dos diagramas apresentados, é possível perceber que há uma grande interferência entre os processos que geram paradas e esperas, resultando em um processo mais longo do que o necessário.

### 3.3 QUADRO RESUMO

É possível notar que ao longo da análise do problema foram encontrados pontos que podem representar fontes para o alto tempo do ciclo da elevação. Para obter uma visão geral e auxiliar no desenvolvimento de uma solução global, viu-se necessária a elaboração de um quadro que trouxesse as principais oportunidades para a redução do ciclo, mostrado na tabela seguir:

<b>Problemas encontrados</b>	<b>Principais pontos</b>
Melhor Aproveitamento das Formas	- Formas ociosas - Funcionários ociosos
Andaimes	- Produção lenta - Produtividade variável
Armação	- Produção fora de ritmo - Interferência com a montagem de formas
Suprimentos	- Falta de materiais - Excessivo tempo gasto para localizá-los
Peças invertidas	- Causam confusão - Acumulo de esperas
Cantoneiras superiores	- Última peça a ser retirada e primeira a ser montada - Excessivo tempo gasto na montagem
Distribuição elétrica	- Excessivo tempo gasto na montagem - Interferência com a montagem de formas
Organização do Trabalho	- Aleatoriedade

Tabela 3.9: Tabela resumo dos problemas

## **4 PROPOSTAS**

Neste capítulo está apresentado o modelo para a redução de ciclo desejada. Esse modelo foi baseado em teorias e estudos feitos pelo autor ao longo deste trabalho, evidenciando quais foram as principais oportunidades de redução de ciclo, assim como o detalhamento da metodologia desenvolvida.

### **4.1 APRESENTAÇÃO DO MODELO**

Apresenta-se aqui da maneira mais genérica possível um modelo aplicável em qualquer tipo de concretagem com formas metálicas, mostrando etapas e procedimentos para que este possa ser reproduzido com sucesso, chegando ao objetivo de reduzir o ciclo de concretagem sem o aumento da mão de obra, gerando consequentemente um aumento da eficiência desta.

Esse modelo pode ser separado em algumas etapas. Cada etapa tem a função de auxiliar na explicitação de possíveis pontos de melhoria, mesmo que de pouca significância, pois como foi citado anteriormente, a redução de qualquer tempo representa um adiantamento das atividades posteriores, resultando em uma redução de prazo e em última instância uma redução de custos.

As etapas desse modelo são agrupadas de maneira lógica, deixando todas as atividades relacionadas em um mesmo grupo, facilitando assim o entendimento da justificativa de cada etapa em questão. Para uma aplicação eficiente do modelo, é necessária a aplicação de todas as etapas descritas, mesmo que estas possam fornecer informações já conhecidas.

### **4.2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO**

O modelo foi dividido em quatro grupos de abordagem, cada qual com um objetivo. Esses grupos foram subdivididos basicamente em: objetivo, processos, sugestões, solução.

#### **4.2.1 OBJETIVO**

O primeiro grupo, relacionado com o objetivo do modelo tem justamente a função de gerar uma meta para este, definindo qual deverá ser o resultado final da aplicação do modelo. Nesse grupo podemos encontrar a etapa de Identificação do Ciclo que fornece quantos dias o processo deve demorar, assim como justificativas para tal.

O objetivo definido deve ser plausível e possível, e que melhor se ajuste ao contexto da obra, pois uma redução ao máximo do ciclo normalmente despende de um alto investimento e na maioria das vezes não é o mais interessante para o fluxo da obra, pois com um fluxo mais acelerado, mais consumo de material e mão de obra são utilizados, aumentando dessa forma o custo mensal, que nem sempre pode ser atendido pela incorporadora.

#### **4.2.2 PROCESSOS**

O segundo grupo está relacionado com o conhecimento do processo, por isso todas as etapas pertencentes a esse grupo têm a finalidade de melhor entender o fluxo, assim como a função de cada atividade da elevação, tentando abordar o maior número de perspectivas possíveis a fim de explicitar os pontos de melhoria que o processo apresenta.

Nesse grupo estão as etapas de Mapeamento do Processo e Observação do Processo. O Mapeamento fornece informações de fluxo, destacando quais as etapas contidas na elevação. Esse mapeamento dá a visão atual do processo, possibilitando a identificação do processo ideal, ou seja, sem atividades que desperdiciem recursos, ou não agreguem valor.

A Observação do Processo tem a função de analisar mais profundamente cada atividade. Dentro da elevação há muitas atividades e por isso é necessária uma priorização. A quantidade de processos a ser analisados dependerá do tempo disponível para tal análise, já que o ideal seria analisar mais de um ciclo de cada atividade e o maior número de atividades possível.

A priorização deve então se iniciar pelos processos com maior duração de tempo e que fazem parte do caminho crítico do processo, com a solução desse gargalo, outros aparecerão e deverão ser resolvidos até o fim de todos os gargalos, ou até o atingimento do ciclo desejado.

### 4.2.3 SUGESTÕES

O terceiro grupo está relacionado com o desenvolvimento de propostas de melhoria. Nesse grupo são reunidas as etapas que geram essas propostas, tanto no âmbito de organização do trabalho, como melhorias de processo. Nessas etapas o foco é ampliar o campo de possíveis soluções, dando uma visão mais focada nas atividades, que depois serão combinadas de forma a trazer uma solução ótima para o processo de elevação.

Nesse grupo estão localizadas as etapas de: Dimensionamento de Equipes, Identificação dos Desperdícios do Processo e Eliminação das Interferências Externas. O Dimensionamento da equipe fornece o número ideal de funcionários que devem estar presentes no processo, levando em conta as características das atividades e da produtividade média dos funcionários. Essa etapa é bastante importante, pois elimina qualquer excesso relacionado com a mão de obra, além de formar a melhor equipe possível.

A Identificação dos Desperdícios do Processo é necessária, pois como citado anteriormente, é preciso encontrar os desperdícios nas atividades que compõem a elevação. Nessa etapa são priorizados principalmente os processos relacionados diretamente com a forma, pois nesse processo normalmente se encontram aproximadamente 50% do efetivo que trabalha na elevação, além de abranger a maior parte e as mais importantes atividades da elevação.

Essa separação é necessária, pois os processos diretamente relacionados com a forma também possuem uma maior interferência entre si, tornando necessário um estudo em conjunto dessas atividades. O controle das equipes normalmente é unificado, facilitando também a tomada de decisões entre essas equipes.

A Eliminação das Interferências Externas compreende a análise de todos os outros processos contidos na elevação que não estão diretamente relacionados com a forma. O foco dessa etapa é dar apoio às atividades abordadas na etapa anterior, ou seja, não deixar o ritmo ser alterado, o que gera uma equalização do ritmo de todas as atividades envolvidas na elevação.

Essa separação é necessária, pois normalmente as atividades que não estão relacionadas diretamente com a forma são controladas por diferentes empreiteiros, fazendo com

que uma solução em conjunto dificulte o entendimento das soluções que atuem em seus processos.

#### **4.2.4 SOLUÇÃO**

Nesse grupo está situada a etapa de Definição do Fluxo do Processo. É necessária a unificação de todas as propostas, tendo agora uma visão mais sistêmica, eliminando as interferências negativas que uma solução tem com as outras, para gerar uma solução ótima para o processo de elevação como um todo.

O objetivo principal é a elaboração de uma solução que mantenha o fluxo constante e com um mesmo ritmo, não deixando nenhuma atividade ociosa, ou sobrecarregada, ou seja, tornar todos os processos balanceados, resultando assim em uma solução teórica na qual a produtividade é maximizada. Essa solução torna-se uma meta a ser perseguida, que leva ao resultado proposto no início desse modelo.

### **4.3 O MODELO**

Como apresentado anteriormente, o modelo é dividido em algumas etapas, sendo cada etapa fornecedora de uma informação. As etapas desse modelo estão apresentadas a seguir: Identificação do Ciclo, Mapeamento do Processo, Observação do Processo, Dimensionamento da Equipe, Identificação dos Desperdícios do Processo, Identificação das Interferências Externas, Definição do Fluxo do Processo.

#### **4.3.1 IDENTIFICAÇÃO DO CICLO**

A primeira etapa do modelo é a Identificação do Ciclo. Essa atividade consiste em definir qual é o ciclo que deve ser atingido ao final da aplicação do modelo. Para que isso seja possível é necessário um levantamento das datas de todas as concretagens que ocorreram até o momento, definindo assim os inícios e fins de cada ciclo. Com algum estudo, é possível definir em dias os tempos de cada concretagem.

Como essa tecnologia de elevação é nova, existe pouca mão de obra especializada e por isso são contratadas pessoas sem qualquer tipo de experiência para que possam ser treinadas e depois atuem no processo. Esse treinamento é nitidamente absorvido com o tempo, gerando uma curva de aprendizagem demonstrada na redução gradual nos tempos de ciclos.

O ciclo então pode ser definido em qualquer etapa desse período de aprendizagem e é aquele que, caso atendido pela elevação e por todos os outros processos dos pavimentos, atende o prazo da obra.

#### **4.3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO**

Após a definição do histórico dos ciclos e a definição do ciclo desejado, passa-se para o mapeamento do processo. Esse mapeamento visa a melhorar o entendimento do processo, explicitando todas as etapas por que o processo passa para sua conclusão. Com o mapeamento pode-se encontrar algumas atividades que podem ser eliminadas ou ter seu tempo reduzido ao máximo, mostrando dessa forma alguns pontos de melhoria.

O mapeamento do processo nada mais é do que a montagem de um fluxo com todas as etapas compreendidas pelo processo. Todas as etapas devem ser diagramadas, passando por operação, transporte, estoques parciais e até mesmo as etapas de inspeção. Um ponto bastante importante no mapeamento é a atribuição de tempos para cada etapa, fazendo com que se perceba também qual é a atividade que representa o maior consumo de tempo.

Pode-se utilizar como modelo para o desenvolvimento do mapeamento do processo a tabela a seguir:

<b>Símbolos</b>	●	Análise ou operação	<b>Totais</b>	
	➡	Transporte		
	■	Execução ou Inspeção		
	▲	Arquivo provisório		
	▼	Arquivo definitivo		

**Rotina:** Atual  Proposta  **Tipo de Rotina** \_\_\_\_\_

**Setor:** \_\_\_\_\_

**Efetado por:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_\_

Ordem	Símbolos					Setor	Descrição dos passos
1	○	➡	□	△	▽		
2	○	➡	□	△	▽		
3	○	➡	□	△	▽		
4	○	➡	□	△	▽		
5	○	➡	□	△	▽		
6	○	➡	□	△	▽		
7	○	➡	□	△	▽		

Tabela 4.1: Folha para Mapeamento do Processo

### 4.3.3 OBSERVAÇÃO DO PROCESSO

Essa etapa é compreendida pela observação física das atividades durante um ou mais ciclos de produção. Essa observação mostra as dificuldades reais dos funcionários envolvidos, podendo ser percebidos quais desses problemas são pontuais e quais são sistemáticos. Os problemas sistemáticos necessitam de uma maior atenção, já que provavelmente são gerados por problemas no método construtivo, já os problemas pontuais, possivelmente não se repetirão em outros ciclos.

As movimentações dos funcionários também devem ser observadas e, quando possível melhoradas, em termos de tempo e de produtividade, e o grau de profundidade em que esses estudos ocorrerão dependerá da magnitude da redução que será requerida por esse modelo, e das características do processo.

Por exemplo: se for decidido mudar a maneira como um funcionário aperta um parafuso para ganhar 3 segundos nesse processo, e for necessária uma redução de 5 dias, essa solução gerará pouco efeito. Caso a redução necessária seja de 5 segundos, 3 segundos já

representam mais de 50% da redução requerida, mas é válido lembrar que se o aperto do parafuso for repetido inúmeras vezes dentro de um único ciclo, então deve-se levar em consideração, pois se forem necessários apertar 1000 parafusos no processo analisado, uma redução de 3 segundos em um único aperto gera uma redução efetiva de aproximadamente 50 minutos.

Com a observação do processo é possível tirar algumas informações: dificuldades pontuais, dificuldades sistemáticas, melhorias nos tempos e métodos das atividades, além de ter o total conhecimento do processo analisado.

#### **4.3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DO PROCESSO**

Nessa etapa do modelo deve-se identificar os desperdícios do processo. Esses desperdícios são os mesmo descritos por Ohno que, se eliminados, transformam a produção em enxuta, restando apenas processos que agregam valor, tornando a produção mais eficiente no aspecto de resultado para o cliente.

Essa etapa não se restringe somente à identificação dos desperdícios, está incluído também o desenvolvimento de soluções pontuais para a redução desses desperdícios. Nem todas as soluções serão aplicadas no mesmo modelo, pois possivelmente estas sejam concorrentes, mas as de maior prioridade ou maior impacto na situação atual devem ser incluídas na solução final.

#### **4.3.5 DIMENSIONAMENTO DAS EQUIPES**

As etapas anteriores são necessárias para a coleta de informações para dar base ao desenho de um processo que se inicia por essa etapa, o Dimensionamento das Equipes. Com base na produção média de um funcionário e com o montante que este deve produzir, é possível definir quantos funcionários são necessários para a produção de um único apartamento.

Vale lembrar que para cada tipo de trabalho há uma produtividade diferenciada, sendo necessário então um balanceamento de produção, o que significa que as equipes não vão possuir o mesmo número de funcionários, mas a mesma produtividade de formas por hora, por exemplo. Essa produtividade da equipe resultará da análise e decisão da redução esperada e deve ser calculada com base nesses estudos.

#### **4.3.6 ELIMINAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS EXTERNAS**

Além dos processos relacionados com a forma, existem outros processos que também estão incluídos na elevação. Essa é a etapa que analisa esses processos, gerando também soluções visando a não parada da mão de obra e de materiais, portanto um ritmo ideal para a elevação.

As soluções propostas nessa etapa do trabalho não são muito detalhadas, pois os responsáveis por esses processos normalmente não são os responsáveis pelos processos diretamente relacionados, e, portanto, a implantação de alterações no processo dessas equipes é complicada por não haver apoio nem mesmo dos donos das equipes.

Os processos que podem ser definidos como não relacionados à forma são aqueles que não as manuseiam como a armação de parede, de teto, distribuição elétrica, andaimes. Os resultados desses processos interferem na montagem das formas, mas todos os suprimentos, equipes, entre outros, são independentes.

#### **4.3.7 DEFINIÇÃO DO FLUXO DO PROCESSO**

A última etapa do modelo é a junção de todas as possíveis soluções geradas pelas etapas anteriores, em uma única solução que visa a direcionar o fluxo da elevação que inclui todos os processos abordados por esse modelo a fim de proporcionar um fluxo constante e único.

Fica claro então que a solução gerada por esse modelo não se restringe a um único processo, e tenta abordar o maior número de processos relacionados com a elevação, determinando o menor ritmo de produção possível e igual para todos eles, gerando um sistema com a melhor utilização possível, levando em conta as características do empreendimento.

## **5 IMPLANTAÇÃO**

Neste capítulo será descrito como foi o processo de implantação do modelo proposto. É importante lembrar que após o desenvolvimento da solução teórica, foram encontradas algumas dificuldades na implantação, que geraram ajustes também incluídos na solução.

### **5.1 PROPOSTAS**

Após a realização das etapas descritas no item 4.3 até a etapa descrita no item 4.3.4, surgiram algumas soluções descritas abaixo. Válido lembrar que algumas dessas propostas englobam a solução de mais de um problema citado anteriormente no item 3.2.

#### **5.1.1 ÁREAS COMUNS**

As áreas comuns como citando anteriormente significavam uma grande diferença entre o Lado Maior e o Lado Menor, uma das justificativas para a diferença entre a concretagem do Lado Menor que durava 2 dias e a concretagem do Lado Maior que levava 3 dias. Então o primeiro direcionador foi eliminar a diferença entre esses dois lados.

Ao analisar as áreas comuns, percebe-se que assim que concretado o Lado Maior, fica liberada a montagem da armação de parede no pavimento superior, que quando acabada libera a montagem de formas. Assim se houvesse outro jogo de formas, seria possível montar o pavimento superior do Lado Maior sem precisar concretar o Lado Menor.

Mas no caso em questão não havia disponível dois jogos de formas, fazendo com que sejam necessárias as formas utilizadas nos apartamentos do Lado Maior para a concretagem do Lado Menor, deixando as formas das áreas comuns paradas por uma concretagem, o diagrama a seguir mostra a distribuição das formas:

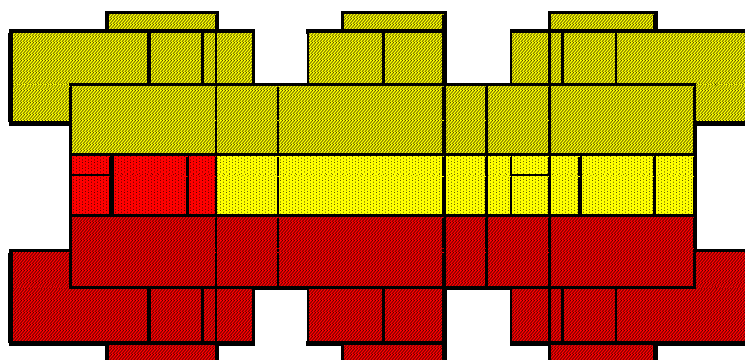


Figura 5.1: Disposição do Lado Maior e Menor e das áreas comuns

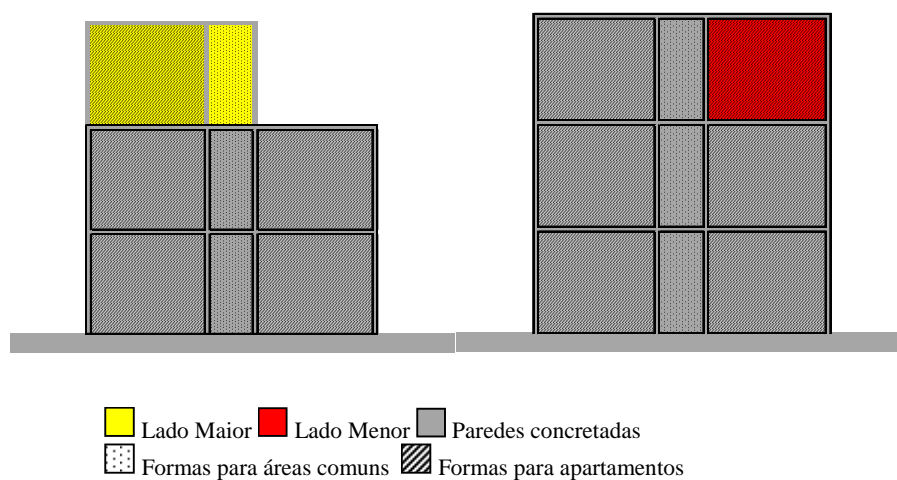
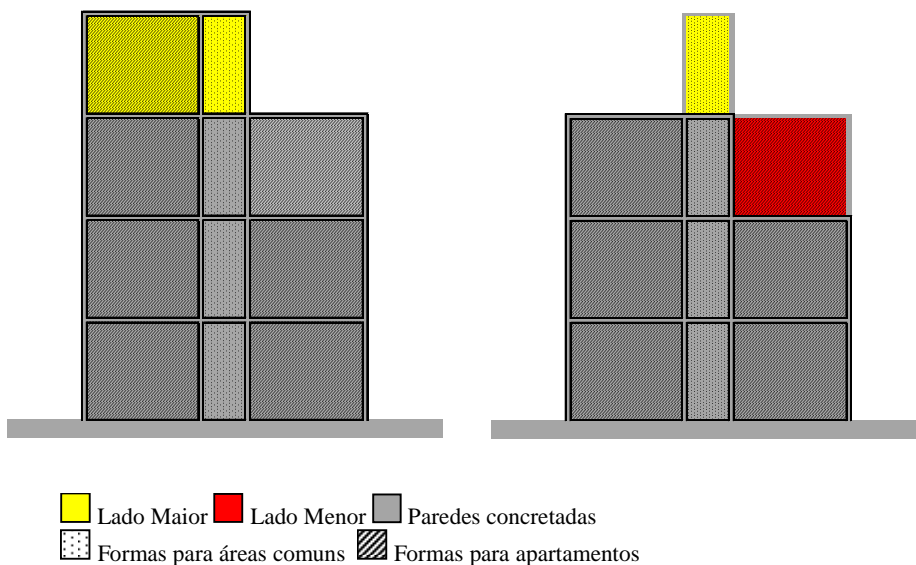


Figura 5.2: Diagrama da concretagem do Lado Maior (esquerda) e Lado Menor (direita)

As formas devem estar sempre sendo utilizadas para a montagem. Caso isso não aconteça, incorremos em um desperdício de material, já que as formas poderiam estar sendo utilizadas para adiantar a elevação, enquanto estão paradas esperando o Lado Menor ser concretado. O que foi proposto então é montar as áreas comuns juntamente com o Lado Menor como mostra o diagrama a seguir:



**Figura 5.3: Diagrama das concretagens proposta do Lado Maior (esquerda) e Lado Menor (direita)**

Aparentemente o que foi feito foi transformar o Lado Menor em Maior, mas um ponto bastante importante aí é que na verdade as áreas comuns não precisam estar prontas no mesmo momento em que o Lado Menor estiver, mas devem estar finalizadas no momento em que o Lado Maior do pavimento superior estiver terminado, pois é nesse momento que serão concretadas.

Dessa forma, as áreas comuns têm um tempo maior para serem montadas. Iniciando juntamente com o Lado Menor, mas podendo ser finalizada até o término do Lado Maior, equalizando os dois lados e, portanto fazendo com que estes tenham o mesmo tempo de ciclo de concretagem. Resumidamente, os lados possuem ciclo de 1 dia e as áreas comuns possuem um ciclo de 2 dias.

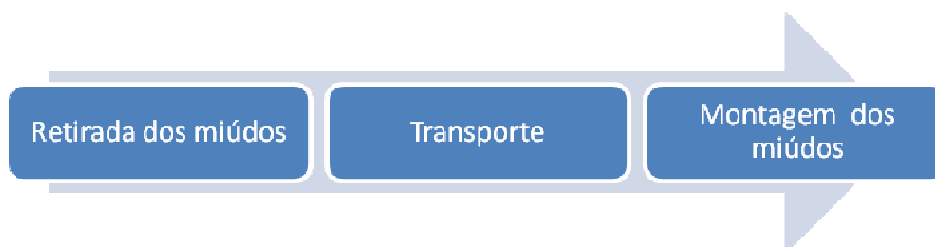
### 5.1.2 CONCENTRAR PINOS, CUNHAS, PRESILHAS E GRAVATAS

Observa-se que pouco cuidado é tomado com relação à organização das peças miúdas e como consequência disso há uma procura intensa por esses materiais principalmente no final das montagens. Essa procura muitas vezes chega a levar mais tempo do que o necessário para fixar uma placa.

Essa movimentação excessiva é uma atividade que não agrega valor e que pode ser eliminada. Para isso, é necessário que os funcionários no momento em que estão tirando os pinos das formas, os coloquem diretamente em baldes para que estes não fiquem espalhados pela laje e eventualmente escondidos em baixo de entulhos e até mesmo do concreto que escorre das formas no momento da concretagem.

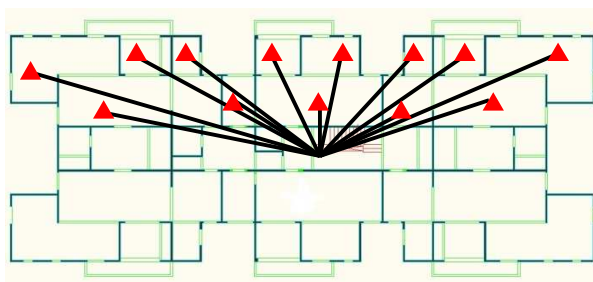
Outra medida para melhorar ainda mais a disposição dos miúdos é a colocação destes nos pontos de passagens, para que não sejam necessárias as movimentações pelos cômodos à procura dos recipientes que os contenham. No caso em questão, há somente um único ponto de passagem do andar superior para inferior, que é a escada principal. Assim o local perfeito para a colocação dos pinos, cunhas, presilhas e gravatas é perto dos degraus da escada.

Podemos evidenciar esses fatos, observando e analisando o fluxo específico para os miúdos, esquematizado a seguir:



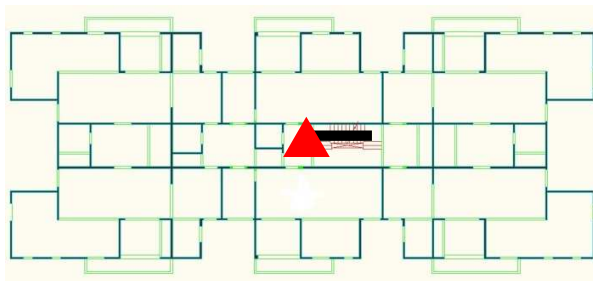
Percebe-se que o fluxo dessas peças é sempre da desmontagem para a montagem e nunca acontece uma inversão. Os processos de retirada e montagem não foram alterados, com a exceção da necessidade da colocação desses miúdos em recipientes que facilitem o transporte em quantidades substanciais. O transporte foi mais bem detalhado para melhor compreender as alterações.

O diagrama a seguir mostra a movimentação dos funcionários no andar inferior para a busca dos miúdos. As linhas representam o trajeto dos funcionários e os triângulos vermelhos representam os estoques temporários de pinos, cunhas, presilhas e gravatas. Percebe-se também uma movimentação entre os estoques, quando estes não são encontrados, a qual não foi representada no diagrama, para facilitar o entendimento.



**Figura 5.4: Movimentação antes da solução**

Com a solução proposta, a ideia é unificar os estoques temporários e com isso eliminar as movimentações entre os estoques, o que representaria uma redução na movimentação de forma geral. Além de não necessitar que os funcionários fiquem coletando os miúdos no chão, eliminando também a procura desses miúdos. Resultando em uma movimentação mostrada no diagrama a seguir:



**Figura 5.5 Movimentação após a implantação da solução**

Claramente é possível perceber que há uma redução significativa na movimentação de materiais e pessoas, reforçado pelo fato de que as movimentações mostradas pela Figura 5.4 são aproximadas por retas que são menores do que o traçado real, já que nessa rota não foram consideradas as paredes. Existe também o fato de que na Figura 5.4 não estão representadas as movimentações entre os estoques; já na Figura 5.5 não existe essa movimentação.

Desse modo, um processo com pouca duração é adicionado, que seria o transporte do recipiente com os miúdos para perto da escada, mas um processo muito demorado seria eliminado, que seria a procura por pinos, cunhas, presilhas e gravatas e principalmente a movimentação entre os estoques. Lembrando que a movimentação em direção à escada seria

muito menor, pois seriam transportados vários pinos, trazendo uma redução no tempo de ciclo de concretagem.

Quando se passa da montagem do Lado Maior para o Lado Menor, a escada deixa de ser o meio de passagem principal, mas por outro lado, com a concentração de pinos, cunhas, presilhas e gravatas em um único ponto onde todos saibam, não há a necessidade de procura por todo o pavimento, além de trazer os mesmos benefícios citados anteriormente, mostrando-se assim uma considerável melhora nas atividades relacionadas com os miúdos.

### **5.1.3 CONCENTRAR FERRAMENTAS**

Com um raciocínio similar ao item 5.1.2, pudemos identificar que também havia grande procura de ferramentas, já que os funcionários não tinham muito cuidado com a organização destas. Por isso a concentração das ferramentas traria um benefício bastante relevante para a montagem, já que eliminaria novamente o processo de procura e de movimentação pela laje, que é aproximadamente 1 minuto, tempo suficiente para o funcionário montar uma forma de parede interna por exemplo.

Vale ressaltar que as ferramentas referidas neste tópico são as compartilhadas por todos os funcionários, como tesouras para cortar aço, sacaforma, sacagravata, alavancas, furadeiras, entre outros. Não se enquadram neste tópico os martelos, já que cada funcionário deve possuir o seu. Outro ponto importante é que essa solução não visa apenas a reunir as ferramentas, mas inclui a disposição em um local de fácil acesso e conhecido por todos. Dessa forma, os funcionários após utilizarem essas ferramentas, devem devolvê-las exatamente ao local combinado.

Logicamente existem ferramentas mais utilizadas na montagem e outras mais utilizadas na desmontagem das formas. Para isso, o ideal seria um conjunto de ferramentas em cada pavimento trabalhado, mas caso não seja possível, as ferramentas mais utilizadas na desmontagem são dispostas em um local mais perto desse posto de trabalho, enquanto as mais utilizadas na montagem são dispostas em um local mais perto do posto de trabalho de montagem,

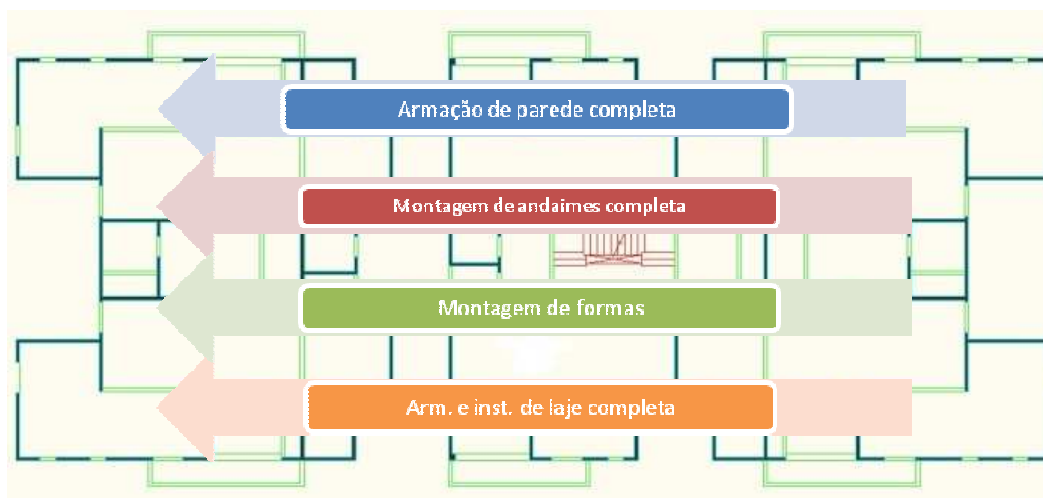
e reforçando, caso uma ferramenta de desmonte seja necessária na montagem, o funcionário a encontra no local determinado, a utiliza e a coloca novamente onde estava anteriormente.

O melhor local para essa localização é aquele que minimiza as distâncias entre os locais de utilização ponderados pelo número de vezes que se utiliza a ferramenta, embora seja difícil a definição do número de vezes que essa ferramenta é utilizada, pois a interferência entre ferragem e gravatas não é previsível, já que depende de como as redes de armação são presas.

#### **5.1.4 ORGANIZAÇÃO DE TRABALHO**

Analisando os diagramas do item 3.2.7, percebemos que, para que ocorra a montagem dos apartamentos, que são simultâneos, é necessário que todos os serviços anteriores estejam totalmente finalizados. Por exemplo, mesmo com toda a amarração de telas pronta, nenhum apartamento pode ser montado, já que falta ainda o corte das janelas, a colocação dos reforços e as armações de viga. O mesmo ocorre com os andaimes, ainda que com a colocação das mãos-francesas não se pode montar nenhuma parte externa dos apartamentos, já que é necessária a montagem dos andaimes completa para se transitar sobre eles.

Daí surgiu uma solução que ia ao encontro de todos esses problemas. Pode-se perceber que se todos os serviços seguissem na mesma direção e de forma completa, não haveria a necessidade de finalizar o serviço do pavimento inteiro, para iniciar o anterior, ganhando-se assim esse tempo de espera e gerando-se uma montagem como mostra o diagrama a seguir:



**Figura 5.6: Diagrama dos processos envolvidos na concretagem**

É fácil perceber que com essa lógica de montagem também é possível o adiantamento do concreto, fazendo com que não seja necessário o término de toda a armação e instalação de toda a laje para que se inicie o processo de concretagem propriamente dito, eliminando mais um tempo de espera.

#### **5.1.4.1 MONTAGEM COMPLETA**

A montagem completa significa sair do posto de trabalho somente depois que todo seu trabalho naquele local estiver pronto, fazendo com que o funcionário não volte mais para o local por onde já passou. Essa lógica tem de ser obedecida em todos os processos em questão, pois é fundamental para o funcionamento da solução.

O adiantamento da entrada dos processos só é possível quando há frente de serviço para esse processo, e para que isso seja plausível, é necessário que os processos anteriores do trecho onde será desenvolvida a próxima atividade estejam completamente finalizados. Por exemplo, na armação, deve-se amarrar as telas de armação, cortar a janela, colocar os reforços e vigas e só depois de finalizados todos os serviços do determinado trecho, pode-se passar para o próximo.

O mesmo acontece com os andaimes, que devem montar o jogo completo do trecho que servirá como frente para o próximo processo, e somente depois avançar para o

seguinte, assim como a armação e instalação de laje, que deve colocar os “positivos”, juntamente com a instalação elétrica e hidráulica e a armação dos “negativos” apenas de um determinado trecho, e somente quando finalizado esse trecho, partir para o próximo.

#### **5.1.4.2 DETALHAMENTO DA MONTAGEM**

Além de uma observação dos processos envolvidos com o ciclo de concretagem, foi feita uma análise mais aprofundada das atividades envolvidas com a elevação. Como foi descrito anteriormente, podemos dividi-la em três partes principais: a montagem de formas internas de parede, a montagem de formas externas de parede e a montagem de laje. Nota-se que para todos esses processos é necessário o desmonte das formas, essa atividade foi então separada das demais, resultando agora em quatro atividades: desmonte, montagem de formas internas de parede, montagem de formas externas de parede e montagem de formas de laje.

No processo anterior de montagem é possível encontrar um problema bastante parecido com o encontrado nos macroprocessos, mas este está relacionado com a maneira como os montadores foram treinados. A montagem consiste no desmonte de todas as formas de parede interna, para que depois sejam montadas, seguindo pelo desmonte das peças de laje, para que depois sejam montadas; finalizando com a desforma completa das formas externas para montá-las no andar superior, como mostram os fluxogramas representados pelas tabelas 3.3, 3.5 e 3.7.

Além disso, podemos encontrar ritmos diferentes de execução, como é o caso da desmontagem que tem um ritmo bem maior do que o ritmo da montagem de painéis, e como os apartamentos foram divididos com aproximadamente uma dupla por cômodo, há uma variação bastante nítida na quantidade de placas com que cada funcionário irá trabalhar.

A ideia aqui é equalizar os ritmos de produção, juntamente com o adiantamento da entrada das atividades posteriores, mudando assim o dimensionamento da equipe responsável por cada atividade. Fica claro que para isso há a necessidade da mudança também da organização do trabalho, fazendo com que as três equipes responsáveis pelos três apartamentos formem quatro equipes, sendo uma responsável pela desforma e transporte, outra responsável pela montagem das

paredes internas, outra, pela montagem das formas de laje e por último uma responsável pela montagem de paredes externas, como mostra o diagrama a seguir:

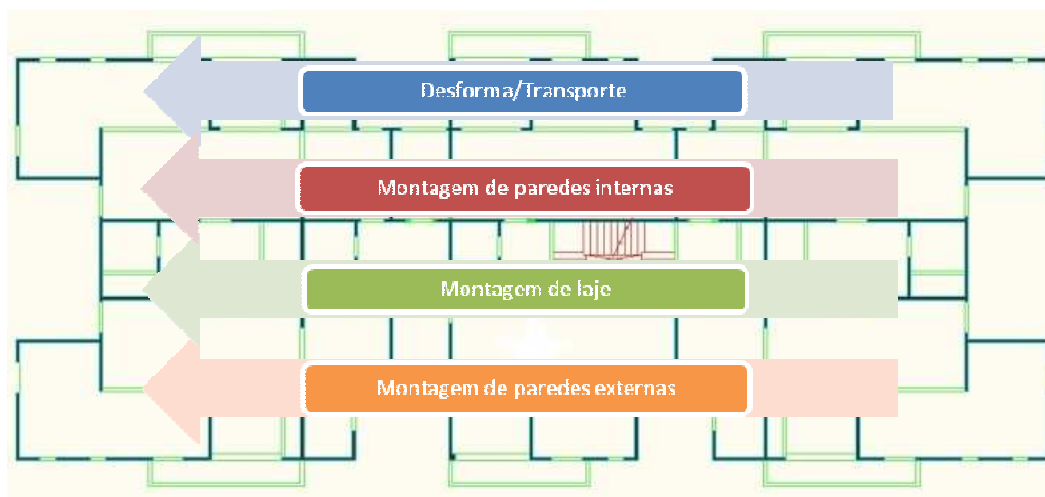


Figura 5.7: Diagrama da elevação

Para melhor controlar a produção, seria necessário dividir os apartamentos em partes aproximadamente iguais, para que visualmente fosse possível perceber qual atividade teria seu ritmo mais lento ou mais rápido e com isso poder dimensionar de forma mais precisa as equipes.

Pelo levantamento do número de formas presentes em cada apartamento, e assumindo que o tempo gasto em cada forma é aproximadamente igual, foi possível dividir a laje conforme o apresentado a seguir:

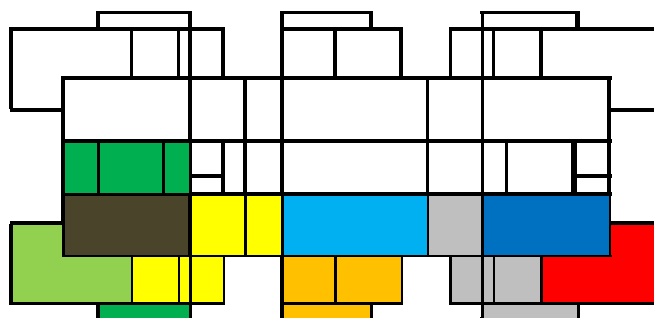


Figura 5.8: Divisão da laje em partes iguais

Essa divisão considera que cada frente possua aproximadamente 100 placas, somando-se formas de parede interna, externa, de laje, e formas diferenciadas para o fechamento de janelas e portas, assim como cantoneiras em geral. Podemos perceber que com essa divisão também é possível determinar qual seria o ritmo ideal que as equipes devem manter, para que seja possível a concretagem em um único dia.

Podemos notar então que nove setores devem ser montados até as 17 h, que seria o horário de trabalho normal dos funcionários. A concretagem deve acabar até as 19 h, para que a resistência mínima de desforma no dia seguinte seja alcançada. Vale lembrar que a concretagem deve acabar as 19 h, mas pode iniciar antes do último processo acabar, gerando um gráfico de produção parecido com o apresentado a seguir:

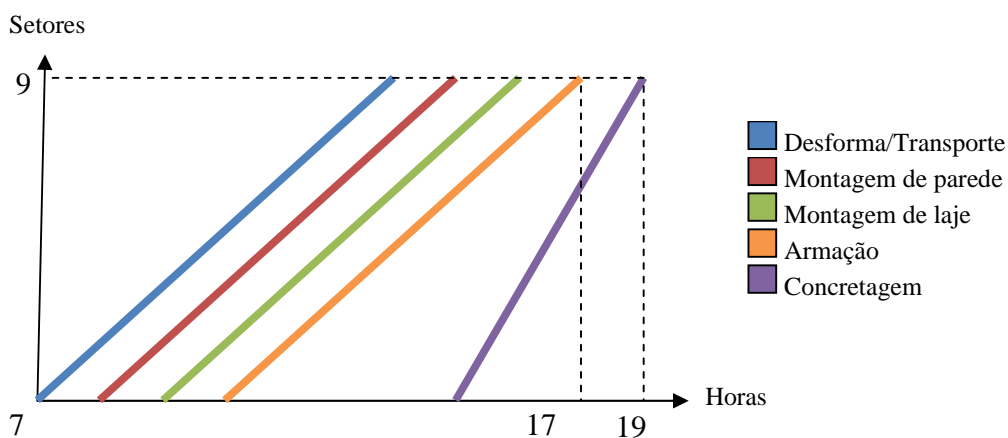


Figura 5.9: Gráfico da Produção

Percebe-se que a linha que representa a concretagem está mais inclinada do que as outras, pois o processo de concretagem é mais rápido. Ele leva cerca de 4 horas para o lado que necessita de um volume maior de concreto para ser inteiramente preenchido. As outras linhas representam os outros processos, os quais tanto a montagem interna como a montagem externa de parede incluem, pois essas duas atividades podem acontecer de forma simultânea.

O ritmo da produção é dado pelo tempo gasto para se produzir uma unidade, que neste caso é representada por um setor. Um total de nove setores são produzidos por cada atividade, sendo quatro as atividades presentes nesse processo. A concretagem é eliminada da

estimação, pois tem um ritmo diferente e seu tempo de duração se altera a cada meia laje concretada, além disso, o que limita seu processo é o término e não início, sendo possível encontrar o horário de início, quando definido o horário máximo de término.

Com o término da montagem do pavimento às 17 h, um intervalo de 2 horas entre o início do concreto e o término da montagem é dado, assim é possível se fazer a conferência e as correções de possíveis acidentes até o início da concretagem desse setor. Reforçando a não negligência da qualidade do trabalho.

Como dito anteriormente, o tempo de distância entre o início de uma atividade e outra é o tempo necessário para a conclusão de um setor, fazendo com que do início da primeira atividade até o final da última seja necessário um tempo equivalente ao necessário para se produzir 12 setores. O tempo despendido entre esses dois pontos é de exatamente 9 horas, já que, o trabalho se inicia as 7 h e termina as 17 h, com uma hora de intervalo reservada para o almoço. O que resulta em um ritmo de 45 minutos gastos para a produção de cada setor. Uma representação dessa solução pode ser vista no ANEXO I com um dimensionamento prévio das equipes, com base nas reuniões e na coleta de tempos.

Com essa solução, também eliminamos o processo das peças invertidas e das escoras, necessárias para a montagem de laje. Podemos perceber pela figura representada no ANEXO I que a equipe responsável pela montagem fica o período inicial ocioso, mas essa ociosidade deve ser preenchida com a retirada das peças que serão invertidas. Da mesma forma que a equipe responsável pela montagem de laje deve utilizar seu tempo inicial de trabalho para recolher todas as escoras necessárias para a montagem da laje.

## **5.2 AJUSTES FINOS**

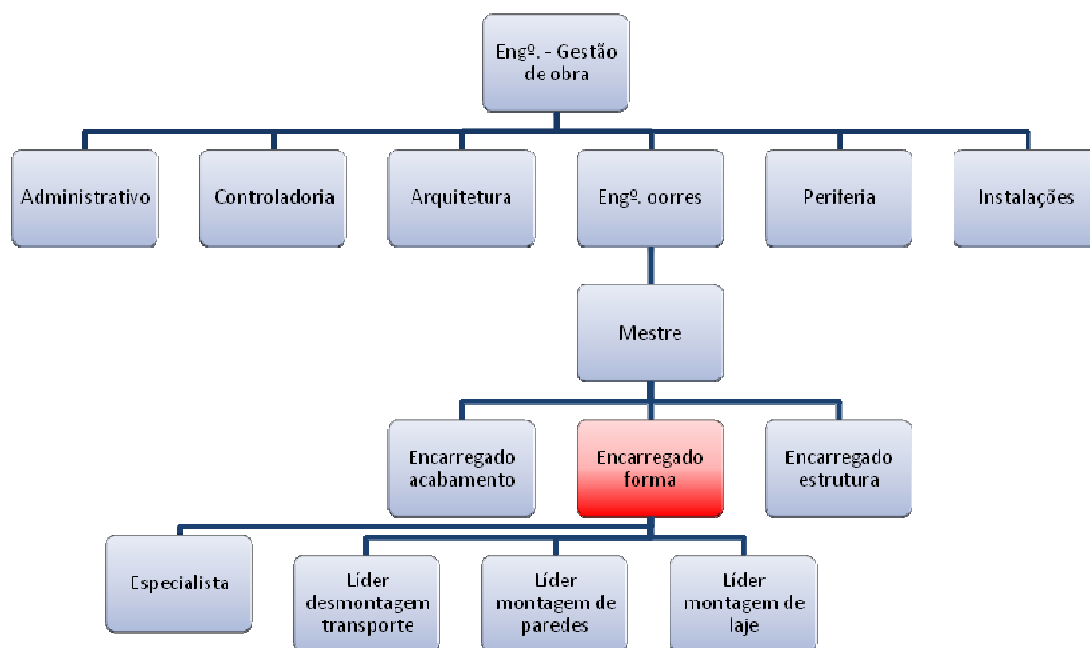
Alguns problemas ocorreram durante a implantação, esses problemas, com as respectivas soluções, são apresentados neste capítulo. Os principais problemas estão relacionados tanto à alteração como manutenção da organização do trabalho no processo de elevação.

### 5.2.1 SUPERVISÃO

Para que essas soluções obtivessem êxito, era necessário o compromisso dos funcionários, e a alteração em sua maneira de trabalhar, o que gerou grande resistência por parte deles. Verificou-se então que deveria ser realizada uma supervisão mais próxima dos processos, no início dessa implantação.

A supervisão era feita por um especialista que foi o responsável pelo primeiro treinamento dos funcionários, e por isso também era resistente à mudança dos processos. Esse especialista respondia para o mestre de obras, que respondia para os engenheiros da obra. Percebeu-se então que o mestre, mesmo sendo responsável também pelo andamento da forma não poderia acompanhar somente o processo de elevação, já que ele também é responsável por todas as outras atividades do campo de obras. O engenheiro, por sua vez, tinha seu papel administrativo na obra, não podendo ficar o tempo todo na laje.

Assim, foi detectada uma falha na transferência de responsabilidades, necessitando de uma pessoa que acompanhasse o processo de elevação de forma integral, e que tivesse autonomia suficiente para coordenar e corrigir as falhas ocorridas durante o ciclo de concretagem. Essa pessoa trabalharia juntamente com o especialista e responderia ao mestre, gerando um organograma parecido com o mostrado a seguir:



**Figura 5.10: Organograma proposto**

A grande diferença nesse organograma é a presença de um encarregado pelas formas que, com o auxílio do especialista, coordenaria as equipes. Antes esse cargo era ocupado somente pelo especialista.

### 5.2.2 EQUIPE PARA ÁREAS COMUNS

Outro ponto também é o adiantamento da montagem das áreas comuns, que poderia ocorrer de forma mais controlada, se alocada uma equipe responsável somente por esse espaço, o que faria com que este não fosse iniciado somente após o término da montagem dos apartamentos.

Com a alocação dessa equipe, pode-se perceber que haveria uma diminuição na força de trabalho disponível para a realização da montagem dos apartamentos. Essa redução já estava prevista, e, portanto, seria mais uma forma de assegurar o número de funcionários trabalhando na forma, ou seja, se a diminuição fosse feita de forma brusca e fosse demasiada, seria difícil retornar ao que era antes, tanto em número de funcionários, como em confiança e ambiente de trabalho dos montadores.

### **5.2.3 DIVISÃO DA EQUIPE DE ANDAIMES**

A equipe de andaimes é composta por 8 funcionários que trabalhavam em uma única equipe responsável pela montagem de todo o jogo de andaimes, conforme o explicado anteriormente (item 3.2.2.1). Essa montagem estava em um ritmo padrão fora do ritmo ideal para que a elevação de um pavimento acontecesse a cada 2 dias. Por isso era necessária também uma alteração nesse processo.

Durante a montagem foi percebido que havia a necessidade de muitas medições de peças, o que causava uma espera bastante grande. E havia um conflito de lideranças dentro do grupo, o que fazia com que os funcionários não soubessem exatamente que diretriz seguir. Além disso, uma parte da equipe ficava focada na montagem dos andaimes internos, enquanto o restante, nos andaimes externos.

Outro ponto muito importante é que os andaimes internos só poderiam ser montados após o desmonte das peças que ocupavam o local onde estes seriam fixados, o que causava outra espera dentro do processo. Foi então proposta a colocação de telas de aço que seriam fixas no concreto.

Esse processo é bastante rápido e seguro, pois no momento da concretagem da laje, são colocadas telas em todos os poços de elevadores, fixando-as no concreto com o cuidado de não atrapalhar a retirada da forma do pavimento inferior, nem a montagem no pavimento superior. Com essa solução os montadores de andaimes puderam ser alocados em sua totalidade para a montagem de andaimes externos.

Também foram divididos em duas equipes com quatro funcionários, eliminando assim o problema do conflito de liderança, fazendo com que as duas equipes trabalhassem seguindo uma única diretriz. Com essas alterações o processo se encaixou no ritmo ideal.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Era esperado que o objetivo não fosse alcançado no primeiro momento em que a proposta fosse implementada, pois é necessário um tempo para que as adaptações sejam bem absorvidas pelos funcionários. Este capítulo é destinado a mostrar os resultados parciais e discutirlos durante esse período de adaptação.

O método foi aplicado desde o 11<sup>o</sup> até a concretagem do 18<sup>o</sup> pavimento. A tabela a seguir mostra quais foram os ciclos por pavimento até o término da primeira torre:

Piso do Pvto.	Dias
11	6
12	15
13	7
14	7
15	7
16	6
17	4
18	4

**Tabela 6.1: Tempo de ciclo no período de implantação**

O primeiro ciclo não é considerado, pois metade do pavimento já havia sido concretado quando a proposta foi implementada, da mesma forma que o segundo ciclo também não foi levado em consideração, pois a elevação precisou ser interrompida, fazendo com que o ciclo não fosse precisamente definido, chegando-se à tabela de ciclos apresentada a seguir:

Piso do Pvto.	Dias
13	7
14	7
15	7
16	6
17	4
18	4

Tabela 6.2: Tempo de ciclo ajustado

O ciclo pode ser representado pelo gráfico a seguir:

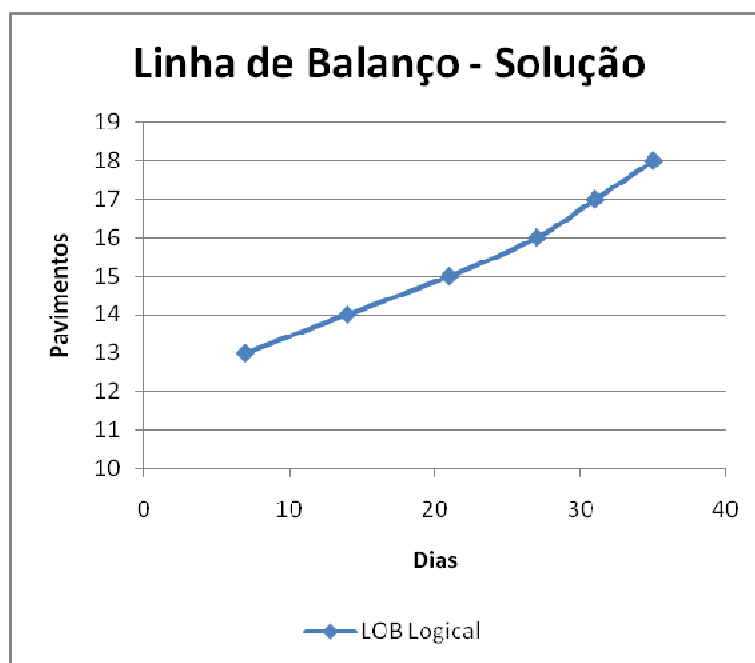


Gráfico 6.1: Linha de balanço da solução

Podemos comparar então o desempenho do processo antes e depois da solução ser implantada e verificar se a proposição é realmente relevante. Para isso é necessário equiparar os parâmetros em ambos os casos.

É desconsiderado o Térreo e 1º pavimento do modelo antigo, pois esses dois não são tipo, gerando assim o gráfico a seguir, que mostra a evolução dos pavimentos ao longo do tempo, sendo que do lado esquerdo são mostrados os pavimentos do modelo antigo e ao lado direito, os do modelo proposto, lembrando que a concretagem do piso do enésimo pavimento é a mesma que a do pavimento n-1.

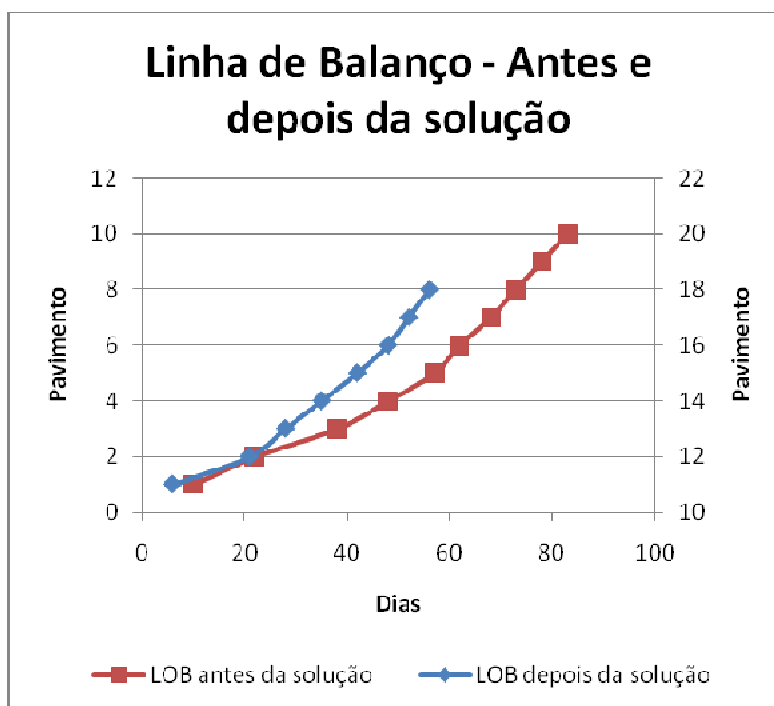


Gráfico 6.2: Linha de balanço antes e depois da solução

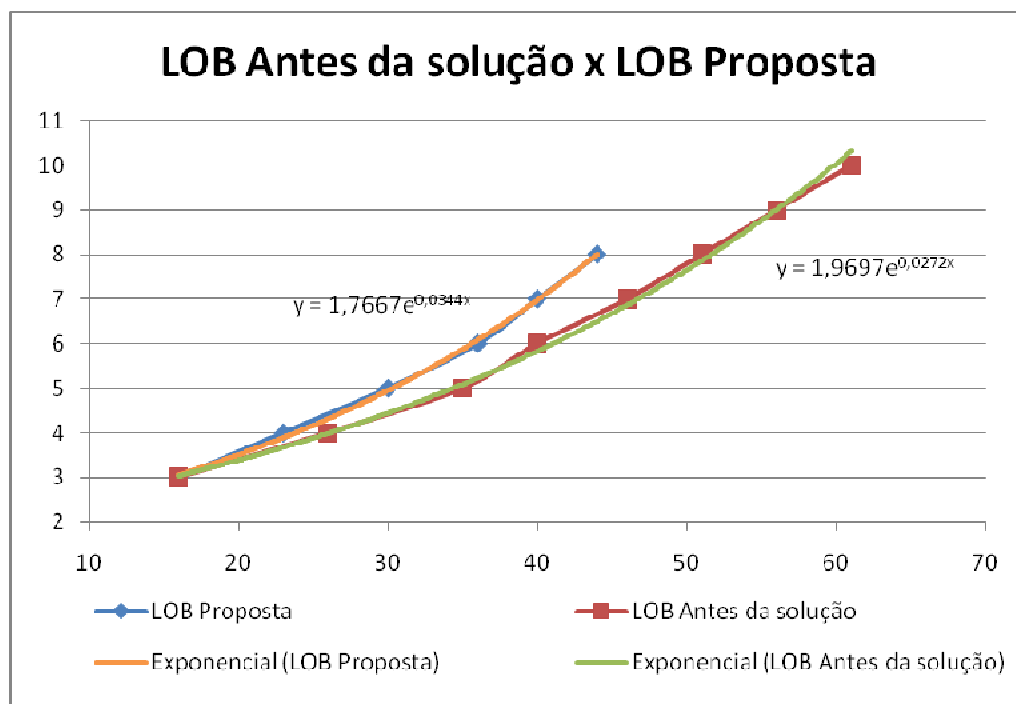
Fazendo com que ambas as linhas tivessem a mesma origem e os gráficos tivessem a mesma escala, pudemos perceber um descolamento entre os dois processos, ou seja, o aprendizado foi mais rápido no processo proposto. E como o previsto na proposição, nas últimas concretagens o tempo gasto para concretar ambas as metades foi o mesmo.

Nesse ponto algumas observações são necessárias: os ciclos da metodologia antiga podem estar distorcidos, pois os montadores também estavam aprendendo a montar as formas, já que todos começaram como ajudantes e não tinham nenhuma experiência, mas podemos perceber pelo fim da curva que o processo estava próximo de uma estabilização, já que o último trecho é representado por uma reta.

Outro ponto bastante importante é que a última laje realizada com o método proposto possui dimensões diferenciadas, armações reforçadas, que implicam um aumento do ciclo, mas mesmo assim foi considerada.

Para achar o número exato que essa diferença representa, podemos aproximar ambas as curvas com uma exponencial, e a partir de uma regressão estimar quanto tempo seria

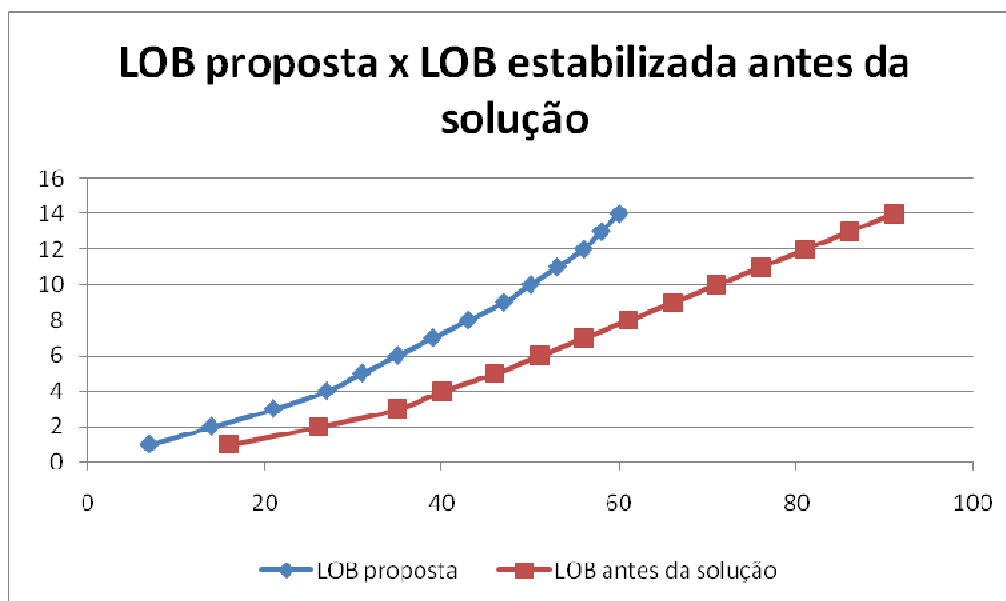
necessário para a chegada aos dois dias de execução. O gráfico a seguir mostra as duas aproximações exponenciais com as devidas fórmulas.



**Tabela 6.3: LOB da solução e LOB antes da solução com aproximações exponenciais**

Para o processo proposto encontramos que o objetivo seria alcançado com a concretagem do 14º pavimento a partir do início da implantação da solução e no processo antigo com a concretagem do 18º pavimento. Assim, para a chegada no 18º pavimento, o processo com a implantação da solução levaria, aproximadamente 67 dias, enquanto o processo sem a implantação levaria 83 dias.

Mas se considerado que o processo estava estabilizado no ciclo de 5 dias, o gráfico seria parecido com o apresentado a seguir:



**Tabela 6.4: Comparação entre método proposto e o método antigo estabilizado**

É nítido perceber que há uma diferença de mais de 30 dias. Para ser mais exato, até o 14º pavimento o método antigo levaria 91 dias, enquanto o método proposto levaria 60 dias, uma diferença de 31 dias trabalhados, aproximadamente 1,5 mês. E essa diferença aumentaria a cada andar, já que um ciclo estaria estabilizado em 2 dias e outro processo, em 5 dias.

Além disso, o tempo de algumas paradas na obra não foram desconsiderados, pois além de serem pontuais eram de difícil mensuração. Essas causas estão apresentadas de forma resumida na tabela a seguir, seguidas pelo número de dias que a produção foi afetada:

Causas	Dias
Ocorrência de chuvas	5
Queda de energia na obra	1
Concreto não atingiu a cura	4
Limpeza	3
Falta de funcionários	2

**Tabela 6.5: Motivos pontuais de parada na obra**

Percebe-se, assim, que alguns problemas também afetaram a produção de forma pontual, e mesmo com esses problemas, foi possível notar uma evolução significativa no método construtivo, mostrando que a diferença de prazo poderia ser maior do que a constatada.

## 7 CONCLUSÃO

Podemos perceber que a supervisão ficaria muito mais simples, já que todos os funcionários se encontrariam em um determinado setor, e seria menor o número de funcionários a supervisionar. Além disso, os líderes seriam treinados, gerando a oportunidade de gerar futuros encarregados ou até mestre de obras.

A especialização é outro ponto forte desse método. Podemos notar que a equipe responsável, por exemplo, pela montagem de painéis, só fará isso por um determinado período de tempo, fazendo com que esta desenvolva técnicas e melhore suas habilidades voltadas para esse trabalho, resultando em uma velocidade maior de trabalho.

Atualmente existe aproximadamente uma dupla por cômodo, fazendo com que a saída de um montador cause uma mudança bastante notável no ritmo do setor em questão. No método proposto, pode-se perceber que como a equipe inteira trabalha no setor, a entrada de um funcionário inexperiente não afetará de forma significativa o ritmo, já que a falta de prática desse novo integrante será compensada pela ótima performance dos outros integrantes da equipe. Além disso, como o novo montador fará sempre a mesma atividade, o aprendizado se dá de forma mais rápida.

A variabilidade também diminui, pois a falta de um funcionário pode ser suprida pelo maior esforço dos outros, durante poucos dias. Atualmente, se um funcionário falta, é necessária a colocação de um substituto, e normalmente o encarregado e o especialista trabalham no lugar da pessoa que faltou, fazendo com que estes deixem de realizar seus cargos de supervisão.

A diminuição da variabilidade traz benefícios para obra, pois é possível programar a chegada de suprimentos antes de notar-se a falta deles. Por exemplo, os miúdos, que têm uma taxa de perda e um tempo elevado da compra até o descarregamento, pois são materiais importados, assim como a chegada do concreto pode ser programada sempre para um mesmo horário.

Finalmente uma análise de viabilidade econômica simples pode ser elaborada, para mostrar os benefícios que essa proposta pode trazer para a empresa. Na situação mais real, em que a elevação estava estabilizada em 5 dias, percebemos que, ao fim da obra, a diferença de entrega seria de 94 dias, considerando que quando o processo foi implantado no 12º pavimento, a evolução da proposta se manteria 14 pavimentos depois, até o 8º pavimento da segunda torre, e permaneceria constante até o término da 3ª torre, e o processo antigo ficaria estável desde o 12º pavimento até o término da obra.

A entrega do apartamento implica uma entrada de caixa de aproximadamente 100 mil reais por apartamento (média para apartamentos de médio padrão), sabe-se também que cada dia de atraso da obra gera uma despesa de 100 mil reais por dia (multa média aplicada a empreendimentos deste porte), além de encargos relacionados com processos judiciais pelos proprietários e indenizações que certamente serão cobradas.

Pensando somente na entrada de caixa e supondo que esse caixa seja aplicado no mercado imobiliário e atualizado pela inflação ao longo do investimento, podemos estimar quanto seria perdido nesse adiantamento de caixa com a valorização pela média de valorização do Imob e da variação do INCC-M que mede a inflação do setor.

Assim, o capital inicial seria o capital gerado pela entrega dos apartamentos. Como a obra possui 3 torres, cada uma com 18 pavimentos, sendo que o 1º não possui apartamentos e que cada pavimento possui 6 apartamentos, é possível estimar que o empreendimento possui 306 apartamentos. Cada apartamento rende na data de entrega R\$ 100.000,00, portanto o capital inicial seria de 30,6 milhões de reais.

A média da valorização do Imob no último ano é de 6,5% a. m. e a média da inflação é 0,38% a. m. Assim chegamos a um valor ao fim de 92 dias, aproximadamente 4,5 meses, de 10,7 milhões de reais.

Agora pensando nos desembolsos e assumindo que os 92 dias trabalhados representassem 92 dias exatos de atraso, a empresa incorreria em 9,2 milhões de reais em multa, sem contar as despesas judiciais que tal atraso implicaria, que somadas ao dinheiro que deixou-se

de ganhar por não aplicar a solução, encontra-se um total de quase 20 milhões de reais que deixou-se de ganhar.

Percebe-se que, pelo fato de serem muitos apartamentos, o valor arrecadado com a entrega deles faz com que qualquer adiantamento possa render uma quantia considerável. Assim, este trabalho apresenta uma solução atrativa financeira e organizacionalmente.

## 8 REFERÊNCIAS

BOVESPA. (19 de Maio de 2009). *Índice BM&FBOVESPA Imobiliário (IMOB)*. Acesso em 8 de Junho de 2010, disponível em BM&FBOVESPA: [www.bmfbovespa.com.br](http://www.bmfbovespa.com.br)

BOVESPA. (17 de Setembro de 2009). *Índice Bovespa - Ibovespa*. Acesso em 8 de Junho de 2010, disponível em BM&FBOVESPA: [www.bmfbovespa.com.br](http://www.bmfbovespa.com.br)

Brasil. (16 de dezembro de 1964). Lei nº 4.591. *Dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias*.

Copom, & Central, B. (31 de Agosto de 2010). *153ª Ata do Copom*. Acesso em 1 de Outubro de 2010, disponível em Banco Central do Brasil: <http://www.bcb.gov.br/htms/copom/not20100901153.asp?idioma=P>

Costa, N. (1977). *P. L. O. Estatística*. São Paulo: Edgard Blücher.

Estado, A. (15 de Setembro de 2010). *Crescimento no Nordeste faz faltar mão de obra em SP*. Acesso em 18 de Outubro de 2010, disponível em <http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EMI171895-16418,00-CRESCIMENTO+NO+NORDESTE+FAZ+FALTAR+MAO+DE+OBRA+EM+SP.html>

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University, Center of Integrated Facility Engineering.

Lumsden, P. (1968). *The Line of Balance Method*. Oxford: Pergamon Press.

Mascaró, L. A., & Mascaró, J. L. (1980). *A construção na economia nacional*. São Paulo: Pini.

Mendes Jr, R. (Agosto de 1999). *Programação da Produção na Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos*. Florianópolis: Tese de Doutorado.

Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman.

Securato, J. C. (2007). *Economia - História, conceitos e atualidades*. São Paulo: Saint Paul Editora Ltda.

Warszawski, A. (1990). *Industrialization and Robotics in Building: Managerial Approach*. Nova Iorque: Harper & Row Inc.



## 9 ANEXOS

## ANEXO I – Desenho da proposta de solução

			PACOTES DE SERVIÇO					
			Desforma e Transporte	Montagem Painéis Parede	Montagem Painéis Laje	Montagem Painéis Externos	Armação	Concreto
			8 prof	6 prof	4 prof	2 prof		
7:00	às	8:15	Trecho 1					
8:15	às	8:30	Trecho 1	Trecho 1				
8:30	às	8:45	Trecho 1	Trecho 1	Trecho 1	Trecho 1		
8:45	às	9:00	Trecho 2	Trecho 1	Trecho 1	Trecho 1		
9:00	às	9:15	Trecho 2	Trecho 2	Trecho 1	Trecho 1		
9:15	às	9:30	Trecho 2	Trecho 2	Trecho 2	Trecho 2		
9:30	às	9:45	Trecho 3	Trecho 2	Trecho 2	Trecho 2		
9:45	às	10:00	Trecho 3	Trecho 3	Trecho 2	Trecho 2		
10:00	às	10:15	Trecho 3	Trecho 3	Trecho 3	Trecho 3		
10:15	às	10:30	Trecho 4	Trecho 3	Trecho 3	Trecho 3		
10:30	às	10:45	Trecho 4	Trecho 4	Trecho 3	Trecho 3		
10:45	às	11:00	Trecho 4	Trecho 4	Trecho 4	Trecho 4		
11:00	às	11:15	Trecho 5	Trecho 4	Trecho 4	Trecho 4	Trecho 1	
11:15	às	11:30	Trecho 5	Trecho 5	Trecho 4	Trecho 4	Trecho 1	
11:30	às	11:45	Trecho 5	Trecho 5	Trecho 5	Trecho 5	Trecho 1	
11:45	às	12:00	Trecho 6	Trecho 5	Trecho 5	Trecho 5	Trecho 2	
12:00	às	12:15	Trecho 6	Trecho 6	Trecho 5	Trecho 5	Trecho 2	
12:15	às	12:30	Trecho 6	Trecho 6	Trecho 6	Trecho 6	Trecho 2	
12:30	às	12:45	Trecho 7	Trecho 6	Trecho 6	Trecho 6	Trecho 3	
12:45	às	13:00	Trecho 7	Trecho 7	Trecho 6	Trecho 6	Trecho 3	
13:00	às	13:15	Trecho 7	Trecho 7	Trecho 7	Trecho 7	Trecho 3	
13:15	às	13:30	Trecho 8	Trecho 7	Trecho 7	Trecho 7	Trecho 4	
13:30	às	13:45	Trecho 8	Trecho 8	Trecho 7	Trecho 7	Trecho 4	
13:45	às	14:00	Trecho 8	Trecho 8	Trecho 8	Trecho 8	Trecho 4	
14:00	às	14:15		Trecho 8	Trecho 8	Trecho 8	Trecho 5	
14:15	às	14:30			Trecho 8	Trecho 8	Trecho 5	
14:30	às	14:45					Trecho 5	
14:45	às	15:00					Trecho 6	
15:00	às	15:15					Trecho 6	
15:15	às	15:30					Trecho 6	
15:30	às	15:45					Trecho 7	
15:45	às	16:00					Trecho 7	Trechos 1 e 2
16:00	às	16:15					Trecho 7	Trechos 1 e 2
16:15	às	16:30					Trecho 8	Trechos 1 e 2
16:30	às	16:45					Trecho 8	Trechos 3 e 4
16:45	às	17:00					Trecho 8	Trechos 3 e 4
17:00	às	17:15						Trechos 3 e 4
17:15	às	17:30						Trechos 5 e 6
17:30	às	17:45						Trechos 5 e 6
17:45	às	18:00						Trechos 5 e 6
18:00	às	18:15						Trechos 7 e 8
18:15	às	18:30						Trechos 7 e 8
18:30	às	18:45						Trechos 7 e 8
18:45	às	19:00						



**ANEXO II – Esquema didático da sequência de montagem**

