

## **4 UM ANTEPROJETO DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO LEAN**

A implantação do *lean* pode abranger diversas áreas da construção civil, como por exemplo: planejamento, projeto, processo construtivo, sistemas de informação, entre outras. Com a intenção de simplificar e facilitar o modo como a construção *lean* pode ser aplicada e também tornar visível a utilização da mesma, optou-se por uma destas áreas da construção civil, onde a construção *lean* vem sendo estudada.

Neste contexto, o artigo de Lyra da Silva et al (2005) (Anexo 1) apresentou as principais áreas da construção *lean* em estudo, suas tendências e oportunidades de desenvolvimento. A partir do trabalho desenvolvido e considerando as referências bibliográficas consultadas, constatou-se a existência de poucos trabalhos na área de processos construtivos, verificando-se uma grande oportunidade para o estudo de implantação da construção *lean*.

Definido o foco de aplicação e diante de todos os conceitos apresentados ao longo deste trabalho, propõe-se neste capítulo avaliar procedimentos *lean* aplicados à construção civil. Neste sentido faz-se a análise do mapeamento da cadeia de valor para o processo construtivo de montagem de uma estrutura metálica em um anteprojeto de um edifício comercial de 8 pavimentos no Centro da cidade do Rio de Janeiro.

### **4.1 LOCALIZAÇÃO E PROJETO**

O anteprojeto de construção estudado apresenta dificuldades logísticas pela falta de espaço para estocagem de peças e materiais utilizados na obra, bem como limitações ao uso de equipamentos de construção e montagem. Estas dificuldades são um estímulo à análise da solução *lean* como alternativa viável e eficiente para obras em localizações que oferecem dificuldades de acesso e operação de equipamentos. Outro aspecto importante associado ao estudo é o fato de a padronização de procedimentos poder ser replicada para edifícios mais

altos, estes mais adequados às contingências de áreas centrais metropolitanas, mantendo ainda os pressupostos de redução de desperdício da construção *lean*.

O polígono do Centro da cidade do Rio de Janeiro ilustrado na Figura 4.1, circunda a interseção da Avenida Presidente Vargas com Avenida Rio Branco, configurando um espaço de poucos quarteirões desde a Praça Mauá até o Museu de Arte Moderna – no sentido da Rio Branco, e da Praça XV de Novembro até o Campo de Santana – no sentido da Presidente Vargas. Nesta área tem-se um aglomerado financeiro, com os mais importantes bancos do país, escritórios, comércio e as principais agências dos serviços públicos e instituições de governo, do legislativo e judiciário do Estado. É o centro geográfico de decisão e burocracia do Estado e do município do Rio de Janeiro. Esta região dispõe de uma malha de transporte, por onde circulam as principais linhas de ônibus que ligam a Zona Sul à Zona Norte e o subúrbio da cidade. Dispõe ainda de uma linha de metrô ligando o bairro da Tijuca à Copacabana, e abriga o terminal de barcas para a cidade de Niterói. Em um extremo dessa área está localizado o Aeroporto Santos Dumont, ligando o Rio à São Paulo.

Este polígono do Centro do Rio de Janeiro apresenta nos seus limites, próximo ao Campo de Santana, um conjunto de ruas de comércio popular, onde os prédios e construções são assobradadas (até 3 pavimentos), muito antigos e sem estilo definido, sem conservação, completamente obsoletos e degradados para o uso comercial. Estes imóveis, por não estarem na faixa do Corredor Cultural da Cidade, servem como oportunidade para novas locações, na hipótese de aquecimento do crescimento da economia e dos negócios no Estado.

Uma construção no Centro da cidade conduz ao aproveitamento máximo possível do espaço físico, dentro do que for definido pelas leis de ocupação. Com isso a possibilidade do depósito do canteiro de obra ser dentro do terreno da construção torna-se mais difícil devido à falta de espaço físico. Como os terrenos vizinhos já estão ocupados com outras edificações, tem-se um problema concreto para a construção.



Fonte: CET-RIO

Figura 4.1 – Polígono do Centro da cidade do Rio de Janeiro

A solução de depósito de materiais proposta e utilizada para esse problema foi a escolha de um terreno na Via Dutra (à aproximadamente 40 km da obra, devido ao menor custo) com espaço físico para o armazenamento, organização e arrumação das peças metálicas vindas da fábrica. Assim, foi feita uma distribuição de cargas de acordo com a cronologia de montagem da estrutura.

Este terreno, onde se situará o depósito das estruturas metálicas é dimensionado no trabalho de Araújo (dissertação em desenvolvimento e com

previsão de conclusão até o final de 2005) de acordo com a necessidade da obra, já que a fábrica de estruturas não fornece as peças obrigatoriamente de acordo com a demanda da obra. Esta função caberá a equipe que estará no depósito, integrada à rotina da obra.

Com a função de reduzir os riscos de atraso das carretas, devido à razoável distância entre o depósito e a obra, criou-se um ponto intermediário próximo à obra, situado junto à Avenida Rodrigues Alves (Cais do Porto). Isto porque naquela área há espaço físico suficiente para as carretas ficarem estacionadas o tempo necessário, sem que interfiram no trânsito. Com essa medida reduz-se a possibilidade de atraso, já que existe folga no dimensionamento dos tempos de movimentação das carretas.

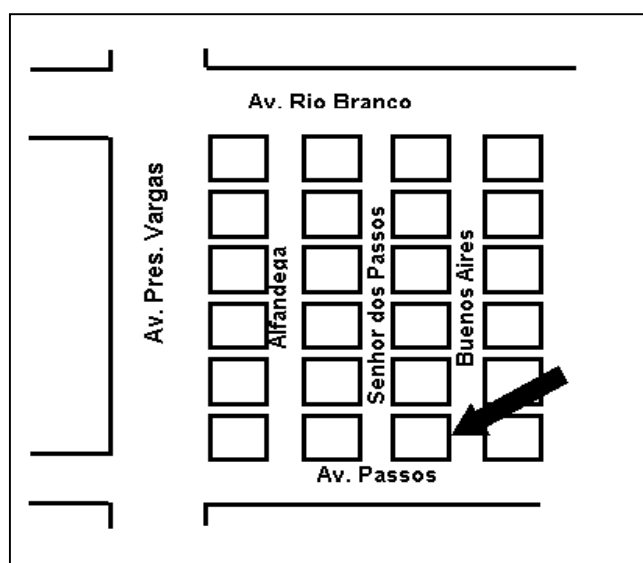
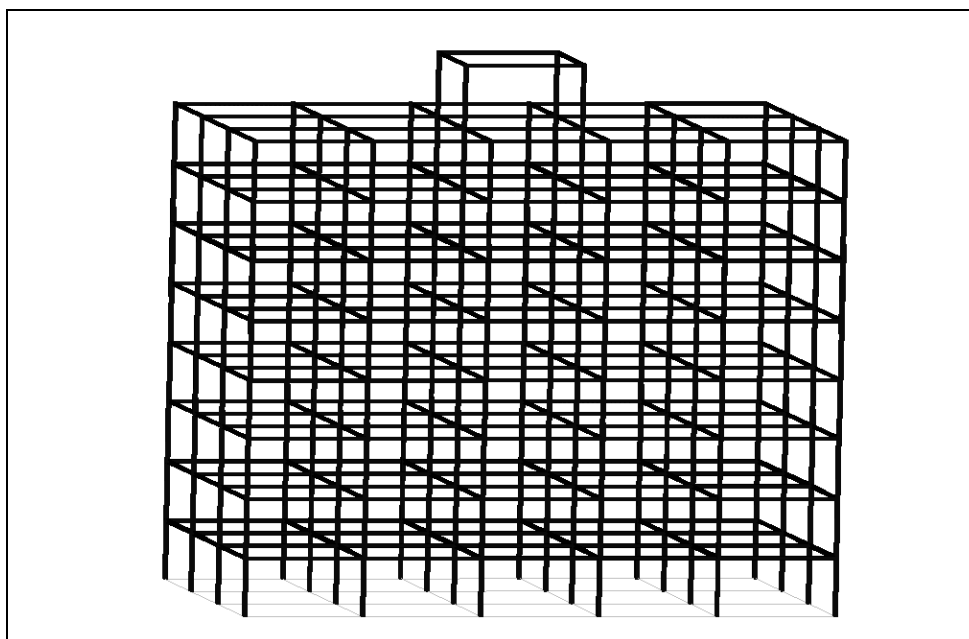


Figura 4.2 – Esquema de localização da obra

Conforme já mencionado, construir no Centro do Rio de Janeiro, apresenta algumas dificuldades. Uma das principais é que as ruas são muito estreitas, dificultando a movimentação das carretas para a obra e impedindo o recuo para estacionamento permanente de descarga de material. A logística de abastecimento deve portanto levar em consideração o descarregamento rápido de cargas, assunto este detalhado no trabalho de Araújo.

Como o foco do trabalho não é o projeto estrutural, optou-se por utilizar um anteprojeto já dimensionado, detalhado e de domínio público que está apresentado no Anexo 2, o qual foi retirado do livro Edifícios de Múltiplos Andares em Aço, de Ildony H. Bellei, Fernando O. Pinho e Mauro O. Pinho da Editora Pini e com o apoio do CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), editado em 2004.

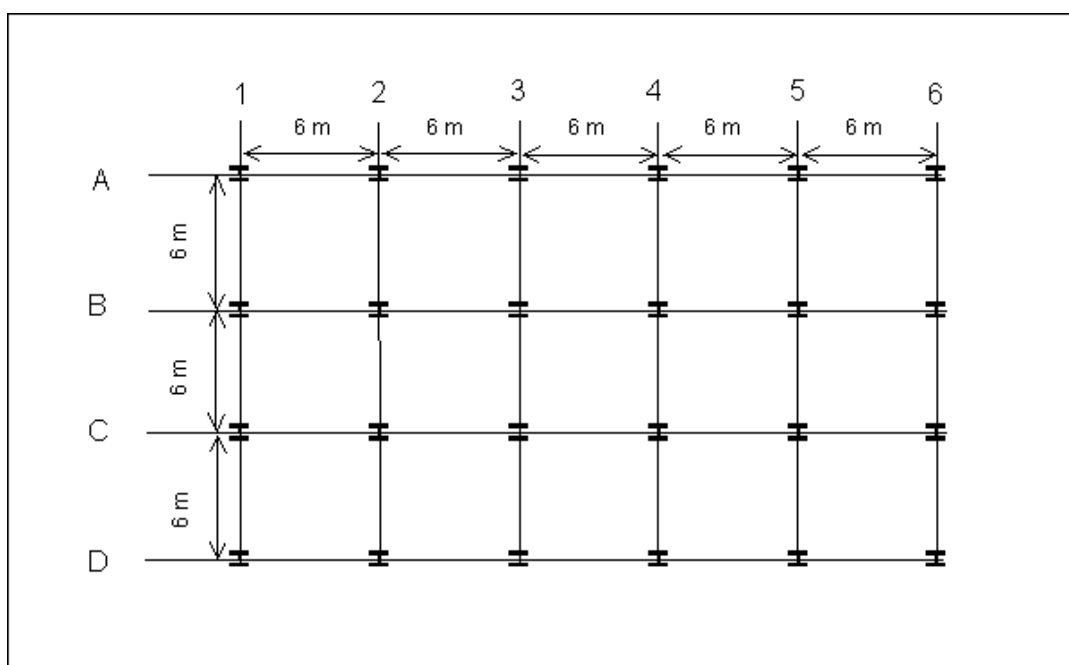


Fonte: Adaptado de Bellei et al. (2004)

Figura 4.3 – Perspectiva da estrutura metálica do edifício

O estudo de construção analisado, conforme já ilustrado na Figura 4.2, se situa no quarteirão da Rua Buenos Aires com a Avenida Passos. Numa avaliação preliminar é feito um estudo de partido de construção (montagem) das estruturas de um projeto de 8 pavimentos (elevação no último pavimento, de 25 metros). Como opção de anteprojeto a proposta de Bellei se adequa ao terreno disponível com área construída de 18 por 30 metros em estrutura montada em módulos (colunas e vigas) de 6 por 6 metros de área construída, como pode ser observado na Figura 4.4. A elevação é dividida no projeto em três fases: (a) primeira fase – os dois primeiros pavimentos com altura de coluna de 6 metros e suas vigas; (b)

segunda fase – os três pavimentos seguintes, com colunas de 9 metros; (c) terceira fase – os três pavimentos finais e o suporte da caixa d'água, com colunas de 9 e 12 metros e suas vigas. A obra ainda dispõe de um complemento estrutural compreendendo os contraventamentos, as escadas e a estrutura da casa de máquina dos elevadores, as chapas de base, chumbadores e parafusos.



Fonte: Adaptado de Bellei et al (2004)

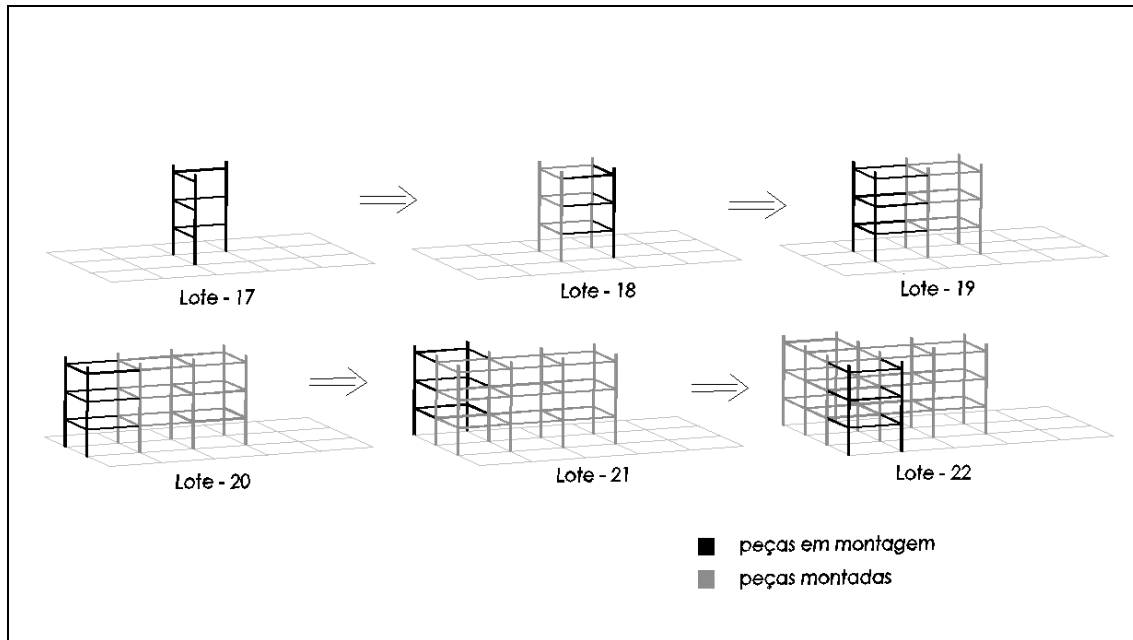
Figura 4.4 – Esquema do vigamento principal do prédio em planta

O sistema estrutural pode ser entendido da seguinte forma:

- Estabilidade transversal – É garantida pelos quadros rígidos dos eixos 1 e 6;
- estabilidade longitudinal – Pela colocação de contraventamentos verticais entre os eixos 3 e 4, filas B e C.

As estruturas metálicas, por serem moduladas (6 por 6 metros de área construída) e admitem um partido de montagem. Este tem início no módulo central do fosso de elevadores e escada (eixo 3 e 4, fila B e C) – de maior rigidez. Gradativamente são montados os módulos que se ligam ao módulo anterior,

dando estabilidade (travamento) estrutural e dimensional ao conjunto. A Figura 4.5 apresenta os croquis de evolução da montagem da 2ª etapa, devido à mesma ser a única com características de pavimento tipo, ou seja, a única que pode ser utilizada tanto para um prédio de 8 pavimentos como para um prédio mais alto:



Fonte: Adaptado de Araújo (2005)

Figura 4.5 – Seqüência de montagem de parte da 2ª etapa

Cada um desses lotes – transportados, içados e montados, compreende o carregamento da carreta, o trabalho do guindaste (torre) e a montagem da equipe, que além da uniformidade de quantidade de peças obedecem a um sincronismo de tempo. A obra tem um ritmo constante: a cada 5 horas (*takt time* da obra) é içado e montado um lote, assim como, a cada 5 horas é carregada uma carreta com peças de um lote que são em seguida transportados para o local da obra. Essas atividades de transporte e montagem se dão simultaneamente.

## 4.2 EQUIPAMENTO

Para a execução desses trabalhos de içamento e montagem, é conveniente que o equipamento seja adequado – capacidade de carga suficiente, e seja

versátil – para que a lança consiga cobrir a área de içamento (carreta) e todos os pontos de montagem.

Pelo menos no Rio de Janeiro, as obras civis em concreto armado utilizam como torre de içamento de cargas, as torres de lança fixa. Esse tipo de equipamento é bastante limitado para uma obra em estruturas metálicas situada no centro de qualquer metrópole. É limitado pela capacidade de carga, velocidade de içamento e na movimentação da torre que pode se chocar com as construções vizinhas à obra.

Foi considerada também a possibilidade de se utilizar um guindaste sobre rodas com lança telescópica. Entretanto, devido ao tamanho do equipamento e a dificuldade de movimentação em ruas estreitas, essa opção foi abandonada. Outra alternativa, é colocar o guindaste dentro do terreno, o que gera vários problemas devido à dificuldade de movimentação da lança telescópica.

O equipamento que melhor se adequa às construções metálicas localizadas no Centro de cidade é a torre de lança basculante, pois pode se movimentar sem restrições quanto às edificações vizinhas, conforme na Figura 4.6:



Fonte: [www.liebherr.com](http://www.liebherr.com) (15/07/05)

Figura 4.6 – Torre de lança basculante



Foi adotado o uso desta torre de lança basculante, tendo em vista que este equipamento é bastante utilizado nos EUA e Europa. Existem vários fabricantes no mercado (Favelle-Favco, Kroll e Liebherr, entre outros) com modelos similares.

Quadro 4.1 – Comparativo de características dos equipamentos

Fabricante:	Favelle-Favco	Kroll	<b>Liebherr</b>
Modelo:	M70D	K-100L	<b>112HC-L</b>
Íçamento (m/min)	189	100	<b>160</b>
Rotação Horizontal (rpm)	—	0,7	<b>0,7</b>
Rotação Vertical (min)	—	1,5	<b>1,2</b>

O Quadro 4.1 foi elaborado com dados dos respectivos manuais técnicos (Anexo 3). Escolheu-se, para estudo de performance o equipamento da Liebherr-Werk Biberach GmbH – o modelo 112 HC – L . A Figura 4.7 mostra a versatilidade deste equipamento na obra, permitindo que duas ou mais torres trabalhem simultaneamente num mesmo edifício e na mesma cota.



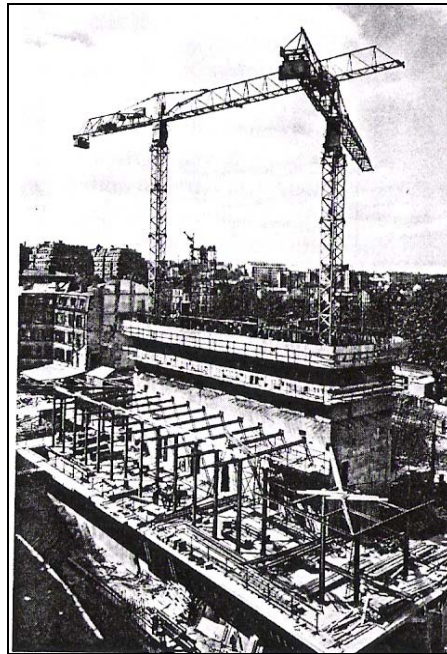
Fonte: [www.liebherr.com](http://www.liebherr.com) (15/07/05)

Figura 4.7 – Torres trabalhando juntas

Como outras características relevantes do equipamento utilizado, tem-se:

- Comprimento de Lança: 48 m
- Carga Máxima na Extremidade da Lança: 1.600 kg

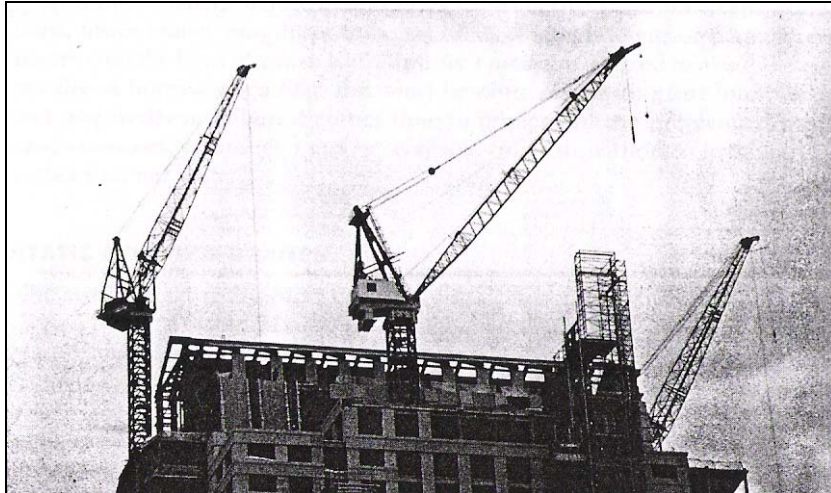
Sabe-se que não é o caso estudado, entretanto em prédios altos é uma prática comum utilizar mais de um equipamento de içamento justamente para que se possa reduzir o prazo de execução da obra. Diante disso temos duas situações; a primeira (Figura 4.8) onde são utilizadas 2 torres de lança fixa e a segunda (Figura 4.9) onde são utilizadas 3 torres de lança basculante:



Fonte: Shapiro (1991)

Figura 4.8 – Duas torres de lança fixa

As Figuras 4.8 e 4.9 mostram que mesmo em maior quantidade, as torres de lança basculante fornecem maior mobilidade na obra do que as de lança fixa. Ou seja, para prédios altos onde há a necessidade de mais de um equipamento é nítida a vantagem do uso das primeiras, já que os desperdícios com movimentos desnecessários e esperas serão menores.



Fonte: Shapiro (1991)

Figura 4.9 – Três torres de lança basculante

Conforme a Figura 4.10 pode-se observar que para montar a peça mais distante necessita-se de 29 metros e o equipamento escolhido alcança 48 metros.

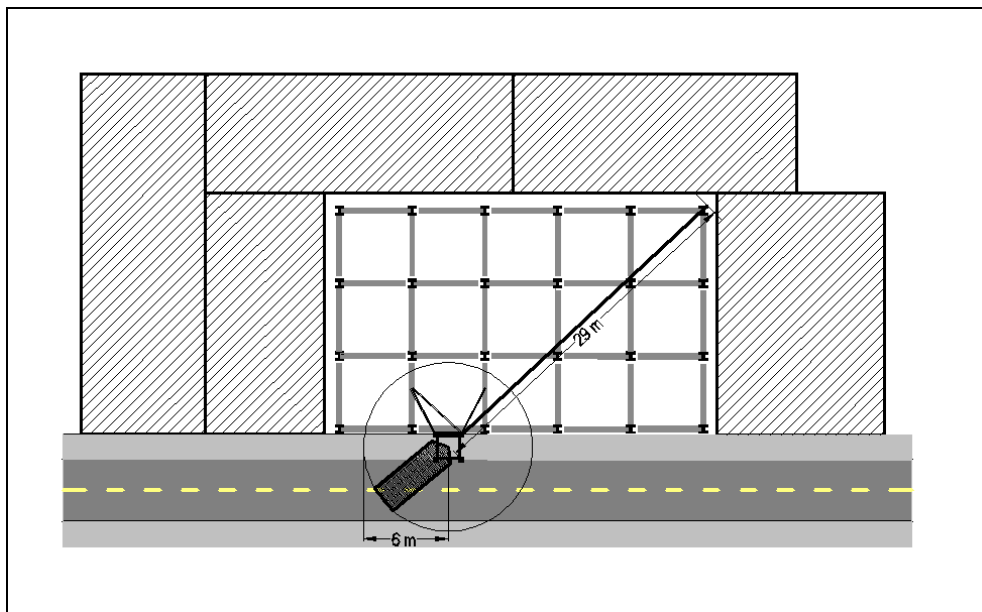


Figura 4.10 – Localização e alcance da torre Liebherr na obra estudada

Para a construção *lean* há que se inovar no equipamento – já que com uma performance superior o guindaste estabelece um ritmo da obra e de abastecimento logístico que interfere em toda a produtividade da cadeia produtiva.

### 4.3 PLANEJAMENTO DA MONTAGEM

Fez-se necessário o dimensionamento dos lotes, optou-se pelo menor possível, a partir dos conceitos *lean*, da dificuldade de tempo e com a carreta situada em um local movimentado para o içamento das peças. Com lotes pequenos, o tempo da carreta no local é menor, diminuindo o transtorno às pessoas que transitam por perto da obra. Estes também permitem uma maior variabilidade na execução, caso haja necessidade por qualquer imprevisto ou mudança do programa de execução.

Os lotes foram dimensionados de forma a garantir, no momento da montagem, a estabilidade das estruturas metálicas. Outro aspecto considerado foi a tentativa de padronização do tamanho dos mesmos com o intuito de facilitar a execução da montagem, o armazenamento no depósito, a definição das carretas e toda a logística envolvida para o abastecimento da obra no momento exato.

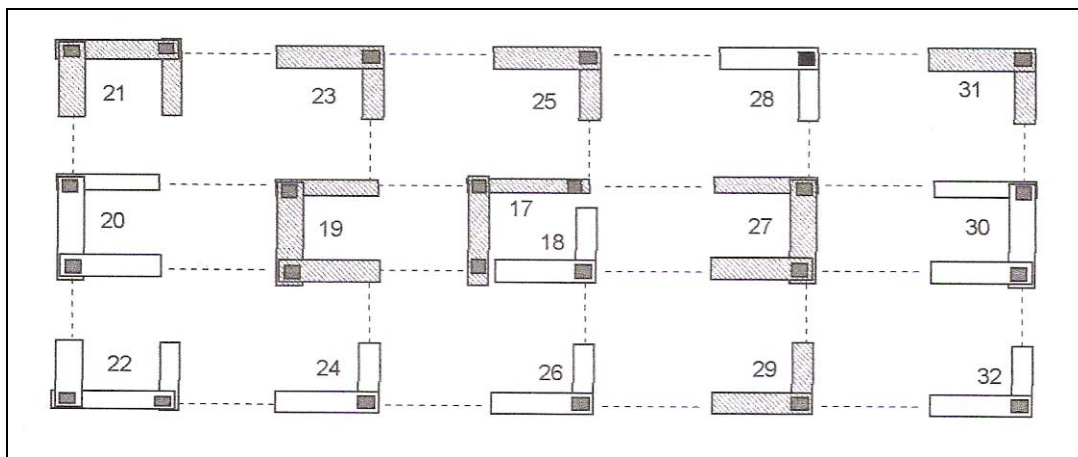
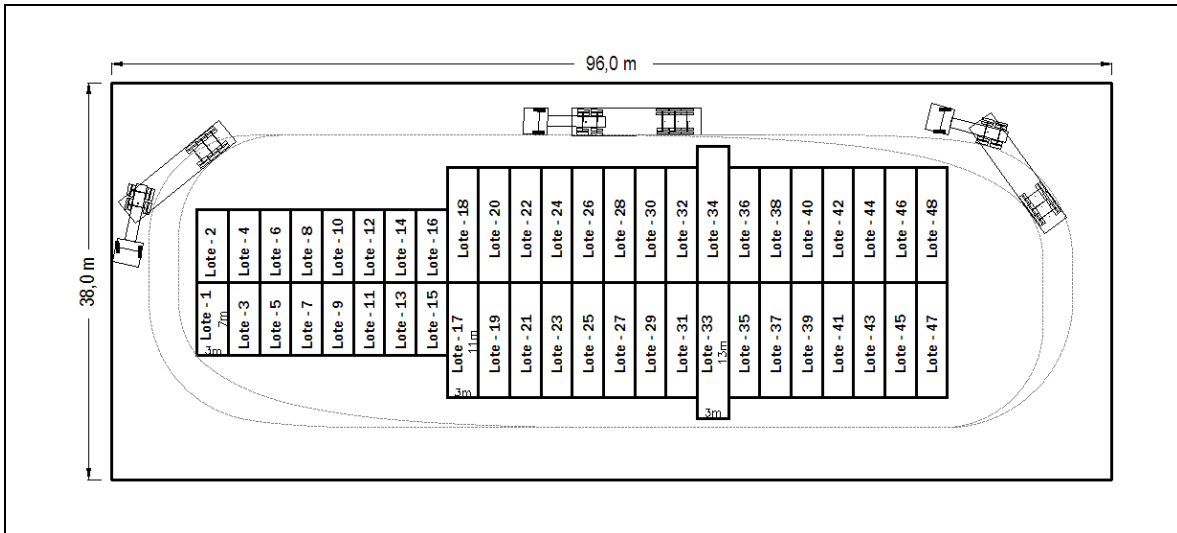


Figura 4.11 – Seqüência de montagem da 2ª etapa

Na Figura 4.11 pode-se observar a numeração dos lotes de 17 a 32 devido à 1ª etapa conter os lotes de 1 a 16 e a 3ª etapa os lotes de 33 a 48, finalizando a estrutura conforme Anexo 4. Um outro aspecto da Figura é a diferença de hachura entre os lotes ímpares e os pares, isto se dá devido aos lotes ímpares serem transportados por uma carreta e os pares pela outra, desta forma as carretas trabalham no ritmo da torre, ou seja, no fluxo da obra. Esta seqüência de

montagem é importante para a equipe que trabalha no depósito, já que permite o controle do recebimento das peças junto ao fabricante dentro do prazo estipulado pela obra.

O depósito também foi dimensionado com um conjunto de baias de armazenamento que permitem a correta organização dos lotes, conforme as peças sejam recebidas do fabricante. As peças nessas baias facilitarão o carregamento das carretas, resultando na redução dos desperdícios de movimentação desnecessária e de transporte. Na Figura 4.12 observa-se o *layout* do depósito, conforme o trabalho de Araújo (dissertação em desenvolvimento e com previsão de conclusão até o final de 2005).



Fonte: Araújo (2005)

Figura 4.12 – Depósito para estoque dos 48 lotes do edifício

No estudo de içamento e montagem foram estimados tempos de operação para todas as 3 etapas de montagem (Anexo 5). Devido à 2ª etapa poder ser replicável em prédios mais altos, resolveu-se apresentá-la a seguir, como uma proposta de planejamento de montagem:

Quadro 4.2 – Proposta de planejamento de montagem da 2ª etapa

Dia/Semana	Nº do Lote (un)	Preparação Torre (h)	Colunas			Vigas Principais			Vigas Intermediárias			Tempo Total : Preparação + Içamento + Montagem (h)	Folga de Operação (h)
			Quantidade (un)	Içamento (h)	Montgem (h)	Quantidade (un)	Içamento (h)	Montgem (h)	Quantidade (un)	Içamento (h)	Montgem (h)		
Seg	17	0,50	3	0,50	1,50	6	0,50	1,50	0	0	0	4,50	0,50
Seg	18	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	6	0,50	1,50	5,00	0
Seg	19	0,50	2	0,25	1,00	9	0,75	2,25	0	0	0	4,75	0,25
Ter	20	0,50	2	0,25	1,00	9	0,75	2,25	0	0	0	4,75	0,25
Ter	21	0,50	2	0,25	1,00	9	0,75	2,25	0	0	0	4,75	0,25
Ter	22	0,50	2	0,25	1,00	9	0,75	2,25	0	0	0	4,75	0,25
Qua	23	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	6	0,50	1,50	5,00	0
Qua	24	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	6	0,50	1,50	5,00	0
Qua	25	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	6	0,50	1,50	5,00	0
Qui	26	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	6	0,50	1,50	5,00	0
Qui	27	0,50	2	0,25	1,00	9	0,75	2,25	0	0	0	4,75	0,25
Qui	28	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	6	0,50	1,50	5,00	0
Sex	29	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	3	0,25	0,75	4,00	1,00
Sex	30	0,50	2	0,25	1,00	9	0,75	2,25	0	0	0	4,75	0,25
Sex	31	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	6	0,50	1,50	5,00	0
Sáb	32	0,50	1	0	0,50	6	0,50	1,50	3	0,25	0,75	4,00	1,00

Sobre o Quadro 4.2 cabe uma explicação, já que o mesmo servirá como base para a criação do mapeamento da cadeia de valor estudada:

- Na 1ª coluna (Dia/Semana) da planilha é possível observar que serão montados 3 lotes por dias, terminando cada etapa em uma semana. O segundo e o terceiro carregamento de sábado levarão as escadas dos respectivos pavimentos montados e as vigas intermediárias das mesmas;
- na 2ª coluna (Nº do Lote) da planilha pode-se verificar a respectiva numeração de cada lote em relação à toda a estrutura;
- a 3ª coluna (Preparação da Torre) da planilha nos fornece o tempo de preparação da torre que foi dimensionado em 30 minutos (0,50 h), levando-se em consideração o tempo em que a mesma leva para ficar totalmente disponível para o içamento, o tempo da carreta estar na posição correta

para o descarregamento e também para os funcionários responsáveis pela colocação dos cabos de içamento chegarem até a carreta;

- a 4ª coluna (Quantidade de Colunas) da planilha refere-se à quantidade de colunas a serem montadas no respectivo lote;
- a 5ª coluna (Içamento das Colunas) da planilha diz respeito ao tempo de içamento das colunas de cada lote, onde foi considerado  $t = 0$  nos lotes onde somente 1 coluna é içada, devido à mesma já ser montada no momento do içamento por ser a última peça içada do lote considerado. Quando são içadas mais de 1 coluna o tempo dimensionado por coluna é de 15 minutos (0,25 h), lembrando-se que sempre a última coluna de cada lote é diretamente montada ( $t = 0$ );
- a 6ª coluna (Montagem das Colunas) da planilha mostra o tempo dimensionado para a montagem de cada coluna, tempo este previsto em 30 minutos (0,50 h);
- a 7ª coluna (Quantidade das Vigas Principais) da planilha refere-se à quantidade de vigas principais a serem montadas no respectivo lote;
- a 8ª coluna (Içamento das Vigas Principais) da planilha diz respeito ao tempo de içamento das vigas principais de cada lote, onde foram considerados tempos por amarrados de 3 ou 4 vigas de 15 minutos (0,25 h);
- na 9ª coluna (Montagem das Vigas Principais) da planilha pode-se observar o tempo dimensionado para a montagem de cada viga principal, tempo este de 15 minutos (0,25 h);
- as 10ª (Quantidade das Vigas Intermediárias), 11ª (Içamento das Vigas Intermediárias) e 12ª (Montagem das Vigas Intermediárias) colunas da planilha seguem as 7ª (Quantidade das Vigas Principais), 8ª (Içamento das Vigas Principais) e 9ª (Montagem das Vigas Principais) colunas, referindo-se à vigas intermediárias e não à vigas principais;
- na 13ª coluna (Tempo Total: Preparação + Içamento + Montagem) da planilha observa-se o tempo total. Este é a soma dos tempos de preparação, içamento (colunas e vigas) e montagem (colunas e vigas), e

deve ser igual ou menor do que o *takt time* que é de 5 horas. Dessa forma garante-se o fluxo contínuo da montagem da estrutura, podendo-se gerar o mapeamento de cadeia de valor;

- e finalizando a última coluna (Folga de Operação) da planilha apresenta a subtração do *takt time* (5 h) do tempo total, servindo a verificação das folgas.

A Figura 4.13 mostra o balanceamento das 3 linhas de fluxo geradas no planejamento: tempo líquido de carregamento e transporte da carreta (depósito até a obra), com o somatório dos tempos de içamento e montagem do lote de peças, e o tempo líquido de descarregamento e volta da carreta (obra até o depósito), dentro do *takt time* adotado.

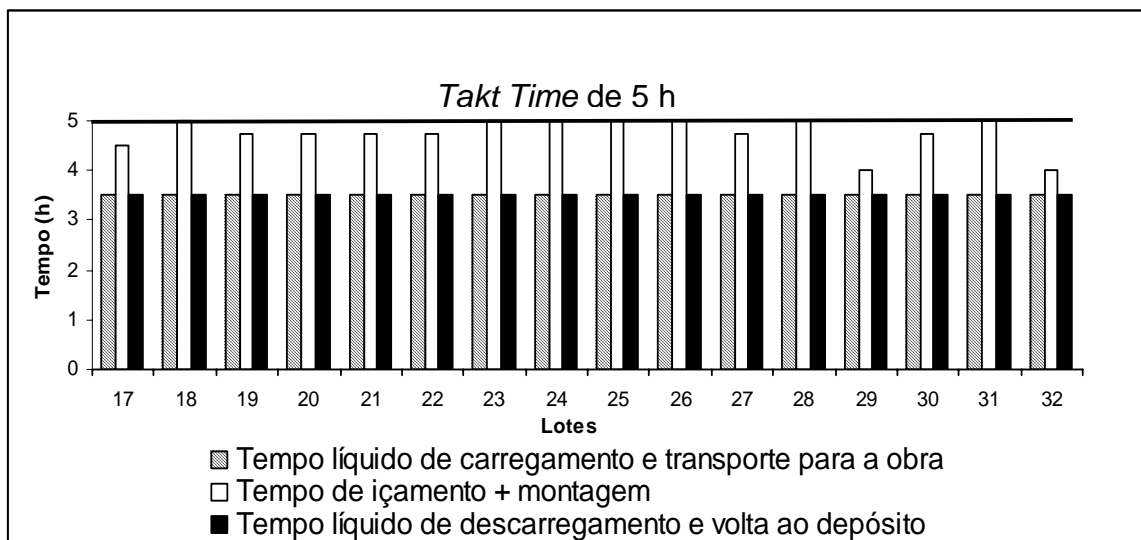


Figura 4.13 – Balanceamento das operações da 2ª etapa

A capacidade e velocidade do equipamento estabelece o ritmo de toda a obra. O planejamento preliminar das equipes de içamento e montagem, adequados à performance do guindaste, determina um ritmo de obra e uma demanda logística de um lote a cada 5 horas (*takt time*). Lembrando-se que esta análise foi feita com a possibilidade de funcionamento da obra em 2 turnos de 8 horas, onde 1 hora é reservada para a troca de turno. Como resultado tem-se uma demanda diária de 3 lotes de peça por dia a serem transportados, içados e



montados.

A integração das atividades e tempos de operação da logística de abastecimento (carretas que transportam as estruturas do depósito até a obra) e do içamento e montagem (operação do guindaste) é representada no mapeamento de cadeia de valor.

Os respectivos tempos das carretas encontrados no mapeamento da cadeia de valor foram obtidos do Quadro 4.3 a seguir, fornecidos por Araújo (Anexo 6).

Quadro 4.3 – Proposta de planejamento do depósito e do ponto intermediário até à obra da 2ª etapa

Dias da Semana	Lote	Depósito (h)		Ponto Intermediário (h)			
		t Prep.	t Carreg.	t Transp.	t Espera	t Ida à Obra	t Total
Seg	17	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Seg	18	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Seg	19	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Ter	20	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Ter	21	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Ter	22	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Qua	23	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Qua	24	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Qua	25	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Qui	26	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Qui	27	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Qui	28	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Sex	29	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Sex	30	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Sex	31	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00
Sáb	32	0,50	1,00	2,50	0,50	0,50	5,00

Fonte: Araújo (2005)

Observando-se o Quadro 4.3 percebe-se que o *takt time* definido pela montagem de cada lote é respeitado pela logística, de forma a garantir o abastecimento da obra em fluxo.

#### 4.4 MAPEAMENTO DA CADEIA DE VALOR DO TRANSPORTE, IÇAMENTO E MONTAGEM DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

A seqüência de atividades é representada pelo mapeamento de cadeia de valor na Figura 4.14. Esta seqüência que relaciona o recebimento das estruturas fabricadas em um depósito, o carregamento dos lotes, o transporte das carretas até um ponto intermediário de espera para movimentação até a obra, o içamento das peças e a montagem dos lotes da estrutura metálica. Os tempos de operação são assinalados em centésimos de hora.

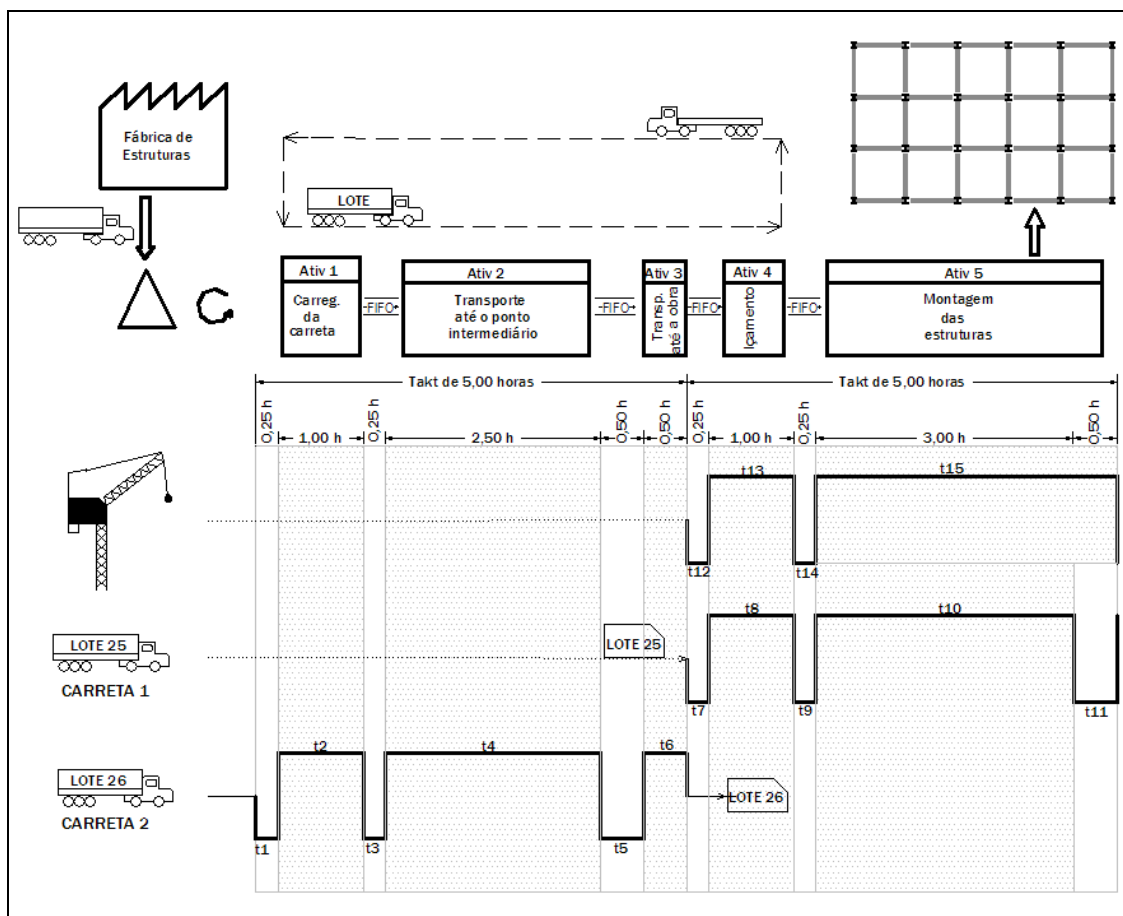


Figura 4.14 – Mapeamento da cadeia de valor da montagem da estrutura metálica

Observar-se no mapeamento da cadeia de valor acima diferenças para o mapeamento do fluxo de valor, inicialmente adotado pela indústria automobilística, como por exemplo:

- Para facilitar o entendimento da linha de fluxo a mesma foi feita em 3 partes, ou seja, 3 fluxos simultâneos e sincronizados; representando a torre de içamento, uma carreta e a outra a segunda carreta;
- estas mesmas linhas de fluxo foram apresentadas em escala facilitando a relação rápida do tempo com a atividade, evitando falhas na interpretação do mesmo;
- as linhas na parte superior (por exemplo: t13, t15, entre outras) significam as atividades que agregam valor ao produto final para o cliente ou se não agregam valor são fundamentais no processo como as primeiras (por exemplo: t2, t4, entre outras);
- as linhas na parte inferior como os t1, t3, t7, t9, t12 e t14 significam tempo de atividades que não agregam valor ao produto final para o cliente, logo foram reduzidas ao máximo e deveriam ter sido eliminadas;
- e as linhas na parte inferior como os t5 e t11 significam tempo de atividades. Além de não agregarem valor ao produto final para o cliente, também podem e devem ser eliminadas pois são esperas, logo são desperdícios. Num próximo estudo, por meio de uma melhor configuração do mapeamento pelo tamanho dos lotes será possível a eliminação de parte desse desperdício ou sua totalidade.

Na Figura 4.14 observa-se a representação de 2 lotes da 2ª etapa, respectivamente os lotes 25 e 26, como exemplo da aplicação da ferramenta de mapeamento. Cabe uma explicação a respeito de como os tempos (t) em centésimos de hora foram dimensionados:

- t1 é o tempo de 15 minutos adotado para a preparação da mão-de-obra e do equipamento no depósito para o carregamento do lote 26;
- t2 é o tempo de 1 hora adotado para o carregamento do lote 26 na carreta no depósito;
- t3 é o tempo de 15 minutos adotado para a verificação e recebimento da documentação da carga (lote 26);

- t4 é o tempo de aproximadamente 2 horas e 30 minutos adotado, com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto, para movimentação da carreta do lote 26 até o ponto intermediário;
- t5 é o tempo de aproximadamente 30 minutos, o qual dependendo da necessidade pode ser nulo, ou seja, se o tempo de movimentação da carreta até o ponto intermediário (t4) levar 3 horas, a carreta deve ir direto para a obra, não havendo necessidade de parar no ponto intermediário. Este tempo é um desperdício, mas é necessário para reduzir a possibilidade de atraso na chegada à obra o que implicaria em desperdício na utilização da torre;
- t6 é o tempo de aproximadamente 30 minutos adotado, com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto, para movimentação da carreta do lote 26 até a obra;
- t7 é o tempo de 15 minutos adotado para a preparação da mão-de-obra no térreo da obra para o içamento do lote 25;
- t8 é o tempo de 1 hora adotado para o içamento das peças do lote 25;
- t9 é o tempo de 15 minutos adotado para que a carreta seja preparada para retornar vazia ao depósito, e carregar o lote 27;
- t10 é o tempo de aproximadamente 3 horas adotado, com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto, para retorno da carreta vazia ao depósito, para carregar o lote 27;
- t11 é o tempo de aproximadamente 30 minutos adotado para a carreta ficar em espera no depósito. Este tempo é um desperdício, mas pode ser utilizado para manutenção da carreta;
- t12 é o tempo de 15 minutos adotado para a preparação da torre para o içamento das peças do lote 25, onde este tempo ocorre simultaneamente ao tempo de preparação da mão-de-obra (t7);
- t13 é o tempo de 1 hora adotado para o içamento das peças do lote 25;
- t14 é o tempo de 15 minutos adotado na preparação da mão-de-obra do pavimento em execução da obra, para a montagem do lote 25;

- $t_{15}$  é o tempo de 3 horas e 30 minutos adotado para a montagem do lote 25.

Em uma descrição preliminar, verifica-se que a seqüência de atividades da torre basculante tem a duração total de 5 horas por lote içado e montado, é o que define o *takt time* conforme indicado no Quadro 4.2. Duas carretas são suficientes para abastecer a obra. A cada 5 horas, uma carreta é carregada no depósito, depois movimentada até o ponto intermediário (distante poucos minutos da obra) e espera o deslocamento para a obra, em função da disponibilidade da torre. Nesse mesmo período, a outra carreta de abastecimento estaciona na obra para iniciar o descarregamento e o içamento das peças, numa atividade que tem a duração de 1 hora e 30 minutos, em seguida ela retorna ao depósito. Constata-se que todas as operações de movimentação de carretas atende à demanda da torre basculante, de um lote a cada 5 horas conforme apresentado no Quadro 4.3.

O ajustamento da atividade logística das carretas à capacidade de operação da torre, em uma produção puxada, é a característica de fluxo da construção *lean*: a carga de cada atividade é sincronizada no ritmo de demanda da torre basculante, estabelecendo-se o cadenciamento no mapeamento da cadeia de valor.

#### **4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O estudo da seqüência de atividades do anteprojeto do prédio comercial de 8 pavimentos no Centro da cidade do Rio de Janeiro enfatizou dificuldades de execução da obra. Ao mesmo tempo, o estudo salientou o fato de que a rigorosa implantação de ferramentas *lean* permite contornar os principais problemas de queda de produtividade das operações de construção.

O mapeamento da cadeia de valor foi um procedimento fundamental para a implantação inicial da construção *lean*, visto que a mesma descreve toda a cadeia de valor em estudo, facilitando a visualização das atividades que agregam valor e também das que não agregam. Ele possibilita um melhor arranjo destas atividades

na tentativa de eliminar ou reduzir ao máximo as que não agregam valor ao produto final.

Esta ferramenta também é importante por permitir a aplicação de outras técnicas e conceitos *lean* como, por exemplo: o *Just-in-Time*, o Fluxo, a Produção Puxada (*Kanban*) e outros que aparecem indiretamente, porém são essenciais para o melhor funcionamento da construção *lean*. Como exemplo tem-se *Benchmarking*, *Brainstorming*, 5S, Troca Rápida de Ferramenta, Trabalho Padrão, Manutenção Produtiva Total e Melhoria Contínua (*Kaizen*).

Conceitualmente, o mapeamento deve ser feito primeiramente no seu estado atual e depois dimensiona-se um estado futuro. No anteprojeto estudado, contudo, o mapeamento é elaborado como forma de planejamento, ou seja, no seu estado futuro. Deste modo resolveu-se desenvolver uma alternativa diretamente no mapeamento do estado futuro, considerando que uma obra de centro de cidade (sem espaço físico excedente) só apresentaria um aumento de sua produtividade pela aplicação da construção *lean*.

O mapeamento mostrou que sem a criação do depósito não haveria o fluxo e o *Just-in-Time*. Isto deve-se ao fato de que a fábrica das estruturas (vigas e colunas) a princípio, não trabalha em processo de produção *lean*, ou seja, o depósito é necessário devido ao fornecedor produzir peças em batelada. A importância do depósito é permitir a implantação de fluxo, apesar da falta de espaço físico na obra para a estocagem das peças.

Pelo mapeamento também constatou-se que a escolha de um equipamento de montagem eficiente é essencial, já que é ele quem vai ditar o ritmo da obra. Este é também o principal motivo para a adoção de 2 turnos de trabalho diário e se necessário 7 dias da semana de trabalho, utilizando-se ao máximo a torre de içamento e montagem – o principal responsável pelo ritmo da obra, onde todas as outras etapas do processo estarão sincronizadas, como é o caso da logística de abastecimento e do depósito.

A preocupação em estabelecer o fluxo de materiais em pequenos lotes, adequados à capacidade de operação da torre basculante e às equipes de

montagem, elimina “gargalos”, reduzindo esperas e formação de estoques em processo. A ocorrência de fluxo, integrando a logística de abastecimento às atividades de montagem das estruturas, diminui ao mínimo a espera de veículos no local de descarregamento da obra.

A organização do fluxo de estruturas metálicas até sua montagem definitiva obedece uma seqüência de operações, onde a atividade anterior só é executada a partir da necessidade manifestada pela atividade posterior. Há portanto o estabelecimento de um sistema *Kanban* (sem cartões) feito por rádio ou telefone entre o depósito, os motoristas das carretas e o operador da torre, no qual a movimentação de cargas é realizada pela autorização do movimento modal. Há, em conseqüência, um seqüenciamento em *Just-in-Time* das cargas, sincronizando todas as operações. Como resultado, com a estrita observância dessa concepção de produção, tem-se a produção puxada, inerente a execução de uma construção *lean*.

O anteprojeto é constituído de 3 etapas, com 16 lotes cada uma. Por dia são montados 3 lotes: cada etapa é finalizada em uma semana: de segunda-feira a sábado. Foi feito um dimensionamento para que, ao término de 3 semanas a montagem da estrutura fosse concluída, visto que aos sábados, os 2 últimos carregamentos do dia são para as vigas restantes e para as escadas. Desta forma, do início ao fim da montagem, são previstas 3 semanas de trabalho, lembrando-se a disponibilidade de um domingo de cada etapa para possíveis ajustes, caso houvesse necessidade.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho aprofundou os estudos de Tommelein e Weisseberger (1999), analisando as condições de implantação de procedimentos *lean*, em anteprojeto de construção predial. Foram apresentadas justificativas para o aumento de produtividade da obra predial, mesmo sem medir indicadores numéricos de acompanhamento e de comparação. O fato deste trabalho estar coerente com a linha de pesquisa de Tommelein se além a preocupação de contribuir com as condições de implantação de um novo conceito de construção – a construção *lean* – a exemplo do ocorrido na indústria de transformação – a produção *lean*.

Para a determinação do ganho de produtividade, é necessária a medição da produtividade na construção *lean* e em uma obra convencional. Contudo, há de se considerar dois aspectos:

- a) Não é usual na construção, a ocorrência de situações de “antes” da implantação e “depois” da implantação de nova forma de organização da produção, como é comum no setor industrial de produção seriada. Quando tal ocorre, existe um tempo de aprendizado e acomodação que não justificariam tal tipo de análise;
- b) a comparação entre obras não é comum, já que nesse setor não é usual a existência de duas ou mais construções iguais. Ocorrem particularizações de projeto, diferenças de calendário que interferem no rendimento, apresentando diferenças climáticas e variações na curva de conhecimento privilegiando as obras executadas posteriormente, entre outros aspectos. Dessa forma são criadas situações que sempre distinguem uma obra de outra, mesmo que semelhantes.

Diante dessas diferenças existentes, pode ser analisada a hipótese de duas obras idênticas, o que é improvável. Estas não poderiam ser vizinhas para evitar-se a influência de uma sobre a outra, mas também não muito distantes. Desta forma haveria a possibilidade de se encontrar características pedológicas e climáticas semelhantes, reduzindo-se a ocorrência de, por exemplo, chuva à somente uma obra.



A equipe de mão-de-obra deve ser independente, isto é, se possível que não tenham convivência, evitando-se trocas de informações. As construções ocorreriam simultaneamente, de forma a facilitar as comparações financeiras e de produtividade, além de garantir as mesmas possibilidades em relação aos fornecedores e às tecnologias existentes.

Por meio da garantia destas condições improváveis, poderia ser realizada uma comparação real entre as construções convencional e *lean*.

Por tudo isso, por ser muito difícil avaliar o aumento de produtividade da obra, comparando uma construção *lean* com uma construção convencional, este trabalho não apresenta esse tipo de resultado.

O conceito de construção *lean*, por outro lado, deve ser considerado desde a definição do negócio, conforme Dos Reis e Picchi (2003): estes discutem a importância do uso do mapeamento de fluxo de valor como elemento necessário para o desenvolvimento do fluxo de negócios. Os autores identificam o atendimento das necessidades do cliente como a demanda dos fluxos operacionais.

Há necessidade, portanto de adotar-se o conceito da construção *lean* desde a concepção do projeto. Desta forma permite a integração deste reduzindo os desperdícios com retrabalho de correção. Para isso, a utilização da ferramenta do *Brainstorming* é útil para reunir os projetistas e engenheiros de montagem da obra – responsáveis pelo equipamento de içamento, e o pessoal que vai responder pelo abastecimento logístico das peças (colunas e vigas) na obra. Essas reuniões evitam vários problemas que ocasionam desperdícios ao longo da construção da obra, e os projetos adquirem uma certa padronização. Essa padronização induz ao aumento de produtividade da construção *lean* quando considera-se que:

- a) O uso de concepções e procedimentos *lean* para eliminação de desperdícios de processo foi bastante eficiente em diferentes setores industriais. É possível imaginar que o mesmo ocorra em uma organização de produção da construção predial, principalmente se for em estrutura metálica;

- b) o planejamento de um fluxo de operações, integrando a logística de abastecimento às atividades de montagem das estruturas metálicas, preocupou-se em eliminar “gargalos”, balanceando as atividades, o que significa a estrita eliminação de desperdícios de processos. Essa sistematização na identificação e eliminação de desperdícios induziu ao aumento de produtividade em outros setores de produção, possibilitando-se o aumento da produtividade da construção;
- c) a fase da construção estudada – montagem das estruturas metálicas, permite que as atividades posteriores de concretagem de laje e fechamento dos andares se dêem de forma simultânea. O uso de estruturas metálicas assegura um aumento na velocidade da obra e antecipa sua conclusão. A integração entre o uso do aço e o processo *lean* permite ganhos mútuos de produtividade, não só da execução da montagem, mas principalmente, na obra como um todo.

Este trabalho, busca a generalização da concepção *lean* em um tipo de construção predial. Ele contribui para a discussão sobre o conceito *lean* quando detalha o planejamento da cadeia de valor, identificando todas as principais peças de estruturas metálicas. Assim, define lotes de movimentação, de içamento e montagem, concebendo um fluxo *Just-in-Time* e estabelece procedimentos de produção puxada, representado pelo mapeamento da cadeia de valor.

O trabalho apresenta pressupostos que ainda precisam de confirmação, como nos exemplos que se seguem: as estruturas metálicas são a melhor alternativa para tornar flexível a organização de fluxo em lotes sincronizados ao ritmo de montagem; há necessidade de adoção de equipamentos de içamento e montagem de maior mobilidade (torre basculante) e que seja viável à programação de frentes simultâneas de trabalho, a partir da montagem das estruturas. Outras questões ligadas à logística de abastecimento, também necessitam melhores esclarecimentos. Finalmente, adotou-se a premissa de que as estruturas metálicas proporcionam melhores condições para a implantação de metodologia *lean* de construção. A construção *lean* é talvez o ambiente mais favorável para a utilização das estruturas metálicas prediais, melhorando suas condições de viabilidade econômica.

Sabe-se que pesquisas dessa natureza precisam de maior aprofundamento. É conveniente num primeiro momento, estender um pouco mais a cadeia de valor da construção predial *lean* incorporando outras fases: a colocação do *steel deck* (laje) e as atividades de fechamento. Também é necessário avaliar o uso de outros materiais – como a estrutura em pré-moldado de concreto, verificando sua compatibilidade a esse novo conceito de organização de produção e a possibilidade de construções em concreto armado melhorarem ou não sua produtividade utilizando a construção *lean*.

Pesquisas futuras também se aplicam à utilização mais detalhada de outras ferramentas *lean*, que não foram o foco do estudo deste trabalho. Ferramentas como o *Benchmarking*, o *Brainstorming*, o 5S, a Troca Rápida de Ferramenta e outras que possibilitam um aumento da produtividade, reduzindo os desperdícios e melhorando o processo como um todo. A construção *lean* deveria ser mais eficiente quando suas ferramentas são utilizadas com uma concepção de sistema *lean*. Todas as ferramentas devem estar integradas, focando sempre no cliente, no processo contínuo de melhoria e na redução de desperdícios constantes, gerando ganhos ao longo de todo o processo (matéria-prima até o cliente final, o consumidor).

A pesquisa em construção *lean*, da qual faz parte este trabalho, tem o objetivo amplo de apresentar soluções, criando rotinas e padronizações que seriam replicados na construção de prédios altos (mais de 30 pavimentos). A pesquisa visa estabelecer procedimentos de maior eficiência para uma realidade brasileira, procedimentos mais adequados às contingências de áreas centrais metropolitanas e manter os pressupostos de redução de desperdício da construção civil. Há necessidade portanto, de confrontar as propostas apresentadas com a opinião de outros especialistas, tanto no ambiente acadêmico quanto junto aos profissionais da área de construção. Essa discussão deve resultar em uma melhor configuração de restrições ao processo de implantação do *lean* na construção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. C. L. Diretrizes para a Gestão dos Fluxos Físicos em Canteiros de Obras – Proposta Baseada em Estudos de Caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

ARAUJO, P. R. C. Propostas Logísticas Para o Suprimento de Estruturas Metálicas em Construção Predial *Lean*. Dissertação em fase de conclusão com previsão de conclusão até o final de 2005 (Mestrado em Engenharia Civil). Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005.

BELLEI, I. H., Pinho F. O., Pinho M. O. Edifícios de Múltiplos Andares em Aço. São Paulo, Editora Pini, 1ª Edição, 2004.

CALMON, J., MORAES, F. (2000) – Diagnóstico da Construção Metálica de Edifícios. Análise Preliminar à Luz dos Princípios da Lean Construction – 8º ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador, BA, 26 a 28 de abril de 2000.

CAMPOS, V. F. Gerenciamento pelas diretrizes. 2. ed. Belo horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. *Just-In-Time*, MRP II e OPT: um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas, 2001.

DINA, A. A Fábrica Automática e a Organização do Trabalho. Petrópolis: Vozes/IBASE, 1987.

DOS REIS, T. e PICCHI, F. (2003) – Aplicação da “Mentalidade Enxuta” ao Fluxo de Negócios na Construção Civil – III SIBRAGEC: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, UFSCar, São Carlos, SP, 16 a 19 de setembro de 2003.

EATON CORPORATION. VSM. Apostila de Treinamento. Valinhos: Eaton, 1998.

EATON CORPORATION. Trabalho Padrão. Apostila de Treinamento. Valinhos: Eaton, 1999.

EATON CORPORATION. Troca Rápida. Apostila de Treinamento. Valinhos: Eaton, 1999.

FERREIRA, F. P. Análise da Implantação de um Sistema de Manufatura Enxuta em uma Empresa de Autopeças. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Socioprodutivos). Universidade de Taubaté, 2004.

FONTANINI, P. e PICCHI, F. (2003) – Mentalidade Enxuta na Cadeia de Fornecedores da Construção Civil – Aplicação de Macro-Mapeamento – III SIBRAGEC: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, UFSCar, São Carlos, SP, 16 a 19 de setembro de 2003.

FONTANINI, P. e PICCHI, F. (2004) – Value Stream Macro Mapping – A Case Study of Aluminum Windows For Construction Supply Chain – IGLC12: Proceedings of The 12<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Copenhagen, August 2-6, 2004.

GHIANATO, P. produção & Competitividade: Aplicações e Inovações. Editores Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2000.

GÓES, M. F. B. Novas Formas de Organização da Produção e do Trabalho: Estudo de Caso em uma Empresa do Setor de Alumínio. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal da Bahia, 1999.

HOWARD I. SHAPIRO, P. E.; JAY P. SHAPIRO P. E.; LAWRENCE K. SHAPIRO, P. E. *Cranes & Derricks*. McGraw-Hill, Inc, 1991.

IMAI, M. *Kaizen – A Estratégia para o Sucesso Competitivo*. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1988.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. *Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil*. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA, L. *Application of the New Production Philosophy in Construction*. Technical Report 72. Technical Research Centre of Finland, 1992.

LYRA DA SILVA, R. R.; BORGES, C. A. J.; ROCHA, H. O.; BARROS, J. G.M. Identificação de Tendências e Oportunidades em Estudos Visando a Utilização de Métodos da Produção Enxuta na Construção Civil. Joinville: 3º COBEF – SC, 2005.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. *Manutenção – Combate aos Custos da Não-Eficácia – A Vez do Brasil*. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.

MONDEN, Y. *Produção Sem Estoques: uma Abordagem Prática do Sistema de Produção Toyota*. São Paulo: IMAM, 1984.

MUÑOZ, R. *O Processo de Inovação e Difusão Tecnológica na Construção Civil: O Caso do Plano 100 em Salvador*. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal da Bahia, 2001.

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM – Total productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

POLAT, G., and BALLARD, G. (2003) – *Construction Supply Chains: Turkish Supply Chain Configurations For Cut And Bent Rebar* – IGLC11: Proceedings of The 11<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Blacksburg, VA, July 22-24, 2003.

QUEIROZ, J., RENTES, A. e ARAUJO, C. (2004) – *Transformação Enxuta: Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em Uma Situação Real* – XXIV ENEGEP: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, 03 a 05 de novembro de 2004.

QUERNE, J. *Fatores de Competitividade na Manufatura. O Programa TPM para Aumento de Produtividade*. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia). Universidade de Taubaté, 2001.

ROTHER, M.; HARRIS, R. *Criando Fluxo Contínuo*. Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício. Lean Institute Brasil, 1999.

SANTOS, A.; ISATTO, E. L.; HINKS, J. *Benchmarking*: Uma Ferramenta para Aumentar a Competitividade na Construção Civil. In: Métodos e Ferramentas para a Gestão da Qualidade e Produtividade na Construção Civil. NORIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

SANTOS, A.; POWELL, J. A.; EATON, D.; SARSHAR, M. Uso de Controles Visuais na Construção: Um Estudo Internacional. In: Revista Qualidade na Construção. São Paulo: Sinduscon, n. 24, Ano III, 2000.

SCHRADER BRIDGEPORT, FMEA. Apostila de Treinamento. Jacaré: Schrader, 2002.

SCHONBERGER, R. J. Técnicas Industriais Japonesas: Nove lições Ocultas Sobre Simplicidade. São Paulo: Pioneira, 1988.

SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES; COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (CET-RIO). Folheto de Carga e Descarga no Centro do Rio de Janeiro.

SHINGO, S. *Study of the Toyota Production System*. Tokyo: Japan Management Association, 1981.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção: do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SIEMMENS. *Kaizen*. Apostila de Treinamento. Guarulhos: Siemens, 2002.

SILVA, B. Taylor e Fayol. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas Serviços de Publicações, 1974.

TAKAHASHI, Y. Manutenção Produtiva Total. São Paulo: IMAM, 1993.

TAYLOR, F. W. Princípios de Administração Científica. São Paulo: Atlas, 1976.

TOMMELEIN, I. and LI, A. (1999 a) – Just-in-Time Concrete Delivery: Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration - IGLC7: Proceedings of The 7<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Berkeley,

CA, July 26-28, 1999.

TOMMELEIN, I. and WEISSENBERGER, M. (1999 b) – More Just-in-Time: Location of Buffers in Structural Steel Supply and Construction Processes - IGLC7: Proceedings of The 7<sup>th</sup> Annual Conference of The International Group for Lean Construction, Berkeley, CA, July 26-28, 1999.

VISTEON, *Just-In-Time*. Apostila de Treinamento. Guarulhos: Visteon, 1997.

WERKEMA, M. C. C. As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos. 6. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1995.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. *A Máquina que Mudou o Mundo*. São Paulo: Editora Campus, 1992.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza*. Editora Campus, 1998.

[www.favellefavco.com](http://www.favellefavco.com) em 15 de Julho de 2005.

[www.krollcranes.com](http://www.krollcranes.com) em 15 de Julho de 2005.

[www.liebherr.com](http://www.liebherr.com) em 15 de Julho de 2005.

YAMASHINA, H. *Just-In-Time*. São Paulo: IM & C International, 1988.