

Alternativa de abastecimento de estruturas metálicas em construção predial *Lean*

Rita de Cássia da Silveira Marconcini Bittar (UERJ) rita@fat.uerj.br

Paulo Roberto Corrêa de Araujo (UERJ) pauloaraujo2003@ig.com.br

Cyro Alves Borges Jr (UERJ) cyroborges@globo.com

José Glenio Medeiros de Barros (UERJ) glenio@uerj.br

Resumo

Este trabalho propõe um modelo de organização logística para o abastecimento das estruturas metálicas em obra predial de concepção Lean. O Modelo de Processo da Construção Lean consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. O local da construção que foi estudado, o Centro da cidade do Rio de Janeiro, tem características de generalidade com relação a outras metrópoles brasileiras, dadas as dificuldades de acessibilidade dos transportes e de armazenagem na obra. As atividades logísticas, principalmente as de transporte e manuseio dos materiais, têm atenção especial neste trabalho, pois no processo produtivo que obedece à concepção Lean adquiriram papel decisivo. A utilização de procedimentos Just-in-Time exige lotes pequenos para garantir o fluxo contínuo de materiais. Neste contexto, as atividades produtivas são diretamente dependentes umas das outras e devem estar sincronizadas, pois qualquer interrupção do fluxo de materiais prejudica todo o processo. O objetivo deste trabalho é propor uma alternativa de abastecimento de estruturas metálicas para construção predial Lean, de forma que haja balanceamento entre as atividades logísticas e o processo de montagem das estruturas.

Palavras chave: Logística; Construção Predial; Construção Lean; Estruturas Metálicas.

1. Introdução

O fluxo de materiais é uma das principais preocupações das empresas que organizam a produção sob a concepção *Lean*. A designação construção *Lean* foi adotada neste trabalho por ter sido considerada mais adequada ao contexto do que a expressão construção “enxuta”. O termo *Lean* se refere à idéia de esbelto e sem excessos, o que não se desprende da palavra “enxuta”. De um modo geral, a indústria, principalmente a automobilística, trata deste problema interferindo em toda a cadeia produtiva: desde os fornecedores de matéria-prima, passando pelos produtos semi-acabados até a entrega dos automóveis aos clientes finais. Na construção predial em estruturas metálicas, a maioria dos projetos não tem escala para interferir na cadeia produtiva. Por facilidade de planejamento e programação de produção, as fábricas de estruturas metálicas adotam usualmente uma rotina de fabricação por batelada. Ou seja, com a colocação da encomenda no programa da fábrica, primeiro são fabricadas as colunas, depois as vigas e

finalmente as peças menores, seguindo uma ordenação de famílias de componentes fabricados. Este critério de fabricação por batelada, apesar de conveniente aos interesses do fabricante de estruturas, é a antítese da concepção *Lean* e contraria por completo a forma de abastecimento *Just-in-Time* da obra.

A construção predial em estruturas metálicas que optar pelo modelo *Lean* de construção poderá ordenar o fluxo de estruturas a partir da fábrica, até que esta esteja ajustada ao mesmo modelo. O objetivo é garantir a chegada das estruturas certas na hora exata da utilização. A logística assume uma responsabilidade muito grande, pois o sucesso do empreendimento depende de suas atividades de separação, manuseio e transporte. A mão-de-obra e demais equipamentos, alguns muito dispendiosos, como os guindastes, não poderão ficar ociosos por falta de peças. O desafio é ajustar a forma de fabricação às necessidades da obra, estudando todos os detalhes que possam interferir na entrega das estruturas necessárias no tempo certo, a saber: acessibilidade das carretas na obra e no depósito, interferência do trânsito e restrições públicas para veículos de cargas em centro de cidade.

A concepção *Lean* busca o fluxo pleno dos materiais. Para isso, procura a remoção de perdas e desperdícios. Sete tipos de desperdícios foram identificados por Shingo (1996) para o Sistema Toyota de Produção:

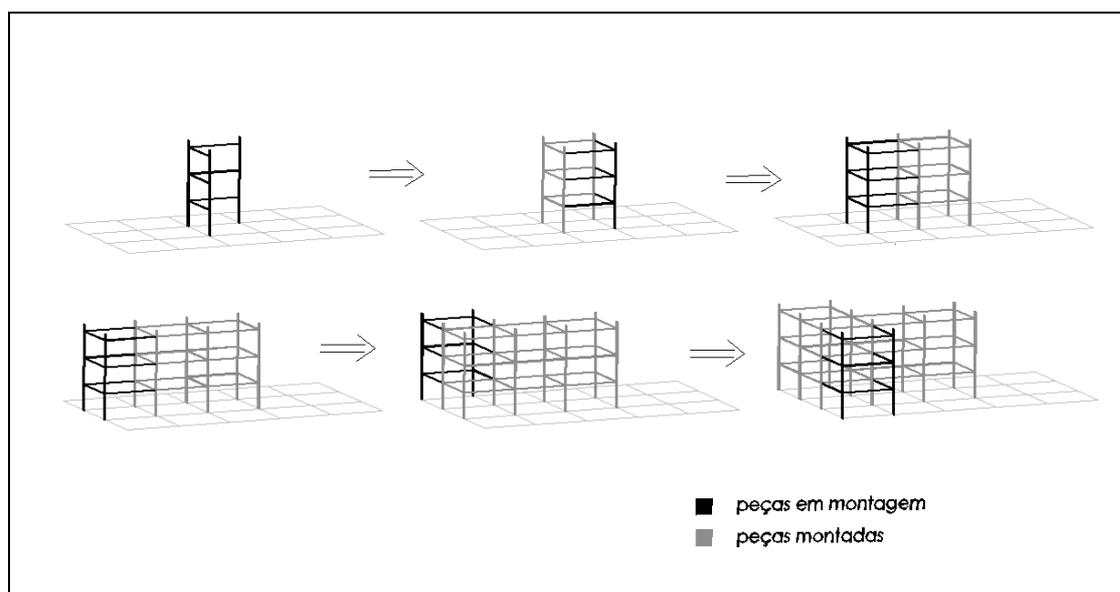
- 1. Superprodução:** produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um excesso de produtos acabados;
- 2. Espera:** longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead time* longos;
- 3. Transporte excessivo:** movimentação excessiva de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;
- 4. Processos inadequados:** utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva;
- 5. Estoques desnecessários:** armazenamento excessivo de componentes nas diferentes atividades do processo, resultando em custos excessivos;
- 6. Movimentação desnecessária:** desorganização do ambiente de trabalho, com ações desnecessárias, resultando baixa performance dos aspectos ergonômicos.
- 7. Produtos defeituosos:** problemas freqüentes nas cartas de controle, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega.

O planejamento logístico, sob a ótica desta concepção, pode atuar diretamente em três desperdícios: espera, transporte excessivo e movimentação desnecessária. Os desperdícios com processos inadequados, estoque desnecessário e produtos defeituosos, ficam mais fáceis de serem detectados quando da aplicação da concepção *Lean*, ao passo que o desperdício de superprodução poderá ser eliminado. Observa-se que o planejamento do abastecimento das estruturas metálicas é o primeiro passo para o trabalho com esta concepção.

2. A lógica de montagem das estruturas

Na construção predial em estruturas metálicas, os componentes construídos (fabricados e montados) possuem características estruturais e dimensionais únicas, tendo posicionamento particularizado no ambiente construído: cada peça tem seu tamanho, furação e lugar corretos.

A seqüência de montagem obedece a uma lógica que busca a auto-estabilidade durante a construção. Para isso, são necessárias de duas a três colunas, as vigas que as unem e as demais peças de ligação.



Fonte: Lyra da Silva (2005).

Figura 1 – Seqüência de montagem das estruturas metálicas

Em um projeto de oito pavimentos, como apresentado por Bellei et al. (2004), a variação de detalhes como tamanhos e furações, para cada família de peças estruturais é grande: são 15 tipos de colunas, 16 tipos de vigas, seis tipos de bases e chumbadores e outras variedades de peças menores.

Para se trabalhar com variedades de peças que se diferenciam em pequenos detalhes, é necessária uma atenção especial na separação dos lotes de estruturas. Não é vantagem separar as peças iguais, pois são poucas. A separação mais adequada é por lotes de peças que tem simultaneidade de montagem.

3. Premissas do transporte

3.1 Escolha do modal de transporte

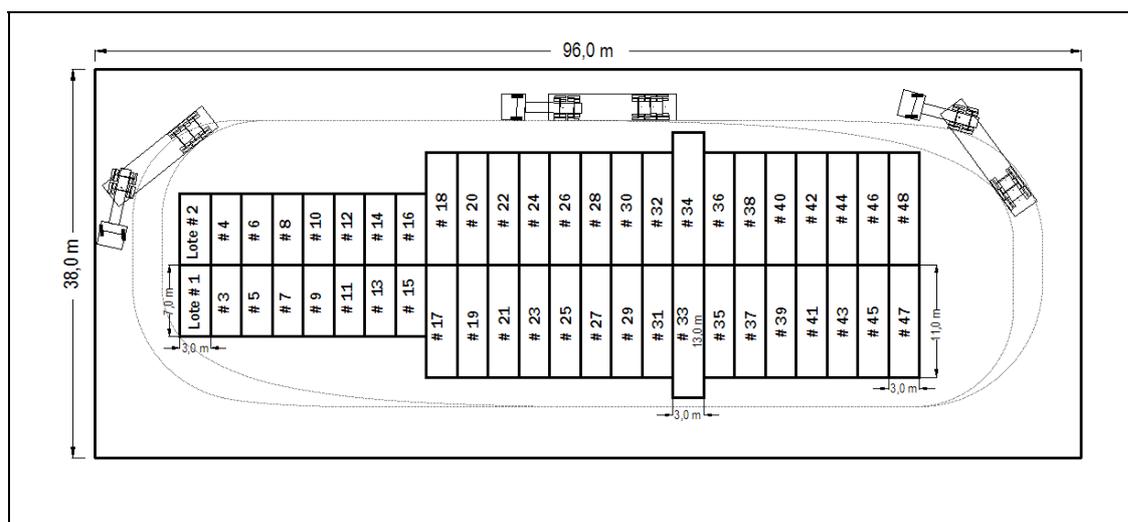
A definição do modal de transporte entre rodoviário, ferroviário ou misto é decorrente da análise de custos x características de serviço. Segundo Figueiredo et al. (2003), o preço do transporte rodoviário no Brasil é 1,25 vezes o ferroviário. Em análise de cinco características de serviços: velocidade, consistência, capacitação, disponibilidade e frequência, o modo rodoviário tem vantagem em quatro, perdendo apenas para a capacitação, que possibilita o transporte de maior quantidade de peças. Pela pequena diferença de custos e pela grande vantagem de serviço, optou-se pelo modo rodoviário. A carreta escolhida foi a do tipo carga seca com 12,40 m de

comprimento e 2,60 m de largura. Este tipo de carreta atende a maior restrição de tamanho de peça para o exemplo apresentado por Bellei et al. (2004), que é a coluna de 11,78 m.

3.2 O depósito

Deve-se incluir no projeto o depósito de um sistema logístico, sempre que possa proporcionar vantagens de serviços ou de custo (BOWERSOX et al., 2001). O transporte, assim como todas as outras operações, estará atuando na busca do menor custo, de acordo com as necessidades do cliente. O transporte de pequenos lotes da fábrica até a obra é muito dispendioso. Não se concebe a perda da economia do transporte de grandes quantidades. A utilização de um depósito mais próximo da obra, que diminua o tempo de ciclo das carretas, é mais conveniente. O local depende da disponibilidade de espaço e de recursos financeiros destinados para este fim. Geralmente, o local que atende a estas características fica afastado do centro pelo menos 40 km.

Além das vantagens de custo, a utilização de um depósito neste projeto logístico traz vantagens de serviço, pois na construção predial em estruturas metálicas é necessário um espaço para organização dos lotes, de acordo com as características das peças. A produção em massa gera grandes lotes da mesma família. Há necessidade de se gerar lotes com quantidades certas de diferentes peças para serem encaminhadas à obra, conforme defendido por Lyra da Silva (2005). A preocupação de transportar as peças corretas traz para o depósito duas atividades: separação e conferência. Estas atividades trazem melhorias para o processo logístico e devem ser executadas com o aprimoramento do *layout* do depósito.



Fonte: Araujo (2005).

Figura 2 – Layout do depósito de estruturas metálicas

No depósito serão executadas atividades de armazenagem e manuseio de materiais que fazem parte de uma área da logística diferente das outras áreas. Elas têm uma dependência entre si, pois as mercadorias (estruturas) necessitam ser armazenadas em momentos específicos durante o processo logístico. É necessário o manuseio eficiente das estruturas para carregá-las e descarregá-las da carreta. Esta eficiência é alcançada quando há definição prévia do local onde serão dispostas as estruturas e planejamento dos: acessos, tanto da carreta quanto do equipamento de descarregamento/carregamento.

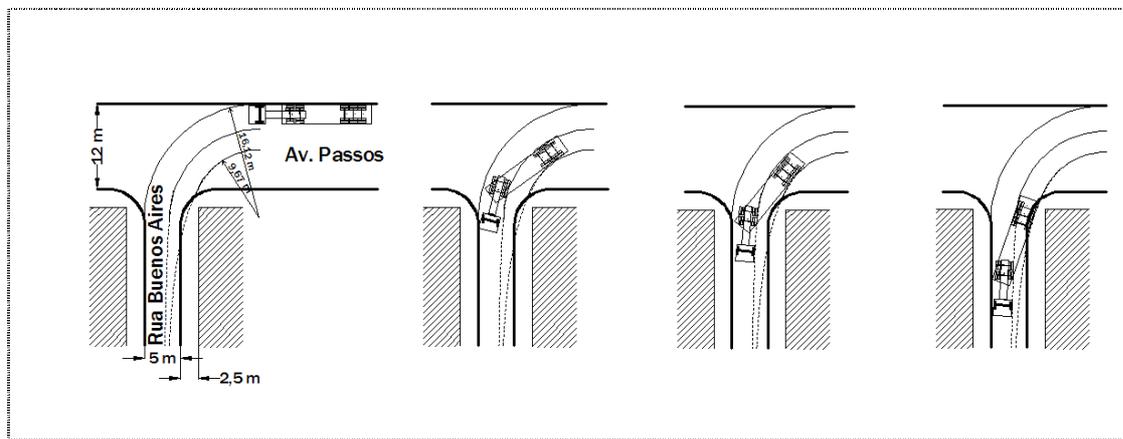
As estruturas serão armazenadas no chão sobre caibros de madeira. O espaço reservado para cada

lote tem a largura da prancha da carreta (mais folga de 0,60m) e comprimento da maior peça do lote (mais folga de 1,0 m).

3.3 A definição da rota

A definição da rota que a carreta percorrerá tem a finalidade de analisar o tempo do transporte, as restrições de manobrabilidade e os possíveis obstáculos, tais como trânsito intenso de veículos. Todos estes fatores passaram a ter a maior importância, pois podem interferir no tempo de abastecimento, fundamental para o fluxo dos materiais.

A obra está situada na Rua Buenos Aires, no Centro da cidade do Rio de Janeiro. O espaço para estacionamento das carretas é na rua e sobre a calçada, que têm larguras de 5,0 m e 2,5 m, respectivamente. Uma rota possível, com menos danos à rotina de tráfego de veículos e pedestres é a chegada pela Av. Passos. A maior dificuldade é a manobrabilidade da carreta, pois os raios interno e externo para sua manobra são de 9,67m e 16,12m (dados fornecidos pela empresa Guerra S/A Implementos Rodoviários, para carreta de carga seca de 12,40 x 2,6 m).



Fonte: Araujo (2005).

Figura 3 – Acesso ao local da obra

A carreta passa sobre um pedaço da calçada, que deve ser preparada para esta movimentação durante o abastecimento da obra.

4. O transporte das estruturas pela concepção *Lean*

O transporte não agrega valor ao produto. Usualmente tenta-se melhorar a operação de transporte, aumentando a quantidade de peças a serem transportadas no modal, neste caso, carreta. Segundo Shingo (1996), “é errado pensar que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte”. Todas as operações têm que estar balanceadas entre si, de forma que haja fluxo. Neste sentido, não procede uma preocupação com a melhoria do transporte isoladamente. É preciso adequá-lo às outras operações.

O fluxo pleno, de estruturas aconteceria com a eliminação total do estoque em processo. Isto necessitaria do transporte isolado de cada peça. A distância de até 40 km e equipamentos de transporte dispendiosos como caminhão/carreta eliminam esta possibilidade. A definição de uma quantidade de peças que não gere estoque excessivo em processo e que justifique a utilização de carretas merece atenção especial. Um grupo de peças, separadas em lote, estabelece uma frente

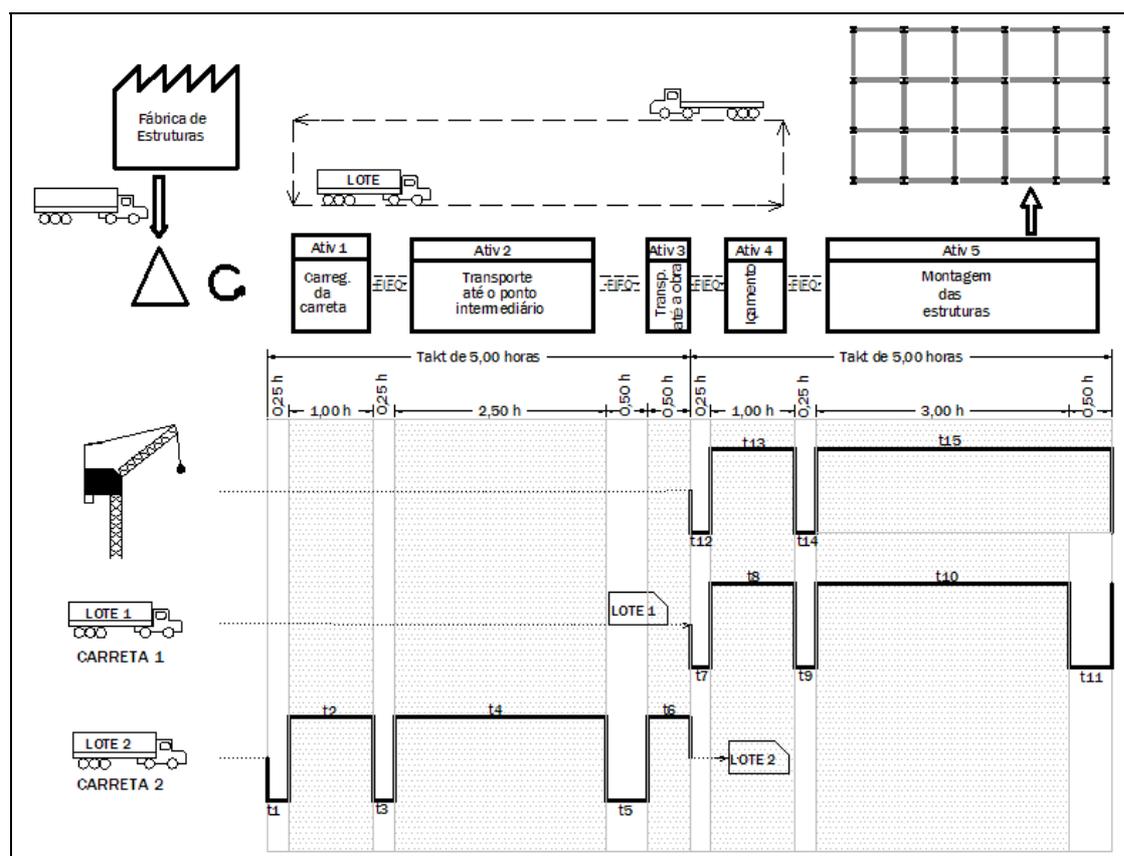
de trabalho para o guindaste em horas, serviço cujo término deverá coincidir com a chegada de novo lote para içamento.

4.1 Mapeamento do fluxo das estruturas do depósito à obra

A programação de transporte voltada para a manutenção do fluxo de estruturas na obra dependerá do tamanho do lote, definido pela capacidade operacional do guindaste. Segundo Lyra Silva (2005) que também utilizou o exemplo do prédio de oito pavimentos de Bellei et al. (2004) e considerou a torre basculante da Liebherr 112 HC-L; a quantidade de peças nos lotes mais adequadas para execução num ritmo contínuo demanda tempos de içamento e montagem de 5 horas. Portanto, todo o planejamento de carregamento e transporte foi dimensionado para este tempo.

Foi estabelecido um ponto intermediário, local próximo onde não haja problemas com o tráfego de veículos, para o modal esperar a hora certa de dirigir-se à obra. Esta espera tem como objetivos balancear o abastecimento de acordo com a necessidade do guindaste e funcionar como uma espécie de estoque de segurança auxiliando no gerenciamento de risco.

O tempo de operação do modal consiste em: carregamento da carreta, movimentação até o ponto intermediário, movimentação até a obra e descarregamento. Estes são os tempos reais dos trabalhos necessários ao transporte das estruturas, e estão representados em um patamar diferente dos outros tempos.



Fonte: Lyra da Silva (2005).

Figura 4 – Mapeamento do fluxo de valor

- 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 2;
- t2 é o tempo de 1 hora adotado para o carregamento do lote 2 ,na carreta, no depósito;
- t3 é o tempo de 15 minutos adotado para a verificação e recebimento da documentação da carga;
- 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 até o ponto intermediário;
- t5 é o tempo de aproximadamente 30 minutos, o qual, dependendo da situação, 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 para movimentação da carreta até a obra,, com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto,
- t7 é o tempo de 15 minutos adotado para a preparação da mão-de-obra no térreo da obra para o içamento;
- t8 é o tempo de 1 hora adotado para o içamento das peças do lote na carreta;
- t9 é o tempo de 15 minutos adotado para a preparação da carreta para retornar vazia ao depósito, para carregamento de outro lote;
- t10 é o tempo de aproximadamente 3 horas adotado para retorno da carreta vazia para o depósito, com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto,
- 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 , onde ocorre simultaneamente a preparação da mão-de-obra (t7);
- t13 é o tempo de 1 hora adotado para o içamento das peças do lote;
- t14 é o tempo de 15 minutos adotado a preparação da mão-de-obra no pavimento em execução da obra, para a montagem do lote;
- t15 é o tempo de 3 horas e 30 minutos adotado para a montagem do lote.

O mapeamento do fluxo de estruturas ajuda a planejar as operações de forma balanceada. Pode-se observar que as operações que envolvem as carretas estão vinculadas às operações da torre. O tempo de içamento e montagem de um lote de estruturas definem o tempo de reabastecimento do novo lote.

4.2 Cálculo do número de carretas

O cálculo do número de carretas necessárias para o transporte de estruturas será em função do tempo de trabalho diário, do tempo que leva a carreta para completar um ciclo e do tempo que a torre leva para içar e montar um lote de estruturas:

$$D T = c n$$

Onde:

D é o tempo de trabalho demandado pela obra por dia – 15 horas;

T é a relação do tempo de ciclo da carreta sobre D – 10 horas /15 horas;

c é o tempo de trabalho da torre para içar e montar todas as peças do lote – 5 horas;

n é o número de carretas – 2 carretas.

5. Conclusão

Pode-se concluir que é possível uma alternativa logística para o abastecimento de construção predial na concepção *Lean* mesmo em condições adversas de centro de cidade. Este modelo de construção exige da logística um fluxo contínuo de peças. A alternativa de abastecimento proposta neste trabalho garante este fluxo, assumindo grande responsabilidade no processo produtivo, afinal, a falta de estruturas no tempo previsto pode interferir nas atividades de içamento e montagem. A forma de construção *Lean* influencia o planejamento da logística. A atividade de transporte de estruturas metálicas fica subordinada à capacidade de operação do guindaste, que não poderá ficar ocioso por falta de materiais. Todas as atividades são importantes, não podendo ser deixadas em segundo plano. É preciso atentar para que as estruturas estejam trabalhando balanceadas e em fluxo contínuo. Se houver necessidade de sub-utilização de alguma, é preciso considerar a opção de menor dispêndio possível de recursos financeiros, como no caso das carretas em relação ao guindaste.

Referências

ARAÚJO, R. C. A. *Proposições Logísticas para o Abastecimento de Estruturas Metálicas em Obra Predial de Centro de Cidade*. 2005. Dissertação em fase de conclusão (Mestrado em Engenharia Civil), UERJ, Rio de Janeiro.

BELLEI, I. H., Pinho F. O., Pinho M. O. *Edifícios de Múltiplos Andares em Aço*. 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 2004. 454 p.

BOWERSOX, D. J., Closs D. J. *Logística Empresarial – O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento*. 1 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001. 594 p.

FIGUEIREDO, K. F., Fleury P. F., Wanke P. *Logística e Grenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento do Fluxo de Produtos e dos Recursos*. São Paulo: Editora Atlas, 2003. 483 p.

LYRA DA SILVA, R. *Construção Predial Lean – Mapeamento da Cadeia de Valor das Estruturas Metálicas*. 2005. Dissertação em fase de conclusão (Mestrado em Engenharia Civil), UERJ, Rio de Janeiro.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção: do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291 p.