



FLUXO CONTÍNUO EM PROJETOS ESTRUTURAIS PARA OBRAS EM PRÉ-FRABICADOS DE CONCRETO

Iamara Rossi Bulhões (1); Flavio Augusto Picchi (2)

(1) Doutoranda em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo,
Universidade Estadual de Campinas, GTE – Grupo de Gestão e Tecnologia em edificações,
iamara@fec.unicamp.br

(2) Diretor, Lean Institute Brasil, Rua Topázio 911, São Paulo/SP, Brasil, CEP 04105-063, Tel.: +55
11/5571-6887, FAX: 11/5571-0804, fpicchi@lean.org.br

RESUMO

Em obras de estrutura pré-fabricadas, a montagem, tradicionalmente, se dá em grandes lotes de produção, ou seja, grandes quantidades de peças estruturais (pilares e vigas) são montados, para a partir daí serem colocadas as peças de fechamento (lajes e telhas), elevando o estoque de material em processamento. Um dos fatores que contribui para isso é que os projetos são executados em grandes lotes e, muitas vezes, são projetados primeiramente as peças com mais repetição na obra. Neste sentido, o artigo discute a implementação de fluxo contínuo no processo de projetos estruturais para obras de montagem de estrutura pré-fabricada, com ênfase na redução do tamanho do lote de projeto. A pesquisa-ação foi usada como estratégia de pesquisa no desenvolvimento do estudo, em dois empreendimentos localizados no estado de São Paulo. O estudo foi dividido em três etapas: (a) análise geral do processo de projeto; (b) análise detalhada do processo de projeto em um empreendimento e, (c) implementação do fluxo contínuo em projeto com posterior aplicação em obra (em andamento). O processo de implementação está sendo baseado nos princípios da Mentalidade Enxuta, que envolve o uso de ferramentas para criação do fluxo contínuo. Alguns dos resultados esperados serão a redução no tempo de ciclo geral (projeto, fabricação e montagem), o aumento da produtividade e o aumento da estabilidade no processo.

Palavras-chave: Mentalidade Enxuta, Fluxo continuo, pequeno lote, processo de projeto.

ABSTRACT

In industrial building, the assembly process is often carried out in large batches, i.e. a large number of structural elements (columns and beams) are assembled before placing slabs and roof parts, increasing the amount of work in progress. One of the factors that contribute for that is the large size of design batches. Often the first elements to be designed are the ones that have more repetition. This paper discusses the implementation of the principle of continuous flow on the structural design of pre-fabricated industrial buildings, emphasizing the reduction of design batch size. An action research empirical study was carried out in a large pre-fabricated concrete structure manufacturer from the State of São Paulo, Brazil. This study was divided into three stages: (a) an overall analysis of the design activities; (b) a detailed analysis of the design process of one project and (c) implementation of design, pre-fabrication and assembly continuous flow in a construction project (on going). The implementation process is being based on core Lean Thinking concepts and principles. The expected results are the reduction of total (design, pre-fabrication and assembly) cycle time, increase in productivity, work in progress reduction, and improved process stability.

Keywords: Lean Thinking, continuous flow, small batch, design process.

1 INTRODUÇÃO

Algumas empresas de manufatura têm-se utilizado de conceitos, princípios e ferramentas da Mentalidade Enxuta (WOMACK e JONES, 1996), desenvolvida a partir do Sistema Toyota de Produção (STP), para melhorar o desempenho de suas fábricas, no que diz respeito à eliminação de desperdícios, incluindo os estoques da produção. Um dos elementos chave desse sistema é se trabalhar em fluxo contínuo com a introdução dos pequenos lotes nos processos, aumentando assim a flexibilidade e eficiência. No ambiente da construção civil, a aplicação da Mentalidade Enxuta está sendo chamada de Construção Enxuta e vem sendo estuda principalmente por um grupo de pesquisadores participantes do IGLC (Grupo Internacional pela Construção Enxuta). Uma importante contribuição do grupo foi a introdução do conceito de fluxo no sistema de produção da construção civil, que tradicionalmente era visto apenas como atividade de transformação (KOSKELA, 1992; SANTOS, 1999).

Um dos princípios da Mentalidade Enxuta apresentado por Womack e Jones (1996) diz respeito à implementação de fluxo contínuo nos processos de produção, ou seja, produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado de um processo para o processo seguinte sem interrupção entre eles (ROTHER e SHOOK, 2002).

Bulhões *et al* (2005) e Bulhões *et al* (2006) apresentam duas pesquisas sobre a implementação de fluxo contínuo em canteiros de obras. Em Bulhões *et al* (2005) os autores realizaram um estudo de caso numa obra de edificação e investigaram a aplicação de ferramentas para criação de fluxo contínuo propostas por Rother e Shook (1999). Bulhões *et al* (2006) apresentam o resultado de uma implementação de fluxo contínuo numa obra de montagem de estrutura pré-fabricada em concreto armado, cujo foco foi à utilização do pequeno lote de montagem. Uma das limitações dessa implementação foram os problemas que ocorreram devido à interface entre projeto/fabricação /montagem de peças, que em determinada fase dos empreendimentos, ocorrem simultaneamente. Os projetos nesse tipo de obra são geralmente em grandes lotes e, muitas vezes, as peças com maior repetição são projetadas primeiro.

Tomando como base a visão do sistema de produção como um modelo de fluxo e entendendo-se o processo de produção como sendo o fluxo de material ou informação desde a matéria-prima até o produto final (KOSKELA, 2000), pode-se inferir que executar um projeto é semelhante à execução física de uma obra, sendo que no primeiro caso existe um fluxo de informações e no segundo, um fluxo de material.

De forma semelhante à produção de um bem, no caso dos serviços (inclusive projeto) as melhorias no processo podem ser obtidas através das reduções dos desperdícios (atividades que não agregam valor) e do tempo de duração e, também, através do aumento valor do produto final para o cliente (KOSKELA e HUOVILA, 1997). Assim, o tempo despendido para a transferência de informações, a espera para o desenvolvimento das ações subsequentes do processo, inspeções e outras atividades que não agregam valor são consideradas perdas e devem ser eliminadas sempre que possível (KOSKELA e HUOVILA, 1997).

Com o intuito de investigar a aplicação e adaptação dos conceitos e das ferramentas da Mentalidade Enxuta na implementação do fluxo contínuo em projeto de estruturas de concreto pré-fabricado, o presente artigo apresenta os resultados de dois estudos empíricos (obra A e obra B) numa empresa de fabricação e montagem de estrutura pré-fabricada , sendo que num deles foi realizado um diagnóstico e no outro, uma intervenção.

2 FLUXO CONTÍNUO EM PROJETO

O conceito de fluxo contínuo apresentado por Rother e Shook (2002) é a produção de **uma peça** de cada vez (ou um lote pequeno de itens), com cada item sendo passado de um processo para o seguinte, sem interrupção entre eles. Ou seja, cada processo produz apenas o que é exigido pelo processo seguinte ou cliente final **sem geração de estoque**. Esse sistema de produção precisa ser flexível o bastante para mudar (velocidade e tipo de produto) de acordo com a demanda dos clientes.

Diferente do fluxo contínuo em produção, o fluxo no projeto é considerado como um processo administrativo e Reis (2004) sugere que a diferença entre o conceito de fluxo contínuo em processos de manufatura e em ambiente administrativo é que neste não existe um cliente puxando

uma peça, sendo necessário conhecer bem os processos posteriores e anteriores, de forma que o serviço seja executado e seu resultado esteja disponível no momento correto, nem antes, nem depois.

Um dos aspectos importantes do **fluxo unitário** diz respeito à redução do *lead time*. *Lead time* significa o tempo necessário para um produto se movimentar ao longo de todas as etapas de um processo, do inicio ao fim (ROTHER e SHOOK, 2002). No contexto do projeto o *lead time* seria o tempo necessário para as informações, decisões ou solução passarem ao longo de todas as etapas do processo, na formação do produto final, o projeto final (estrutural, arquitetônico, instalações, etc).

2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapa do Fluxo de Valor (MFV) é a representação de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega. Geralmente, tem-se um do estado atual e outro do estado futuro. O mapa do estado atual segue o caminho de um produto desde o pedido até a entrega, para determinar as condições atuais. O mapa do futuro desdobra as oportunidades de melhorias identificadas no mapa do estado atual, para atingir um nível mais alto de desempenho em algum ponto no futuro.

Segundo Shook (2003)¹ apud Reis (2004), o MFV para os ambientes administrativos, tanto no estado atual quanto no estado futuro, deve ser feito do mesmo modo como é feito na produção. A grande diferença está na quase impossibilidade de se distinguir o fluxo dos materiais do fluxo de informações. Baseado na proposta para de Rother e Shook (2002) para a manufatura, Picchi² (2002) apud Reis (2004) apresenta diretrizes para adaptação do MFV aos ambientes administrativos:

- O fluxo de valor para administração é um só, o das informações e, em geral, ele é desenhado da esquerda para a direita;
- Cada atividade é representada por um bloco, devendo ser separadas as atividades feitas por diferentes pessoas, ou em momentos diferentes;
- Os blocos devem conter as seguintes informações: nome da atividade, número de pessoas necessárias, descrição breve de como é feita e do material e ferramentas utilizados, o tempo de realização de atividade (TRA), e o tempo de permanência (TP) em cada posto;
- As conexões entre atividades, as entradas e saídas, devem ser registradas, especificando o tipo de material ou informação que sai e os *loops* (idas e vindas).

Segundo Reis (2004) o Tempo de Permanência (TP) em uma atividade é o tempo que a informação leva, a partir da saída da atividade anterior, até a saída da atividade em questão, e é indicado no MFV no bloco que a representa e na escala de tempo. O TP inclui o tempo em que a informação fica parada, esperando em filas ou sendo transportada, sem agregar nenhum valor. A soma de todos os TP's fornece o *lead time* do processo, que no MFV é indicado ao final da escala de tempo. Ainda segundo a mesma autora, o Tempo de Realização da Atividade (TRA) é o tempo dos elementos de trabalho que efetivamente transformam uma unidade dentro do processo (ou seja, agregam valor), sendo, portanto menor ou igual ao TP (observe-se que o TP inclui o TRA).

3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada em dois projetos de estrutura pré-fabricada de concreto e teve como estratégia a pesquisa-ação, definida com um tipo específico de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada através de uma ação, na qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 2005).

A pesquisa se iniciou em outubro de 2005 numa empresa localizada no estado de São Paulo e, foi realizado em três fases distintas. Na fase inicial da pesquisa foram realizadas reuniões com os intervenientes do processo desenvolvimento do projeto na empresa, com o intuito de entender esse

¹ SHOOK, J. Helpful Hints on Mapping off the plant floor in Support or Administrative Operations. Disponível em: <<http://www.lean.org/Community/Registered/Article.cfm?Articled=3>>. Acesso em: 17 março 2003.

² PICCHI, F. Lean na Administração. In: LEAN SUMMIT 2002, Gramado, RS, 17-19 nov.

Apresentações... Gramado: Lean Institute Brasil, 2002.

processo. Na segunda fase foi realizada a análise bem ampla do processo de projeto na obra A, desde a consulta de preço feita pelo cliente até a entrega da obra. Na terceira fase foi proposta uma intervenção na obra B, visando tornar o fluxo das informações mais eficientes. Salienta-se que a fase de implementação ainda está em andamento. Utilizou-se como ferramenta de análise de dados o Mapa de Fluxo de Valor administrativo. No Quadro 1 está apresentado um resumo com as características dos empreendimentos.

Quadro 1 – Características das obras

Características	Obra A	Obra B
Localização	Mogi das Cruzes/SP	Barueri/SP
Descrição da obra	Ampliação de edifício industrial composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, painéis de fechamento, telhas e rufos de concreto.	Construção da estrutura de um centro de distribuição composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, lajes, telhas e escada.
Descrição do escopo do contrato	Projeto, fabricação e montagem das peças estruturais.	Projeto, fabricação e montagem das peças estruturais.
Área da obra (m²)	2.842,78	89.846,86
Volume da obra (m³)	365, 86	7.759,8
Nº de peças	223	6.569
Prazo da obra (montagem)	22 dias	225 dias
Prazo de projeto	68 dias	193 dias
Equipe interna de projeto	Verificação dos projetos.	Os projetos de Geometria Espacial da Obra (GE), de peças individuais, além da verificação.
Equipe externa de projeto	Projetos de Geometria Espacial (GE), cálculo e peças individuais.	Projeto de cálculo

3.1 Histórico da pesquisa na empresa

A empresa na qual foi realizada a pesquisa foi fundada em 1975, e pode ser considerada de grande porte na área de construção. É especializada em obras que utilizam peças em concreto pré-fabricado, possuindo duas fábricas (F1 e F2) para produção das peças localizadas no estado de São Paulo. A empresa tem seu sistema de gestão da qualidade certificado pela norma ISO9001-2000 desde 2003 e possui Selo de Excelência ABCIC³ (Nível dois) desde 2005. Tem obras espalhadas na capital e interior de São Paulo. Na F1 está localizado o escritório da empresa, no qual se concentram as atividades gerenciais e de apoio, inclusive o departamento de projeto da empresa.

Em 2004 a empresa teve o apoio do *Lean Institute Brasil* para a implementação de alguns princípios da Mentalidade Enxuta numa das fábricas da empresa. Esse apoio incluiu um treinamento sobre Mapeamento do Fluxo de Valor e criação de fluxo contínuo para os gerentes da empresa. Como resultados, obteve-se ganhos de produtividade na fábrica (cerca de 30%). O fato da empresa já ter recebido treinamentos sobre a Mentalidade Enxuta facilitou a realização dos estudos nessa empresa.

A partir de 2005, a pesquisadora, autora deste artigo, tem realizado pesquisas na empresa. O foco inicial da pesquisa foi implementação de fluxo contínuo nas obras de montagem da estrutura pré-fabricada, tendo sido realizado dois estudos empíricos para se investigar esse fenômeno. Em função de problemas, sobretudo os relacionados com a aderência entre projeto/fabricação/montagem, decidiu-se por realizar um trabalho sobre implementação de fluxo contínuo em projeto, com ênfase na redução do tamanho do lote. Salienta-se que os conceitos relacionados à fluxo contínuo e redução do lote em produção, apresentados no item 2, foram os mesmos utilizados em projeto. No Quadro 1 está apresentado um resumo dos empreendimentos.

4 RESULTADOS

4.1 Análise geral do processo do projeto

Na primeira reunião com a equipe de projeto foi montado um Mapa de Fluxo de Valor (MFV) geral do processo de projeto com o objetivo de se entender como esse processo ocorria, envolvidos, fases críticas e etc. Na Figura 1 está apresentado o MFV simplificado do Projeto.

³ Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. O Selo de Excelência da ABCIC tem três níveis, sendo o nível três o maior grau de certificação.

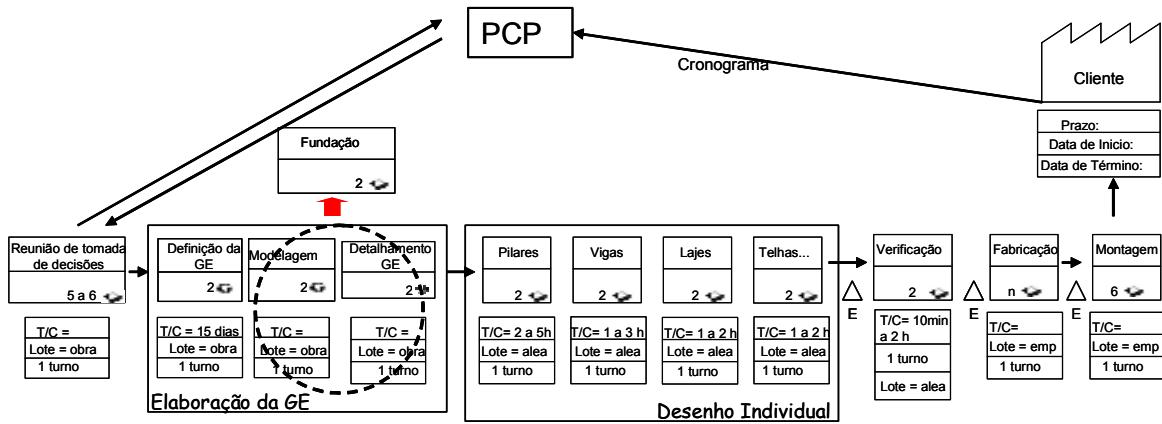


Figura 1. MFV Atual do processo projeto na empresa (análise geral)

O cliente está representado pela caixa à direita do mapa, contendo informações relacionadas ao volume de produção, estabelecida pelo cronograma físico do empreendimento, acordado entre a construtora e o cliente antes do inicio do processo. A duração do empreendimento (projeto/fabricação/montagem de peças) é informação importante no processo, sendo o ponto de partida na elaboração dos projetos. Com relação ao fluxo de informação, o Processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) realiza todas as programações de projeto, fabricação e montagem de peças. Essas informações são baseadas nas metas estabelecidas pelo cronograma físico do empreendimento. Na parte inferior do mapa estão representados os principais processos envolvidos na elaboração do projeto, que se inicia pela “reunião de tomada de decisões” e se termina na “verificação”.

Observa-se na Figura 1 que o projeto de estrutura pré-fabricada divide-se em duas etapas: elaboração da GE (geometria espacial da obra) e de desenho individual de peças. Essas etapas são geralmente executadas por empresas de projeto terceirizadas e envolve os seguintes profissionais: projetistas de GE, calculistas, projetistas de peças individuais (DI), desenhistas e projetista de fundação (uma quarta empresa envolvida).

Das atividades executadas internamente pela empresa estão á “reunião de tomada de decisões” e á “verificação”. Na reunião de tomada de decisão são discutidos os detalhes de projeto e participam dessa reunião: coordenador de projeto da empresa, cliente, projetista de GE, calculista e o representante comercial. Ao fim do processo, antes da liberação dos projetos das peças individuais para fabricação, existe uma verificação de cada projeto. O coordenador de projeto é o responsável por gerenciar todo o processo.

A partir da analise do Mapa apresentado na Figura 1, se propôs o Mapa da Figura 2. Neste Mapa sugere-se que a etapa de elaboração da GE seja executado para a obra, mas que as peças individuais sejam projetadas em pequenos lotes, compatíveis e aderentes com o lote de montagem.

Uma das dúvidas que se existia sobre a implementação do pequeno lote de projeto segundo a seqüência definida a partir do lote de montagem era sua exequibilidade técnica, ou seja, teria algum problema técnico em se projetar as peças numa ordem pré-definida ou se, realmente, necessita-se projetar numa seqüência lógica tecnicamente determinada. Em outubro de 2006 foi realizada uma reunião numa empresa de projeto terceirizada, na qual participaram pesquisadora, coordenador de projeto, projetistas, calculista e desenhistas de peças pré-fabricadas de concreto. Nessa reunião foi apresentada a nova proposta e segundo os profissionais a proposta era perfeitamente exequível. Quando questionados porque eles não seguiam a mesma seqüência da montagem definida pela empresa, eles disseram que começavam a projetar **por onde era mais fácil**. Dois meses depois, foi feita uma nova reunião com outros profissionais e as respostas foram bastante parecidas.

Foram propostas também algumas outras melhorias no processo:

- Classificar as obras por tipo, pois na hora de definir prazos para projeto se estabelecia um prazo único, independente do tipo de obra, ou seja, o prazo para os profissionais elaborarem a GE era de 10 dias, independente do tipo de obra (tamanho, complexidade, localização, acessibilidade, etc.);
- Envolver os profissionais de projeto na definição dos tamanho do lote de projeto;
- Em função do tipo de obra definir os recursos relacionados a prazo e mão de obra para o projeto;

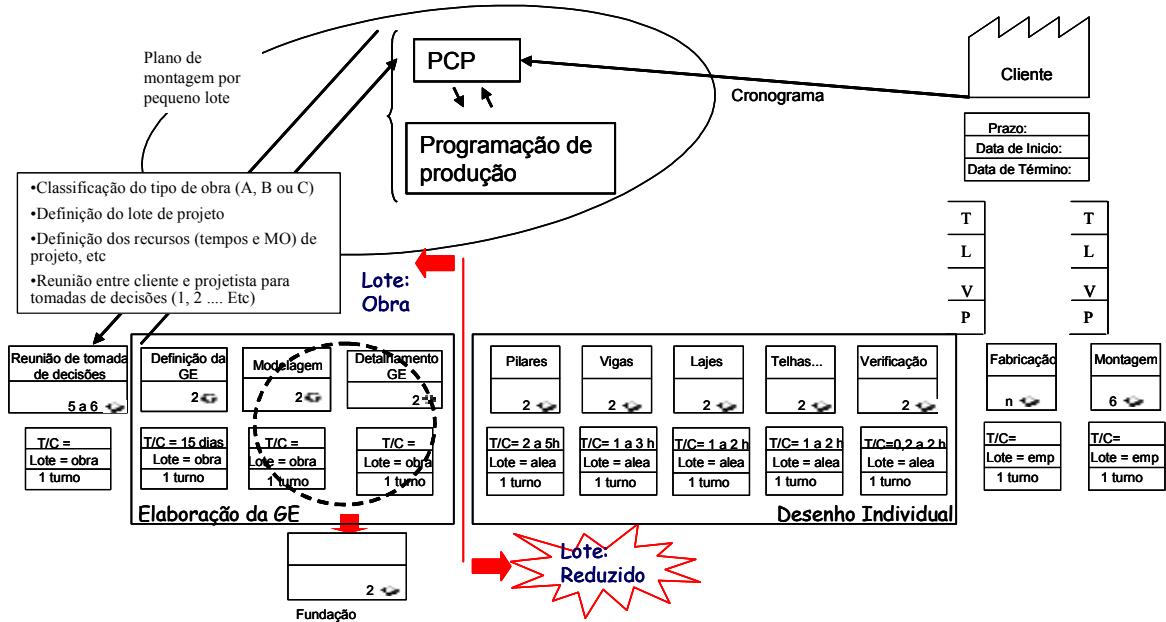


Figura 2. MFV Futuro do processo projeto com a introdução do pequeno lote (análise geral)

- Estabelecer, se necessárias, outras reuniões de tomada de decisão entre interveniente com o intuito de agilizar o processo de geração de informações.

4.2 Análise detalhada do processo

Na fase da pesquisa foi realizado um novo Mapa de Fluxo de Valor com informações mais detalhadas. Para isso foi acompanhado todo o processo de desenvolvimento da obra A, desde a consulta direta de preço do cliente à empresa até a entrega da obra. Contudo, apesar do Mapa conter informações de todo o fluxo desse processo, o foco do trabalho era o processo do projeto. Nesta etapa da pesquisa contou-se com a participação dos profissionais de projeto terceirizados para coleta de dados. Na Figura 3 está apresentado o Mapa de Fluxo de Valor detalhado de todo o processo.

Da análise da Figura 3 constatou-se os seguintes aspectos:

- O inicio do processo ocorreu no dia 04/08/06, com o cliente solicitando diretamente da empresa um orçamento para a obra A e, a confirmação de compra pelo cliente foi apenas em 22/01/07, sendo o período de negociação levou cerca de 94 dias. Chamou-se esse período de CII – ciclo de informação independente, por ser essa uma fase com bastante interferência do cliente e a empresa não tem controle sobre suas decisões.
- A partir da confirmação de nova obra, iniciou-se o período denominado de CD – ciclo de informação dependente, no qual as atividades são gerenciadas internamente pela empresa, tendo esta um maior controle sobre o processo. A confirmação de compra é o inicio do processo interno, que algumas vezes ocorre sem a assinatura do contrato, que deve ser feito exatamente na mesma data em que é feita a comunicação de nova obra. No caso da obra A, existiu uma espera de 6 dias entre a confirmação de venda e a comunicação de nova obra, sendo que o prazo acordado com o cliente no processo de negociação da compra da estava correndo.
- O inicio do processo de projeto ocorre com a reunião de projeto, que deve ser agendada o mais rápido possível a partir da comunicação de nova obra, mas que nesse caso aconteceu apenas 5 dias após a confirmação de venda. A partir dessa reunião, os profissionais terceirizados de projeto iniciam sua elaboração.
- Toda a comunicação que existiu entre coordenador de projeto na fase de elaboração do projeto de GE foi via e-mail e, este teve o papel de intermediar as comunicações entre os profissionais terceirizados de projeto e o cliente. Esse processo foi planejado em cronograma acertado com o cliente para ocorrer em 10 dias mas ocorreu em 17 dias.
- O cálculo estrutural de obra inicia-se na fase de elaboração de projeto e se conclui apenas na fase do desenho individual.

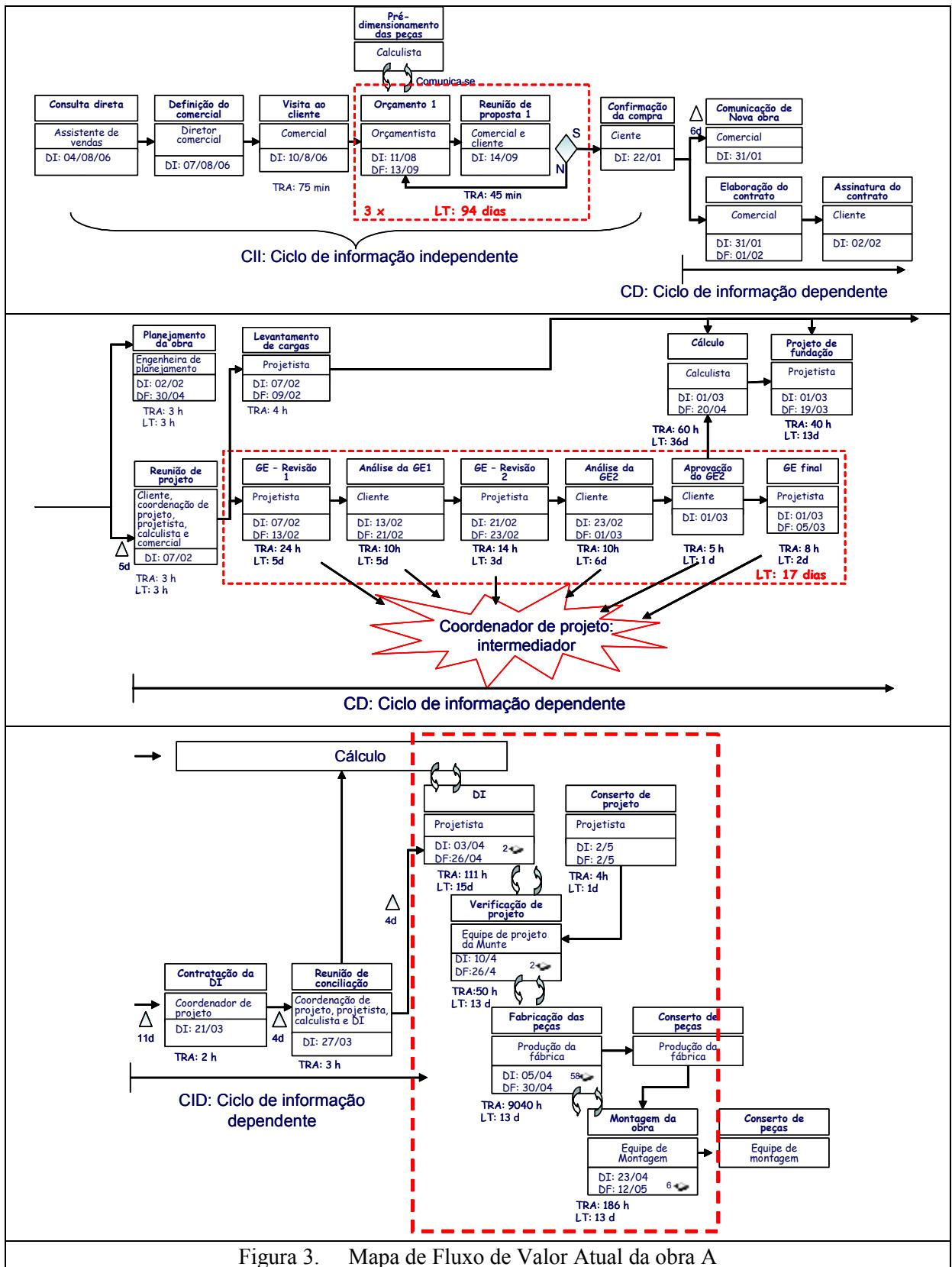


Figura 3. Mapa de Fluxo de Valor Atual da obra A

Após a elaboração da GE, o processo de projeto ficou parado cerca de 19 dias antes de se iniciar a fase de desenho individual (DI), que deveria ter iniciado imediatamente após a GE ter ficado pronto. É importante comentar que geralmente é contratado um único escritório de projeto, que realiza as atividades de cálculo, projetos e DI. Neste caso específico contratou três profissionais diferentes para realizar essas atividades, gerando a necessidade de uma nova atividade, reunião de conciliação, para

evitar problemas nos projetos DI. Contudo, a contratação do projetista de DI demorou cerca de 11 dias para ocorrer. Essa grande divisão que ocorreu na equipe de projeto foi responsável por um erro de projeto (cota de pilar), que quando descoberto algumas peças já estavam montadas em obra e outras fabricadas, gerando grande retrabalho no projeto, na obra e na fábrica. Na Figura 4 está apresentado o Mapa de Fluxo de valor com ênfase no projeto.

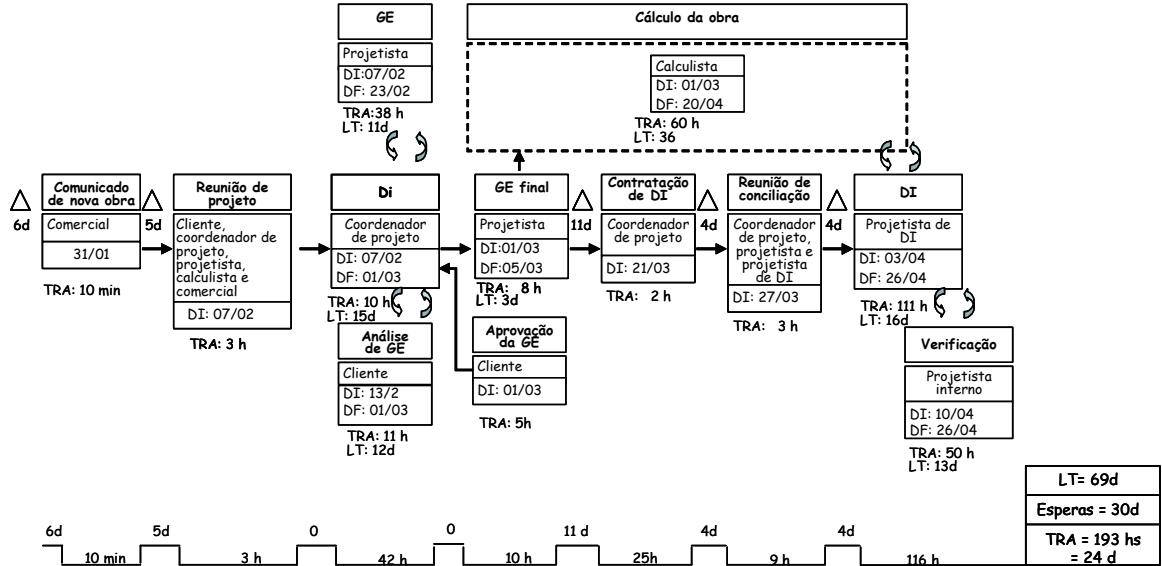


Figura 4. Mapa do Fluxo de Valor Atual do Empreendimento A (ênfase projeto)

Na Figura 4 ressalta-se a diferença entre o *lead time* do projeto, LT = 69 dias, e o tempo de realização da atividade, TRA = 24 dias, sendo que o tempo de espera no fluxo de projeto foi de 30 dias, nos quais 11 dias o sistema ficou totalmente parado. Isto significa que na formação do fluxo de valor do projeto, cerca de 65% do tempo não agregou valor. O TRA para as atividades que ocorrem paralelamente foi calculado considerando-se o maior valor de horas trabalhadas em média por dia. A diferença entre a DI (data de início) e DF (data de fim) é o que se denomina de Tempo de Permanência (TP).

Observou-se também que neste tipo de empreendimento o prazo final para a montagem e entrega da obra é relativamente curto, características das obras comerciais e industriais e que a simultaneidade entre as atividades é necessária. Constatou-se (Figura 3 e Figura 4) também os ciclos de decisões são relativamente longos.

Na Figura 5 está apresentada a proposta de Mapa de Fluxo de Valor futuro para o projeto. Na proposta do Mapa futuro sugeriu-se as seguintes ações para melhorar o fluxo de projeto:

- Trabalhar com projetos em pequenos lotes, definidos a partir da seqüência e do lote de montagem, para as atividades de desenho individuais e verificação. O projetista de DI envia diariamente para empresa projetos de peças via plataforma de colaboração, o que faz com que exista um funcionário na empresa para anotar os projetos enviados, imprimi-los e entregar à equipe de verificação (controle de entrega dos projetos de peças). Ao se trabalhar com pequeno lote, os projetistas enviariam os lotes de projeto determinado, numa freqüência pré-estabelecida (semanal, duas vezes por semana, etc) o que facilitaria essa atividade e num curto prazo, poderia até ser eliminada;
- Reduzir ou eliminar os tempos de espera pois não foi verificado nenhum motivo que justifique esses esperas;
- Melhorar o gerenciamento da simultaneidade entre os processos, inclusive os grandes processos como fabricação, projeto de DI e montagem, através da formalização das informações e gerenciar comprometimento, no mapa foram acrescentadas algumas reuniões com o objetivo de melhorar esse gerenciamento.
- Reduzir os ciclos de decisões também através das reuniões de tomada de decisão. Espera-se que o coordenador de projeto passe a ter um papel mais ativo nesse processo, ao invés de ser apenas um intermediador de informações.
- Estudar critérios para avaliação da complexidade de obras, que auxilie na proposta de venda (orçamento) e na contratação de projetista. Atualmente existe um prazo padrão para elaboração dos

projetos de GE sem levar em conta as diferenças de cada empreendimento. Os critérios definidos através de reuniões entre os profissionais de projeto, coordenador de projeto e pesquisadora foram: prazo (velocidade) e custo, grau de incerteza, tamanho, índice de padronização, índice de repetitividade (número de peças/número de tipos diferentes de peças), tipo de obra (galpão, multi-pavimentos, arquitetônico ou supermercado).

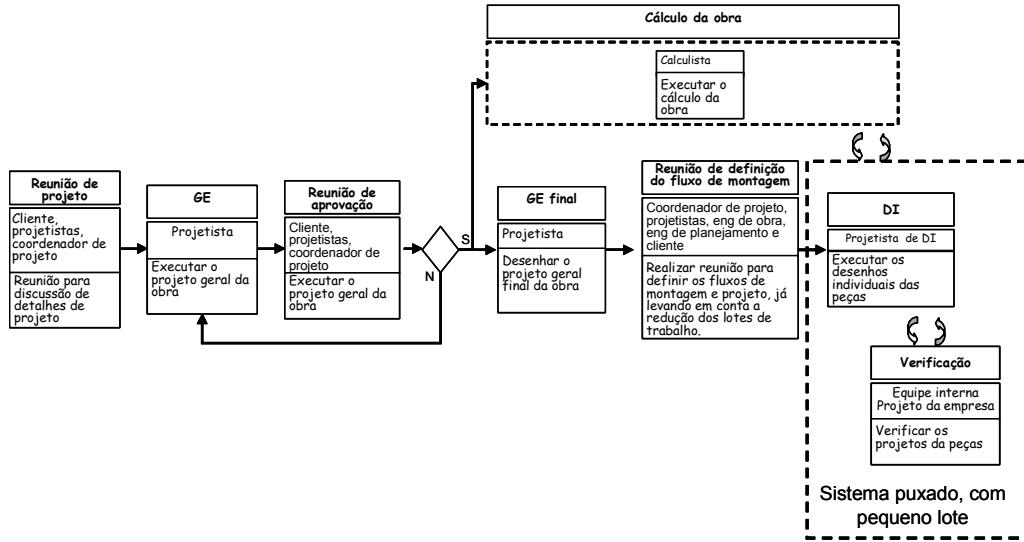


Figura 5. Mapa de Fluxo de Valor Futuro de projeto

4.3 Intervenção na Obra B

Com base nas ações sugeridas no item 4.2, a partir do Mapa do Estado Futuro apresentado na Figura 5, iniciou-se o trabalho de implementação na Obra B. Essa intervenção está em fase de andamento pois o processo de projeto nesta obra está previsto para acabar em julho de 2008. A obra será entregue em duas etapas, sendo constituída basicamente de um pequeno mezanino e de um galpão.

A prioridade na execução da obra será a montagem do mezanino (faz parte da etapa 1), pois a maioria das obras civis é concentrada nessa região. Contudo, essa é uma região onde o projeto é mais complicado, pois envolve um maior número de peças a serem projetadas e, além do mais, existe grande interferência do cliente, tornando-se assim, a região mais complexa de se realizar o projeto de desenho individual. Para se ter uma idéia, essa obra começou a montagem pelo mezanino no dia 03/03/2008 e, até o dia 22/02/2008, não se tinha definido onde se localizaria a escada.

Por outro lado, o galpão, apesar de em volume e área ser bastante superior ao mezanino, envolve um menor número de peças com grande repetitividade, tornando o projeto das peças individuais mais fácil. Outro fator importante é que a produção das peças do galpão é mais demorada em função do grande volume de peças. Na Figura 6 estão apresentados os lotes de projeto (LP).

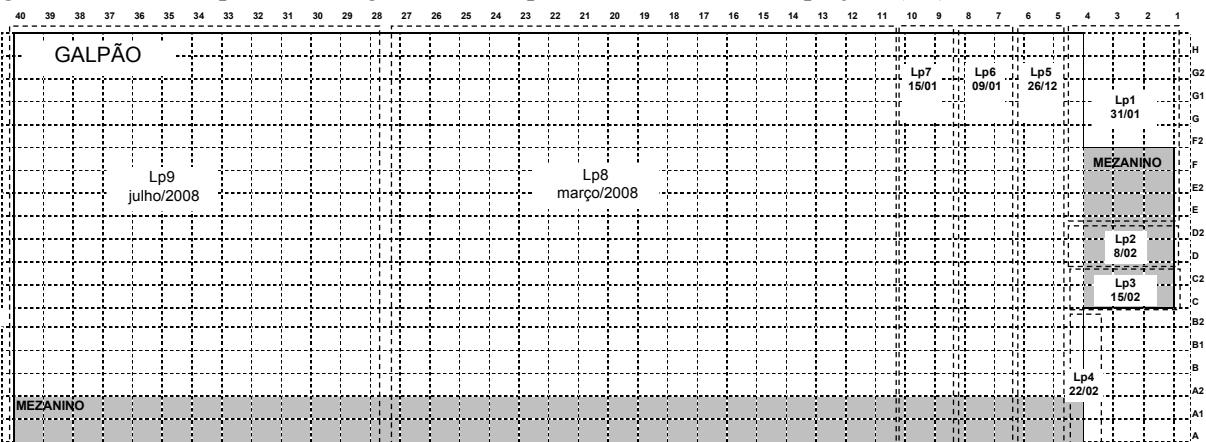


Figura 6. Lotes de projeto com datas de entrega

Foram definidos na obra B 8 lotes de projeto, e apesar da obra começar pelo mezanino, devido ao

grande volume de peças a serem fabricadas, os Lp 7, Lp 6 e Lp5 têm datas de entrega anterior aos lotes do mezanino, Lp1, Lp2, LP3 e LP4. Estes lotes foram definidos não apenas em função da montagem da obra, mas também em função da fabricação das peças.

Atualmente os lotes de projeto nessa obra estão parcialmente sendo seguidos conforme planejado, porém devido a algumas indefinições por parte do cliente, tem existido uma mescla nos lotes de projeto do mezanino, ou seja, algumas vezes não se tem todas as vigas projetadas no Lp2, mas já se está trabalhando nos pilares do Lp3. Contudo, os prazos e lotes de montagem não sofreram alteração e até meados de janeiro os projetos nessa obra estavam sendo conduzidos de forma tranquila. Outra ação importante implementada foi a forma de contratação dos projetistas e controle de recebimento de projeto, que passaram a ser por lote e não por peça isolada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo apresentou um estudo exploratório sobre análise e implementação de fluxo contínuo no projeto de estrutura em pré-fabricado, com ênfase na redução do pequeno lote de projeto. Apesar da pesquisa está ainda em andamento, existem indicações que o princípio do fluxo contínuo usado na produção e montagem de estruturas pré-fabricadas de concreto armado pode ser estendido ao processo de projeto, a despeito da complexidade desse processo. Essa complexidade é devido ao grande número de diferentes profissionais envolvidos, incluindo projetistas externos à empresa, e a freqüente mudança demandadas pelo cliente.

A aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor foi bastante útil na compreensão e análise processo de formação de valor no projeto, tornando-se a ferramenta chave para as propostas de ação para implementação do fluxo contínuo em projeto. O pequeno lote em projeto tem sido útil na otimização do fluxo de trabalho, mas seu conceito é um pouco diferente do usado montagem, no qual a padronização é um dos elementos mais importantes. No processo de projeto o pequeno lote deve ser mais flexível permitindo que alterações solicitadas pelo cliente possam ser incorporadas. Além disso, os lotes de projeto são puxados pelo sistema de fabricação e montagem, não somente pela montagem (cliente final do sistema). Isso ocorre em decorrência da grande diferença entre os tempos de fabricação e montagem das peças, fazendo com que o tempo de fabricação de algumas peças determine a seqüência de projeto, que, muitas vezes, não coincidem com a seqüência de montagem.

Os resultados da pesquisa estão sendo bastante incentivadores e mostram que também no processo de montagem a seqüência da análise e as ferramentas propostas são importantes para identificar desperdícios e auxiliar na implementação de fluxo contínuo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BULHOES, I. R.; PICCHI, F.; FOLCH, A. T. Ações para implementar fluxo contínuo na montagem de estrutura pré-frabricada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA O AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2006, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, ENTAC, 2006. 1CD-ROM.
- BULHOES, I. R.; PICCHI, F.; GRANJA, A. D.; CARIA, J. Fluxo contínuo na construção civil: um estudo de caso exploratório. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4, 2005, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, SIBRAGEC, 2005. 1CD-ROM.
- KOSKELA, L. *An exploration towards a production theory and its application to construction.* Espoo, Finlândia: VTT, 2000. (VTT Publications, 408).
- KOSKELA, L.; HUOVILA, P. On foundations of concurrent engineering. In: *Concurrent Engineering in Construction.* London: The Institution of Structural Engineers, 1997. p. 22-32.
- REIS, T. dos. *Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do mapeamento do fluxo de valor.* Campinas, São Paulo, 2004. 125 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar.* São Paulo: Lean Institute, 2002.
- SANTOS, A. *Application of flow principles in the production management of construction sites,* 1999, Thesis (Ph.D.), School of Construction and Property Management, The University of Salford.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 14 ed. São Paulo: Cortez, 2005. 132 p.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. **A Mentalidade Enxuta nas empresas:** elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: campus, 1996.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a FAPESB (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia) pelo apoio financeiro e a empresa Munte Construções Industrializadas Ltda. e a todos os funcionários, pela colaboração no decorrer da pesquisa.