

LEAN THINKING NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA FILOSOFIA LEAN EM DIFERENTES FLUXOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Marta Schmidt Pfaffenzeller¹

Glauco Garcia Martins Pereira da Silva²

Arthur Leite de Barros³

Gabriel Shinji⁴

Marcos Pascotto Salles⁵

RESUMO: O *lean thinking* é uma filosofia que foi criada com o propósito de aumentar a eficiência e eficácia dos processos produtivos industriais por meio da eliminação de atividades que não agreguem valor ao produto final por meio da utilização de algumas ferramentas. Por apresentar grandes diferenças em relação sistema de manufatura, o setor da construção civil necessita de uma série de adaptações para que a implementação dessa filosofia seja possível. Este trabalho visa, por meio de uma revisão da literatura, elencar ferramentas do *lean* aplicadas na construção civil. Nesta pesquisa foram identificadas e discutidas ferramentas dentro de dois fluxos da construção civil: projetos e obra. Considera-se que, por meio desta pesquisa, acadêmicos e práticos terão acesso às possíveis ferramentas a serem investigadas ou aplicadas na vida real.

Palavras-chave: *Lean Thinking*. Construção Enxuta. Revisão da literatura.

¹ Graduanda, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, estudante, Departamento de Engenharia de Produção, DEPS, Florianópolis/Brasil. E-mail: mstpaffenzeller@gmail.com

² Doutor, professor, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, professor, Departamento de Engenharia de Produção, DEPS, Florianópolis, Santa Catarina/Brasil. E-mail: glauco.silva@ufsc.br

³ Graduando, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, estudante, Departamento de Engenharia de Produção, DEPS, Florianópolis, Santa Catarina /Brasil. E-mail: arthurb1barros@gmail.com

⁴ Graduando, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, estudante, Departamento de Engenharia de Produção, DEPS, Florianópolis, Santa Catarina/Brasil. E-mail: gabrielshinjikummkuriyama@gmail.com

⁵ Graduando, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, estudante, Departamento de Engenharia de Produção, DEPS, Florianópolis, Santa Catarina/Brasil. E-mail: marcos.pascottodesalles@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o setor da construção civil encontra-se em ascensão no cenário brasileiro, devido principalmente ao crescimento da economia do país. Sendo assim, há um aumento na competitividade entre as empresas desse setor, exigindo um melhor desempenho em seu processo produtivo. Apesar de complexo, o setor da construção busca cada vez mais alternativas com o intuito de aperfeiçoar tanto o planejamento quanto a execução da obra, sendo uma delas a implementação da “mentalidade enxuta”, que visa o melhor aproveitamento dos recursos. Por se tratar de uma área recente e pouco explorada, a aplicação da filosofia *lean* na construção civil ainda tem muito a crescer.

Neste contexto, este artigo tem a finalidade de contribuir para o conhecimento sobre a mentalidade enxuta e dessa forma subdividindo algumas ferramentas do *lean* nos seguintes fluxos de processo: projeto e obra. Focado em identificar essas ferramentas no processo de implementação do *lean thinking* na construção civil, serão introduzidos os princípios e história do *lean manufacturing* e caracterizado o conceito de “mentalidade enxuta” na construção civil. Feito isso, será exposto os benefícios proporcionados por cada ferramenta após sua implementação em cada um dos dois fluxos da construção analisados.

2 *Lean Thinking*

A Mentalidade Enxuta, também conhecida como *Lean Thinking*, tem origem no Sistema Toyota de Produção que surgiu no Japão após a década de 50. O Sistema Toyota de Produção tem como princípio eliminar qualquer elemento que não agregue valor ao produto, acabando desta forma, com os desperdícios (FUTATA, 2005). Para caracterizar este novo sistema de produção, adotou-se o termo *Lean Manufacturing*, uma vez que, este sistema, em comparação com o sistema de produção em massa utiliza.

“[...] metade do esforço dos operários em fábrica, metade do espaço de fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos”. (WOMACK; JONES; ROOS, 1992, p. 3).

O *Lean Thinking* visa melhorar a produtividade, eficiência e qualidade de produtos ou até mesmo de serviços utilizando a menor quantidade de recursos possíveis. Segundo Womack e Jones (1996) existem Cinco Princípios da Mentalidade Enxuta, exemplificado na Figura 1.

Figura 1 – Esquema do Ciclo dos Cinco Princípios da Mentalidade Enxuta.



Fonte: Elaborado pelos autores

No entanto, quando o conceito do *Lean Thinking* é introduzido em um setor tão complexo e diversificado como o da construção civil, aparecem inúmeras oportunidades inexploradas de melhoria, surgindo assim um novo conceito denominado *Lean Construction*.

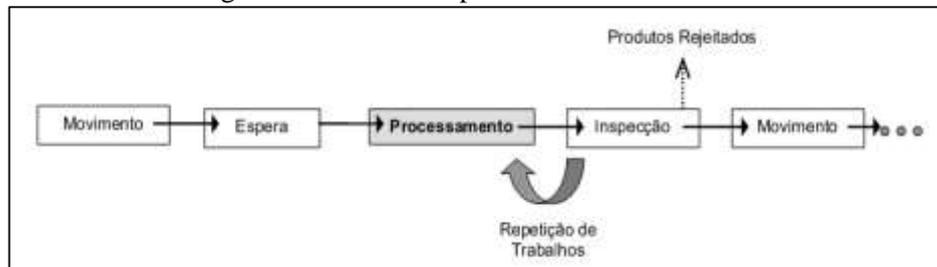
3 *Lean Construction*

O *Lean Construction*, pode ser considerado como uma espécie de ramificação do *Lean Manufacturing* e possui com base os mesmos objetivos de otimizar os processos e procedimentos por meio da redução contínua de desperdícios (BERTELSEN, 2004).

O setor da construção, se caracteriza por muito distinto do ambiente de manufatura onde o *lean manufacturing* foi desenvolvido, em função disso, torna-se praticamente impossível aplicação direta de ferramentas *lean*, sem a adaptação das mesmas, considerando as particularidades do ambiente construtivo (PICCHI, 2003).

Esta adaptação para a construção, foi proposta, inicialmente, nos anos 90 com a publicação do relatório técnico “*Application of the New Production Philosophy in the Construction Industry*”, na Universidade de Standford, U.S.A por Lauri Koskela (ARANTES, 2008). Neste relatório, Koskela (1992), identifica as principais deficiências deste sistema. Observa-se claramente que, a principal falha do sistema é a desconsideração das ações que formam o fluxo físico entre as atividades de conversão; tais ações são denominadas atividades de fluxo, identificadas por transporte, espera e inspeção. (VIVAN; PALIARI; NOVAES. 2010). Para que tais falhas sejam eliminadas, é preciso considerar as atividades de fluxo, o modelo do processo proposto por Koskela está exemplificado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo de processo da *Lean Construction*



Fonte: Arantes (2008)

Como forma de contextualização dessa nova forma “enxuta” de enxergar o processo da construção civil, Koskela, propôs onze princípios básicos deste novo sistema de produção. Que são estes citados a seguir:

1. **Reduzir a quantidade de atividades que não acrescentam valor ao produto final** (desperdício).
2. **Por meio de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente, aumentar o valor** – o cumprimento desses requisitos gera valor, mas é necessário identificá-los.
3. **Reduzir a variabilidade** – visto que aumenta o número de atividades a serem realizadas que não agregam valor e também devido ao produto uniforme ser melhor do ponto de vista do cliente.
4. **Reduzir tempos de ciclo (*lead time*)** – eliminando inventários e descentralizando a hierarquia organizacional.
5. **Simplificar partes e ligações por meio da redução do número de passos.**
6. **Aumentar a flexibilidade do resultado final** – pode-se conseguir por meio da modulação de produtos, da redução da dificuldade de redefinição e do treino de uma equipe multi-especializada.
7. **Aumentar a transparência dos processos** – acaba facilitando o controle e melhoria por parte dos empregados.
8. **Focar o controle no processo completo** – a otimização do fluxo global do processo por meio da atribuição de autonomia às equipas de trabalho e cooperação a longo prazo com os fornecedores (PENEIROL, 2007).
9. **Introduzir a melhoria contínua no processo** – de forma a reduzir o desperdício e a desenvolver continuamente atividades que acrescentam valor.

10. **Balancar as melhorias de fluxo com as melhorias no processo de conversão** – um fluxo melhorado requer menor investimento de equipamento e permite controlar de forma mais fácil à implementação de tecnologia de conversão.
11. **Fazer benchmarking** – sabendo os pontos fortes, as fraquezas, as oportunidades e as ameaças à organização (análise SWOT), conhecendo os líderes da indústria e as suas práticas, incorporando as boas práticas na organização e criando um nicho que combine os pontos fortes existentes com as práticas externas.

Desta forma, é interessante comparar os princípios propostos inicialmente por Womack e Jones (1996) com aqueles propostos pelo Koskela (1992). Assim, consegue-se observar que a base do *lean construction* está integralmente conectado com os princípios do *lean manufacturing*, apenas se diferencia em função das peculiaridades do processo construtivo. Esta comparação pode ser analisada no Quadro 1.

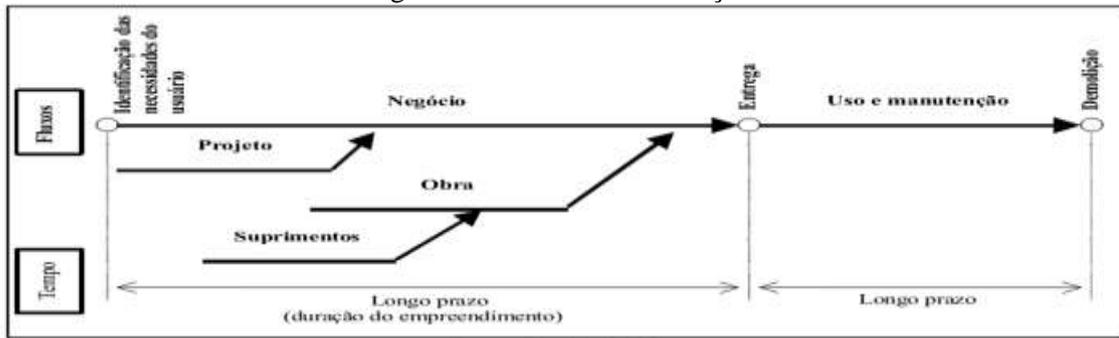
Quadro 1 – Comparação entre os princípios Lean Thinking e Lean Construction

Princípios <i>Lean Thinking</i> (WOMACK, 1992)	Princípios <i>Lean Construction</i> (Koskela, 1992)
Valor	Aumentar o valor do produto levando em consideração os requisitos dos clientes
	Reduzir tempos de ciclo
Cadeia de Valor	Reduzir atividades que não agregam valor
	Simplificar partes e ligações por meio da redução de passos
	Focar o controle no processo completo
	Balancar as melhorias de fluxo com as melhorias no processo de conversão
Fluxo	Reduzir a variabilidade
	Aumentar a transparência dos processos
Puxar	Aumentar a flexibilidade do resultado final
Perfeição	Introduzir a melhoria contínua no processo
	Fazer <i>benchmarking</i>

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2009)

O setor de construção é bastante complexo e diversificado, envolvendo diversas variáveis e etapas, em função deste fato, Picchi (2003) propõe uma divisão do processo construtivo em cinco fluxos. O fluxo de **negócios, projetos, obras, suprimentos e uso e manutenção**. A Figura 3, demonstra um esquema da visão geral de um processo construtivo com seus devidos fluxos.

Figura 3 – Fluxos de Construção



Fonte: Picchi (2003)

Justamente por ser um setor extremamente complexo, para fins de estudo, as ferramentas comentadas neste artigo serão subdivididas apenas nos fluxos: Projeto e Obras.

4 MÉTODO ADOTADO

Com a finalidade de atingir os objetivos definidos para este artigo, realizou-se a análise das ferramentas selecionadas e, desta forma propondo, uma subdivisão destas em dois fluxos da construção civil: de projeto e de obra. A seguir, pode-se observar um fluxograma, na Figura 4, que exemplifica cada etapa para a realização do trabalho.

Figura 4 – Fluxograma do método de pesquisa utilizado.



Fonte: Elaborado pelos autores

Desta forma, pode-se averiguar a importância das ferramentas ao longo dessas três etapas. Logo, relatou-se os benefícios proporcionados por cada ferramenta no fluxo que lhe foi designado, e ainda classificou-se, as mesmas, por princípio do *lean construction*.

5 SUBDIVISÃO DAS FERRAMENTAS

Subdividindo as ferramentas em fluxos de projetos e de obra, podemos verificar de forma sussinta cada melhoria que as ferramentas aplicadas as estes fluxos.

5.1 Fluxo de Projetos

O fluxo de projeto encontra-se no planejamento da obra, antes de ser iniciada. É nesse fluxo em que todas as atividades que serão realizadas ao longo da obra serão definidas, envolvendo todos os recursos que estarão disponíveis: tempo, mão-de-obra e suprimentos. A seguir serão apresentadas algumas ferramentas que se enquadram melhor nesse fluxo.

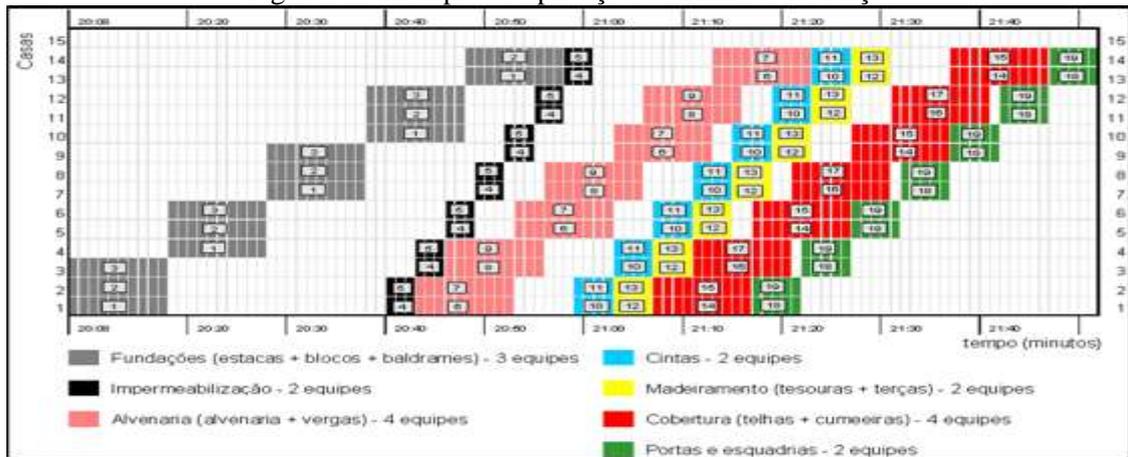
5.1.1 Ferramenta: Linha de Balanço

Linha de balanço é uma representação gráfica que auxilia tanto no planejamento quanto no acompanhamento da obra, permitindo a visualização da obra como um todo e dinamizando, assim, a sua programação. Ela facilita e muito a comunicação entre funcionários no canteiro de obra, além de simular dependências entre uma atividade e outra localizada em outro pavimento. (VARGAS, 2012).

Essa representação gráfica é feita por meio de um diagrama espaço/tempo e indica **quem** (qual grupo) realiza **o que** (qual atividade), **quando** (início e tempo de duração) e **onde** (qual casa/pavimento). Para Alves, além de indicar todos esses dados em apenas um gráfico, a linha de balanço consegue também realizar a simulação de inúmeras dependências entre atividades de diferentes pavimentos, tornando a rede de precedências global de um edifício menos complexa e a análise de alternativas de programação e reprogramação mais prática, flexível e eficiente.

Na Figura 5, pode-se observar um exemplo da aplicação da ferramenta Linha de Balanço. Nota-se a separação de cada atividade por cor e, entre elas, sua divisão por grupos representados por meio de números.

Figura 5 – Exemplo de aplicação da Linha de Balanço.



Fonte: Vargas (2012)

Essas atividades são dispostas da melhor maneira possível com o objetivo de reduzir todas as formas de desperdícios, seja ela de mão-de-obra parada ou e espera por suprimentos.

5.1.2 Ferramenta: Estudo do Valor Agregado

De acordo com Mattos (2010), estudo do valor agregado é uma técnica de avaliação de desempenho que fornece resultados precisos a partir da integração de dados reais de tempo e custo. Destaca-se por permitir a clara noção da situação atual do projeto e possibilita a realização das análises de variância e tendência.

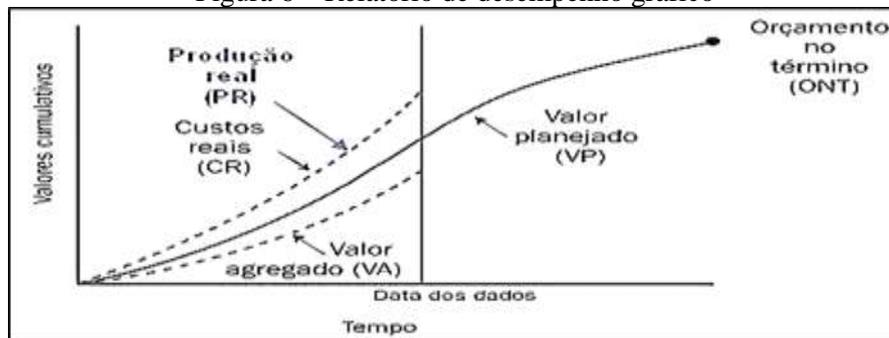
Com a finalidade de comparar o valor do trabalho planejado com o do trabalho que foi realmente concluído, o método EVA utiliza indicadores de desempenho para antever o resultado provável do projeto em termos de custo e prazo. Sendo assim, procura avaliar se o que foi planejado condiz com a programação e o projeto (MATTOS, 2010).

O método do valor agregado controla mais precisamente a relação entre o valor agregado e o valor planejado do que o obtido com base em registros de gastos em prazos isolados, funcionando, como um alerta por possibilitar a análise de um empreendimento: se gasta mais rapidamente por consumir mais dinheiro para realizar uma tarefa ou se há um adiantamento por parte do projeto.

Como mencionado por Mattos (2010), para definir o valor agregado toma-se como base três critérios de comparação: valor previsto (VP), valor agregado (VA) e custo real (CR). Valor previsto (VP) corresponde ao orçamento do trabalho planejado, calculado de acordo com o planejamento da obra. Valor Agregado (VA) é o custo orçado do trabalho realizado e indica o

valor que deveria custar a execução em determinado período. Custo Real (CR) é o custo final de todo trabalho executado. A Figura 6 ilustra o funcionamento da ferramenta.

Figura 6 – Relatório de desempenho gráfico



Fonte: Alves e Cruz (2010)

A análise de curva do valor agregado, fornece previsões de problemas relacionados a custos e prazos e eficiência, auxiliando no processo de decisão. Desta forma, torna-se claro que utilizar essa ferramenta nas atividades relacionadas ao fluxo de projetos da construção civil é primordial que seja feita esse estudo antes, para que seja possível considerar e avaliar números condizentes com a realidade, tomando as decisões de forma consistente.

5.1.3.Ferramenta: Gráfico de barras ou Diagrama de Gantt

Trata-se de um método desenvolvido em 1913 pelo engenheiro mecânico Henry L. Gantt visando a produção fabril. Somente na década de 30, começou a ser utilizada como ferramenta do processo de planejamento de obras. (ICHIHARA, 1998). É possível definir esta técnica como um gráfico de barras horizontais no qual cada barra indica uma atividade do projeto. No eixo vertical apresentam-se as atividades, enquanto no eixo horizontal os intervalos de tempo representando o início e fim de cada tarefa aparecem como barras coloridas sobre do gráfico. Segundo Schmitt (1992), as etapas para o uso do diagrama de Gantt correspondem à:

- a. Definir a estrutura da programação - por meio da análise de projeto e definir as atividades que irão ocorrer na obra;
- b. Definir a equipe básica para as atividades - número de equipes a serem utilizadas e as durações correspondentes;
- c. Definir a sequência das atividades - indicar para cada atividade as respectivas atividades sucessoras;
- d. Construir o gráfico de barras.

Feito isso, podem ser visualizadas as tarefas de cada membro de uma equipe com clareza e simplicidade, bem como o empenho e tempo utilizado para cumpri-la. Além disso, Ichihara (1998) ressalta que o gráfico de barras com sua clareza e poder de comunicação representa também uma interessante ferramenta de acompanhamento e controle, na medida em que pode-se representar também por meio de barras, o desenvolvimento real da obra, comparado com o programado.

5.1.4 Ferramenta: Sistema PERTxCPM

Este sistema é constituído pelas técnicas de representação PERT e CPM as quais são conhecidas como métodos americanos de programação por rede, os quais são atualmente muito aplicados na construção civil. (ICHIARA, 1998). Por volta de 1957, foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos o método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), mais conhecido como técnica de avaliação e controle de programas. Segundo Soares (1999), esta ferramenta foi criada com o intuito de programar a construção de um míssil do projeto POLARIS.

Já o CPM (*Critical Path Method*) ou método do caminho crítico, foi criado também na década de 50 pela CIA, visando melhorar a programação em uma indústria química. Segundo Schmitt (1992) e Ichihara (1998), esta empresa utilizou seu banco de dados para estabelecer a duração de atividades semelhantes, o que possibilitou a criação de uma rede com uma única determinação do prazo de duração para cada atividade.

A principal diferença entre o PERT e o CPM é que enquanto o cálculo do primeiro – PERT – é a partir da média ponderada de três durações possíveis de uma atividade (otimista, mais provável e pessimista), o do segundo – CPM – é um método de apuração do caminho crítico a partir de uma sequência de atividades, isto é, quais atividades de uma série não são passíveis de sofrer mudança de duração sem que isso interfira na duração total de um projeto. Desta maneira, classificando-os em função do tratamento, a rede PERT é probabilística e o CPM é determinístico. (SCHMITT, 1992)

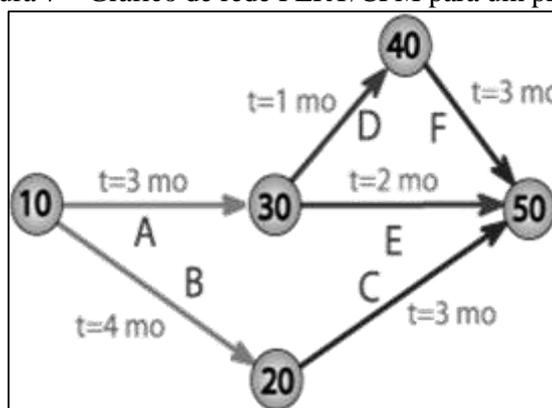
Ambas técnicas utilizam principalmente os conceitos de Redes (Grafos) para planejar e visualizar a coordenação das atividades do projeto. Segundo Hirschfeld (1978), os princípios de elaboração de uma rede PERT/CPM são os seguintes:

- a. Elaborar o programa, caracterizando as interligações de dependência e de sequência; as durações das atividades de acordo com pesquisas ou tabelas de dados; e as

- características bem delineadas com relação aos eventos inicial e final;
- Verificar as atividades que podem ser executadas em paralelo;
 - Lembrar sempre que as atividades consomem tempo e/ou recursos financeiros; e eventos não consomem nem tempo nem recursos financeiros;
 - Saber que o evento atingido é o que tem concluído todas as atividades que a ele chegam;
 - Lembrar que uma atividade somente pode ser executada desde que o evento inicial tenha sido atingido;
 - Ter em mente que entre dois eventos sucessivos existe somente uma atividade.
 - Observar que tudo que pode atrasar em um planejamento e pode ser previsto é uma atividade e não deve ser desprezada.
 - Investigar para certificar-se de que não existe circuito na rede, pois se existisse teríamos o fato de que uma atividade poderia dar origem a si mesma.

A principal vantagem da utilização desse sistema é que possibilita abordar uma visão sistêmica de um projeto, visto que apresenta a interdependência entre as várias tarefas imprescindíveis a execução do projeto e distingue-se as entradas (recursos), o processo (desenvolvimento das tarefas) e as saídas (resultado final desejado). (HIRSCHFELD, 1978). Na Figura 7, pode-se observar um exemplo gráfico de rede PERT/CPM para um projeto de 7 meses com cinco marcos (10 até 50) e seis atividades (A até F).

Figura 7 – Gráfico de rede PERT/CPM para um projeto



Fonte: Almeida (2011)

O Quadro 2, expõe as ferramentas comentadas nesta seção ilustrando e descrevendo, na visão dos autores, seus benefícios e separando-as por princípios do *lean construction*.

Quadro 2 – Comparação entre ferramenta, princípio do *lean construction* e benefícios

Ferramenta	Princípio do Lean Construction	Benefícios
Linha de Balanço	Introduzir a melhoria contínua no processo; aumentar a transparência dos processos; reduzir tempos de ciclo	Facilita a identificação de eventuais problemas no decorrer da obra e a comunicação no canteiro de obras; permite grande rapidez no manuseio das informações ao informar a duração das atividades; simula dependências entre atividades de diferentes pavimentos;
Estudo do Valor Agregado	Aumentar o valor do produto levando em consideração os requisitos dos clientes;	Permite clara noção da situação atual do projeto; avalia se o orçamento que foi planejado é condizente com o do projeto;
Gráfico de Gantt	Reduzir tempos de ciclo; focar o controle no processo completo	Permite representar o grau de adiantamento ou atraso de uma atividade em relação ao prazo previsto;
Sistema PERT/CPM	Aumentar a transparência dos processos; reduzir atividades que não agregam valor;	Possibilita a visualização e análise de toda a sequência e interferências entre as atividades; estabelece um caminho crítico do projeto e consequente realocação;

Fonte: Elaborado pelos autores

As ferramentas apresentadas nesta seção são extremamente importantes pois como envolvem planejamento e gestão visual, características imprescindíveis para o fluxo de projetos, já que o mesmo contém as definições de quais atividades serão feitas e em que ordem estas deverão ser realizadas ao longo da obra envolvendo todos os recursos que estarão disponíveis.

5.2 Fluxo de Obra

O fluxo de obra acontece no canteiro de obras, que pode ser considerado a “fábrica” da construção civil. Os produtos da construção civil – edificações, pontes, estradas, entre outros – podem ser considerados como “protótipos”, tendo em vista que, sob determinadas condições, cada produção é única e está sempre sendo realizada pela primeira vez (PASQUALINI, 2005). A seguir serão apresentadas algumas ferramentas que se enquadram de melhor maneira nesse fluxo.

5.2.1 Ferramenta: Mapeamento do Fluxo de Valor

Para compreender o que é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), é necessário entender o conceito de fluxo de produção, que segundo Moreira e Fernandes (2001), é caracterizado por

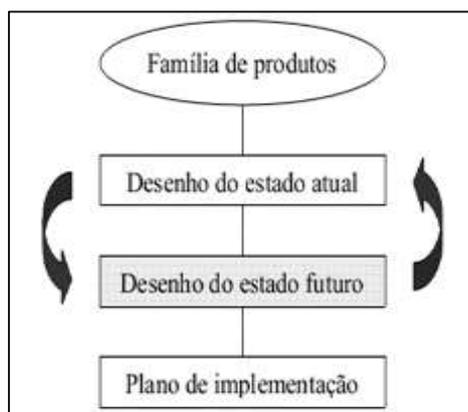
“pedir” e “produzir”, isto é, o fluxo de produção abrange toda a parte de fluxo de suprimentos e de informações desde a matéria-prima até o consumidor final.

O MFV, é uma análise qualitativa que representa, por meio de desenhos, todo o processo produtivo de forma simples e sistemática, permitindo, portanto, a visualização sistêmica do processo produtivo, a identificação dos reais problemas e desperdícios e a proposição de melhorias. Seu custo é relativamente baixo, pois não utiliza nenhum tipo de software avançado para seu desenvolvimento.

Por permitir essa melhor visualização dos pontos críticos no processo, o MFV, é uma ferramenta de extrema importância para a implementação de um sistema “enxuto”, uma vez que, funciona como uma “preparação” para a implementação de outras ferramentas da filosofia *lean* (PASQUALINI, 2005).

De acordo com Rother e Shook (1999) a implementação do mapeamento do fluxo de valor deve seguir os seguintes passos apresentados na Figura 8.

Figura 8 – Etapas do mapeamento do fluxo de valor



Fonte: Queiroz, Rentes e Araujo (2004)

No ambiente da construção civil, segundo Pasqualini (2005), o uso da ferramenta MFV se difere do ambiente da manufatura (para qual a ferramenta foi desenvolvida originalmente), portanto o desafio maior da implementação da ferramenta é adequar o MFV para o processo construtivo. Desta forma, no primeiro passo, que é a análise da “**Família de Produtos**”, não é totalmente aplicável ao processo construtivo, uma vez que, o canteiro de obras (“chão de fábrica” no caso da construção civil) possui apenas um produto, que é a edificação em si. Assim sendo, ao invés de se selecionar uma família de produtos para iniciar o MFV na construção, deve-se selecionar uma etapa do processo produtivo da construção.

No passo “**Desenho do Estado Atual**”, consiste num desenho de como o processo produtivo está acontecendo atualmente, analisando todo o processo, desde o fornecedor até o cliente. Na construção, é praticamente impossível visualizar uma edificação sendo produzida do início (fornecimento de matérias-primas) ao fim (pronto para ser entregue aos clientes). Ou seja, para que o desenho do Mapa do Estado Atual da construção seja realizado com exatidão, é necessário acompanhar praticamente todo o processo, com a finalidade de, ao fim do processo obter-se uma média global da etapa em análise e considerar, como exemplifica Fontanini (2005) em sua tese, como estoque de matéria-prima entre processos; estoque de produtos acabados; demanda necessária para atendimento do pedido do cliente (*Takt Time*); tempo de ciclo; setup entre processos; lead time total; fluxo de informações e forma de programação da produção.

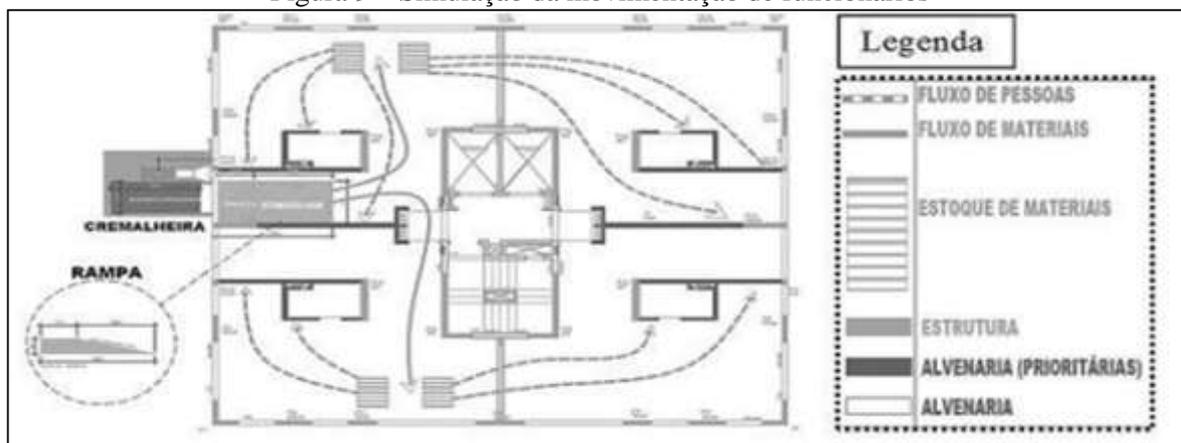
No terceiro passo “**Desenho do Estado Futuro**”, o desenho de um “estado ideal” da produção, ou seja, o melhor que ela poderia operar a partir da análise do Estado Atual. O passo seguinte “**Plano de Implementação**” nada mais é do que a busca da melhoria contínua, com a implementação de ferramentas que visem o a diminuição de desperdícios e o controle constante da etapa analisada.

5.2.2 Ferramenta de Fluxo de Serviço

O mapa de fluxo de serviço propõe que uma determinada etapa ocupe uma região específica do canteiro de obras, para evitar interposição com outras etapas ou demais serviços. (TONIN; SCHAEFER, 2013). A simulação da movimentação de funcionários, por exemplo, permite reconhecer os pontos problemáticos na circulação dos materiais e as interferências com os serviços sucessores.

Tonin e Shaefer (2013) sugerem um modelo de fluxo de serviço que até simula os possíveis caminhos que deveriam ser percorridos pelos funcionários durante a execução da etapa de alvenaria, na obra em estudo, como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 – Simulação da movimentação de funcionários



Fonte: Tonin e Shaefer (2013)

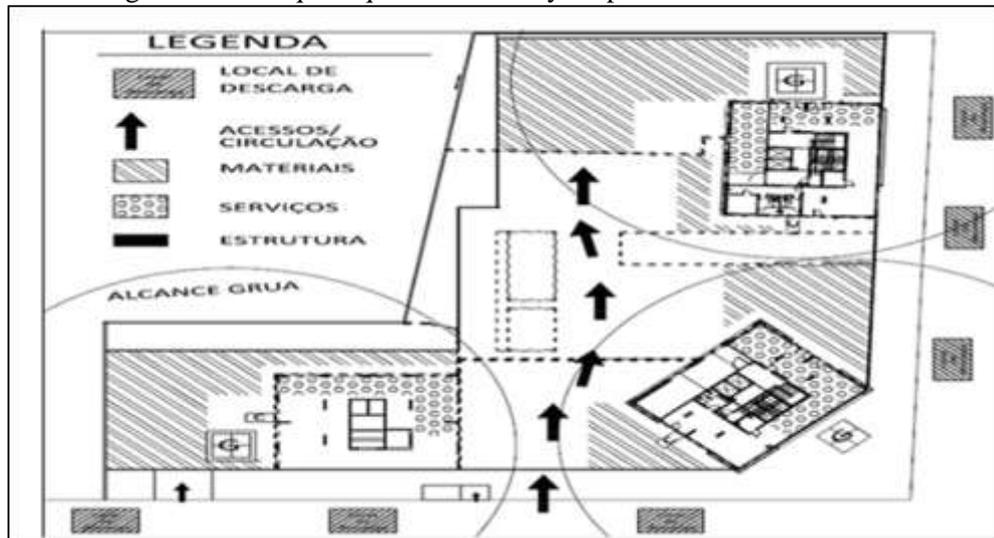
Desta forma, o novo planejamento e disposição de fluxo de pessoas, materiais, estrutura e alvenaria, viabiliza a resolução de quais paredes necessitariam ser construídas prioritariamente e quais impediam o andamento adequado de funcionários e fluxo dos materiais pela obra.

5.2.3 Ferramenta *Layout*

A utilização de um layout em um canteiro de obras é imprescindível, o layout permite a eliminação de uma série de perdas existentes no processo produtivo, como destaca Luzzi (2004) em sua tese de mestrado. A principal função de um layout é reduzir as atividades que não agregam valor, e conseqüentemente, obtendo a melhoria nos índices de qualidade, devido à maior rapidez no *feed back* da informação. A redução do *lead time* produtivo, que viabiliza a produção contra pedido e entre outras várias melhorias. Pois, em um canteiro de obras é mais conveniente elaborar um layout que leve em consideração a movimentação dos funcionários e a estocagem dos materiais mais próximos dos postos de trabalho.

Tonin e Schaefer (2013) elaboraram um esquema de um *layout* de um canteiro de obras, exemplificado na Figura 10.

Figura 10 – Croqui esquemático do layout para um canteiro de obras



Fonte: Tonin e Shaefer (2013)

Este esquema leva em consideração a movimentação dos funcionários e a estocagem dos materiais, de modo que os últimos permaneçam mais próximos aos postos de trabalho. O que reduz, de forma bastante efetiva, as atividades que não agregam valor no fluxo.

5.2.4 Ferramenta Andon

É uma ferramenta de gerenciamento visual com o propósito de agilizar a comunicação tanto entre funcionários como entre setores. Ela tem como objetivo principal a detecção e contenção de consequências derivadas de problemas ocorridos durante a construção. Para a implementação da ferramenta Andon, é preciso instalar um quadro geral, como demonstrado na Figura 11, situado na sala de administração da obra, o qual indica o status das atividades que estão ocorrendo em cada pavimento da obra (dispostos em colunas) por meio de 3 lâmpadas coloridas, cada uma apontando o andamento de cada setor de obra.

Figura 11 – Exemplo de Andon



Fonte: Fibra Engenharia (2003)

Em cada pavimento de obra, existe um interruptor de 3 fases ligado ao painel central, assim o trabalhador encarregado opera-o de forma a acender a luz na sala de administração. Cada cor tem seu significado (ANTUNES; ANIVALDO, 2012): a luz verde indica que o processo está em andamento normal e pode continuar como programado; por sua vez, a luz amarela serve de aviso aos funcionários, comunicando um possível problema, portanto uma equipe se prontifica a averiguar a situação; ao ver o sinal vermelho, os operários e gerentes já sabem imediatamente que houve um erro durante a obra e é necessário a interrupção das atividades do setor em questão, assim como o acionamento de um grupo que se responsabilizará por uma rápida resolução.

5.2.5 Ferramenta *Kanban*

A ferramenta *Kanban* tem a mesma função do Andon: aumentar a praticidade da comunicação no canteiro de obras por meios visuais. No entanto, ela se difere da dessa última pelo fato de não se restringir à comunicados relacionados ao andamento de cada setor no canteiro de obras, mas abrange, por sua vez, um leque muito maior de assuntos.

Os *Kanbans* podem se apresentar em duas formas, cartazes e cartões (Figura 12). Sendo que essa primeira é utilizada nos locais específicos onde as informações serão necessárias e destinadas a qualquer um que fizer aquela tarefa, já os cartões são mensagens direcionadas a pessoas ou setores específicos e ficam dispostas em uma caixa chamada *Heijunka Box* que posicionada estrategicamente para que todos tenham fácil acesso aos bilhetes.

Figura 12 – Kanban de cartões



Fonte: Fibra Engenharia (2003)

O uso de *Kanban* (GUERRA, 2008) proporciona o controle das informações e a movimentação de materiais entre os processos de produção por sinalizar o andamento da produção. Ou seja, aprimora o sistema de comunicação do canteiro de obras e conseqüentemente evita gastos desnecessários de material, previne possíveis falhas e minimiza o tempo perdido durante a construção.

5.2.6 Ferramenta *Poka-Yoke*

Os processos produtivos dentro da área da construção civil, apresentam variabilidade quanto a dimensões dos produtos de cada etapa e ao prazo de entrega dos mesmos. Essa variabilidade torna a construção imprevisível, interferindo por sua vez no produto final. Por esse motivo, a redução dessas oscilações em relação aos resultados esperados se faz necessária e, uma das maneiras de realizá-la é por meio da utilização da ferramenta *Poka-Yoke*.

A variabilidade nos processos produtivos é originada por dois tipos de fatores: os aleatórios, muito difíceis de serem evitados porque não dependem do controle de funcionários, e os humanos, causados por falha humana. Anteriormente, acreditava-se que para reduzir a variabilidade e garantir a qualidade do produto final, era necessária a inspeção de cada passo dentro do processo produtivo para que os erros humanos fossem corrigidos, porém a ferramenta *Poka-Yoke* (Figura 13) foi feita justamente para esse propósito: ela consiste em equipamentos que realizam a prevenção e detecção de defeitos durante a construção.

Figura 13 – Exemplo de *Poka-Yoke*



Fonte: Santos e Agnaldo (1999)

Uma réplica literal acontece quando o produto final planejado anteriormente é igual ao resultado da execução do projeto. Esse é o objetivo de qualquer processo produtivo e os aparelhos *Poka-Yoke* contribuem para que ele seja alcançado. O Quadro 3, expõe as ferramentas

comentadas nesta seção ilustrando e descrevendo, na visão dos autores, seus benefícios e separando-as por princípios do *lean construction*.

Quadro 3 – Comparação entre ferramenta, princípio do *lean construction* e benefícios

Ferramenta	Princípio do <i>Lean Construction</i>	Benefícios
Mapeamento do Fluxo de Valor	Reduzir as atividades que não agregam valor; Aumentar o valor do produto por meio da consideração das necessidades dos clientes; Focar o controle em todo o processo;	Auxilia a ter uma visão simples dos processos produtivos, visualizando e identificando as fontes de desperdício; Colabora na análise, nas discussões e nas tomadas de decisões sobre os fluxos produtivos;
Fluxo de Serviço	Reduzir a variabilidade; Aumentar a transparência;	Delimitar os possíveis caminhos percorridos pelos funcionários durante a execução de alguma etapa da produção;
Layout	Simplificar pela diminuição do número de passos e/ou partes; Aumentar a transparência;	Eliminar atividades que não agreguem valor ao processo; Reduzir o <i>lead time</i> e aumentar a produtividade e organização;
Andon	Simplificar reduzindo o número de passos ou partes; Aumentar transparência do processo; Focar o controle no processo completo;	Economiza tempo gasto tanto na comunicação entre os funcionários, como na resolução de problemas. Evita gasto desnecessário de material e auxilia para melhorar a qualidade do produto
Kanban	Reduzir o tempo de ciclo; Aumentar transparência do processo;	Facilita a comunicação tanto externa quanto interna no canteiro de obras Automatização de certos processos pela eliminação de etapas
Poka-Yoke	Simplificar reduzindo o número de passos ou partes; Aumentar transparência do processo;	Economizar tempo na correção de erros Evitar custos e tempo desnecessários durante a construção

Fonte: Elaborado pelos autores

As ferramentas citadas nesta seção, de forma simplificada, sempre buscam diminuir desperdícios, seja de materiais ou informações, economizando assim: tempo, que é o principal desperdício quando tratamos do fluxo de obras, parte mais complexa e singular do processo de manufatura da construção civil.

6 CONCLUSÃO

Por meio da fundamentação teórica do artigo, foi possível constatar que, a grande maioria dos estudos de caso e artigos analisados, abrangiam, apenas, a implementação de uma ou duas ferramentas do *lean* aplicadas na construção civil. Também, percebeu-se que o *lean*

construction é muitas vezes aplicado de forma parcial, incluindo somente algumas das etapas de seu processo, o que não o caracteriza como completamente "enxuto".

Analisando os aspectos influenciados pelas ferramentas, verifica-se que elas se complementam, o que torna difícil distinguir o resultado de cada uma individualmente se analisado o processo como um todo. Concluiu-se, portanto, que separar as ferramentas por fluxo de atuação – fluxo de projeto e obra – possibilita um melhor discernimento das vantagens de cada uma no resultado final e, não significando, porém, que esses benefícios se restrinjam a um fluxo específico.

Essa visão compartimentada do processo permite uma melhor percepção do *lean* como um todo, dentro do processo construtivo e, conseqüentemente, uma aplicação integral da *filosofia enxuta*, diminuindo assim, os desperdícios.

O método aqui empregado, portanto, foi eficaz na identificação e discussão de ferramentas *lean* dentro dos dois mais importantes fluxos da construção civil. E além deste artigo poder ser usado como referência bibliográfica em posteriores estudos sobre o tema, pode-se aplicar cada ferramenta na prática e compara-las ao que foi proposto na teoria.

LEAN CONSTRUCTION: LEAN TOOLS AND PHILOSOPHY STUDY IN DIFFERENT STREAMS FROM BUILDING SECTOR

ABSTRACT: Lean thinking is a philosophy that was created with the purpose of increasing the efficiency and effectiveness of industrial production processes by eliminating activities that do not add value to the final product through the use of certain tools. The construction industry features large differences in relation the manufacturing system, that's why this sector requires a number of adjustments to implement this philosophy. This paper aims to list lean tools applied to the building sector. In this research were identified and discussed tools into two streams construction: projects and building works. Through this research, academics and engineers can have access to the following tools to be investigated or applied in real life.

Keywords: Lean Thinking. Lean construction. Literature review.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. A.; CRUZ, A.L.L. **Modelo para acompanhamento de produção utilizando a Técnica do Valor Agregado (TVA)**. 2010. In: Anais eletrônicos... IETEC. Disponível em:<<http://migre.me/gxJrX>>

ANTUNES, A. **Logística no canteiro de obras, utilizando os princípios da construção enxuta**. São Paulo, 2012.

ARANTES, P. **Lean Construction: filosofia e metodologias**. 2008. Dissertação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Lisboa, Portugal, 2008.

BERTELSEN, S. Lean Construction: Where are we how to proceed? **Lean Construction Journal**, v.1, p. 46-69, 2004.

CARNEIRO, A. Q. **Estudo sobre a aplicação do conceito de células de produção na construção civil**. Fortaleza, 2007.

CHIBINSKI, Murilo. **Modelo de planejamento baseado no conceito do last planner como apoio à implementação da lean construction em obras de edificações**. 2012. 191f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

DA SILVA JUNIOR, O.; BORGES JUNIOR, C. Roteiro para elaboração do planejamento da produção de empreendimentos da indústria da construção civil, segundo os princípios da construção enxuta. VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, **Anais...**, UERJ. Rio de Janeiro, 2010.

FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil - Aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio**. 2004. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2004.

FUTATA, M. Breve análise sobre o toyotismo: modelo japonês de produção. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 47, Abril de 2005. Disponível em: < <http://migre.me/gMPLc> > Acesso em: 20/11/2013.

GONÇALVES, W.K.F. **Utilização de técnicas lean e just in time na gestão de empreendimento e obras**. Lisboa. IFT, 2009.

BAIDEK, J. G. Planejamento executivo de projetos em estrutura metálica pelo método VPM: um estudo de caso. In: XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, **Anais...**, ABEPRO, Florianópolis SC, 2004.

LUZZI, A. **Uma abordagem para projetos de layout industrial em sistemas de produção enxuta: um estudo de caso**. 2004. Dissertação. 107f. (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFRG, Porto Alegre, 2004.

MATTOS, A. DELARUE, Ricardo. Produtividade e Valor Agregado. **Revista Mundo PM**, n. 41, Outubro de 2011.

MICHELIS, Mauro Henrique. **Avaliação da aplicação de conceitos do lean construction no planejamento e gestão de uma obra residencial multipavimentos em Curitiba - PR**. 2013. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MOREIRA, M.P.; FERNANDES, F.C.F. Avaliação do mapeamento do fluxo de valor como ferramenta da produção enxuta por meio de um estudo de caso. In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, **Anais...** Foz do Iguaçu, 2001.

MOREIRA, S.P. **Aplicação das ferramentas lean: caso de estudo**. 2011. Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Lisboa, 2011.

MOTA, B. P.; ALVES, T. C. L. **Implementação do pensamento enxuto através do projeto do sistema de produção: estudo de caso na construção civil**. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, 2008. Anais... São Paulo, 2008.

NUNES, I. **Aplicação de Ferramentas Lean no Planejamento de Obras**. 2010f. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa, Portugal, 2010.

ROCHA, E. M. **Fibra Engenharia**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://migre.me/gMMqE>> Acesso em: 20/11/2013.

SCHMITT, M. **Ferramenta de Gerencia de Projetos como Recursos de Aprendizagem**. 138f. 2011. Tese. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRG, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2011.

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. Diagnóstico e Aplicação da Lean Construction em Construtora. **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 15, n. 1, p. 23-31, 2013.

VARGAS, Carlos Luciano S.; VARGAS, Leandro M. Planejamento de atividades repetitivas em obras de construção civil utilizando a técnica da Linha de Balanço e programas de gerenciamento de projetos: um estudo de caso. In: XIX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, SIMPEP, **Anais...**, Bauru: UNESP, 2012.

VIVAN, A. L.; PALIARI, J. C.; NOVAES, C. C. **Vantagem Produtiva do Sistema Light Steel Framing: da construção enxuta à racionalização construtiva**. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC, ANTAC, Canela, **Anais...**, Canela, Porto Alegre, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus Ltda., 1992.

Originais recebidos em: 12/09/2014

Aceito para publicação em: 11/09/2015