

# Aplicação da Filosofia Lean Construction no Processo Produtivo de uma Empresa do Setor de Construção Civil

*Application of Lean Construction Philosophy in the Productive Process of a Civil Construction Sector's Company*

Vítor Felipe e Silva de Oliveira Nery<sup>1</sup>

Izabel Cristina Zattar<sup>2</sup>

Vitor Ongarato de Oliveira<sup>3</sup>

## Resumo

Este artigo teve por objetivo propor melhorias para o processo produtivo de uma empresa especializada na construção de barracões e fabricação de peças em armação de concreto, através da utilização de técnicas e ferramentas da Lean Construction. Para tal primeiramente foi avaliado o grau de aplicação dos onze princípios Lean Construction. Na sequência foi realizado um diagnóstico dos sete desperdícios propostos pela filosofia lean. Os resultados alcançados indicam que a empresa avaliada apresenta 51% de aplicação dos princípios Lean Construction e que 5 dos 11 princípios se mostraram deficientes apresentando score igual ou maior a 50% de potencial de melhoria.

**Palavras-chave:** Lean Construction. Ferramentas Lean. Construção Civil

## Abstract

This article aimed to propose improvements to the production process of a company specialized in the construction of barracks and manufacture of parts in concrete frame, using techniques and Lean Construction tools. To this was first assessed the degree of implementation of the eleven principles Lean Construction. Following a diagnosis was made of the seven wastes proposed by the Lean philosophy. The results indicate that the assessed company has 51% of implementation of the principles Lean Construction and 5 of 11 showed impaired principles presenting score equal to or greater than 50% improvement potential.

**Keywords:** Lean Construction. Lean Tools. Civil Construction.

1 Universidade Federal do Paraná – UFPR.  
Curitiba, PR [Brasil]  
vitorfelipenery@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná – UFPR.  
Curitiba, PR [Brasil]  
vitorfelipenery@gmail.com

3 Universidade Federal do Paraná – UFPR.  
Curitiba, PR [Brasil]  
vitorfelipenery@gmail.com

## 1 Introdução

O crescimento do setor de construção civil permaneceu estagnado em 2015, segundo dados e estimativa do Sindicato da Indústria de Construção Civil do estado de São Paulo (SindusCon-SP), o que teve relação direta com o baixo desempenho em 2016 e acena para um cenário de início de recuperação apenas em 2017.

O Índice de Confiança da Construção subiu 1,8 pontos em agosto de 2016 em relação ao valor do mês anterior, alcançando 72,5 pontos – o maior nível desde julho de 2015. Ante o mesmo período do ano de 2015, houve alta discreta de 0,1 pontos, primeiro resultado positivo de 2016 neste tipo de comparação. Após a segunda alta consecutiva, o índice acumula ganho de 5,9 pontos desde o mínimo histórico de fevereiro (Valor Econômico, 2016).

Através de uma análise do cenário econômico no setor de construção civil, é possível verificar que para as empresas sobreviverem e serem competitivas, elas precisam ser organizadas, seus processos têm que estar controlados e a busca pelo padrão nas operações deve refletir em redução na variabilidade e aumento na qualidade final do produto (Santos & Martins, 2003). Assim sendo, o conhecimento do seu processo, desde o contato com o fornecedor até a entrega do produto final para o cliente, é importante para visualizar tudo o que acontece da matéria prima até a mercadoria acabada, do pedido à entrega.

Aliado a isso, apresenta-se ainda a necessidade de aprimorar as técnicas de planejamento e produção dos processos operacionais no ramo da construção civil, visando o aumento de sua eficiência produtiva e a valorização da mão de obra, imprescindíveis para o desenvolvimento do setor.

O termo Construção Enxuta, *Lean Construction* (LC), vem sendo utilizado desde 1993, pelo *International Group for Lean*

*Construction*, referindo-se as táticas de aplicação do sistema de produção enxuta no setor (Koskela, 1992). A Construção Enxuta tem três principais objetivos, a entrega do produto no prazo determinado, a maximização do valor e redução de desperdícios. Atualmente faz parte do dia a dia de diversas construtoras e profissionais por todo mundo, apresentando resultados comprovados no que tange a redução de custos de produção, menores efetivos de mão de obra, redução de prazos, isso aliado a um produto de maior qualidade.

Este estudo de caso apresenta a aplicação prática dos princípios da *Lean Construction* bem como a possibilidade da obtenção de resultados rápidos através da redução e/ou eliminação de desperdícios sem a necessidade de grandes investimentos tecnológicos ou financeiros.

## 2 Lean Construction

A construção civil tem evoluído bastante em termos de métodos e técnicas gerenciais, em especial as ligadas ao projeto do produto e planejamento e controle da produção (Salem, Solomon, Genaidy & Wankarah, 2006). Apesar de suas especificidades e características particulares, conceitos originalmente surgidos no ambiente industrial fabril estão sendo incorporados e adaptados para o universo da construção civil (Mariz & Picchi, 2013; Salem et al. 2006). Uma diferença entre a Produção e a Construção é o fato dos produtos finais da primeira geralmente poderem ser movidos e transportados, enquanto os da segunda – devido ao tamanho das unidades – não podem ser transportados (Salem et al. 2006).

Existem ainda três características da Construção que a diferem da indústria manufatureira: projetos feitos no local (não em fábricas cujo layout foi projeto), projetos únicos (não há a mesma possibilidade de padronizações e repetições), com-

plexidade (número de variáveis no projeto é muito maior) (Koskela, 2000). Estas características da construção derivam, de uma maneira mais geral, das características de projetos em contrapartida à da produção, a ideia de unicidade do produto final e de uma organização montada para desenvolvê-lo a qual só durará até a conclusão do projeto (Ballard, 2005). Porém, vale ressaltar que, generalizações de lado, as peculiaridades entre essas características entre produto e projeto estão se reduzindo dado o aumento das possibilidades de customização de um produto (o que aumenta as chances de unicidade) e fatores como o desmonte e deslocamento de plantas de fábricas (Ballard, 2005). Barros Neto (2009) fala da importância do projeto de produto na construção civil e destaca na inserção da voz do cliente nesse processo ao se utilizar ferramentas de gestão de projeto como a gestão da informação.

No ano de 1992, o finlandês Lauri Koskela publicou o trabalho *Application of the New Production Philosophy to Construction* pelo CIFE – *Center for Integrated Facility Engineering*, na Universidade de Stanford. O autor adaptou princípios do Sistema Toyota de Produção (*just-in-time*) para o universo da Construção Civil. O objetivo do trabalho era propor ao setor da construção civil um sistema de gestão de qualidade de sucesso como foi o Sistema Toyota de Produção para as linhas de produção da *Toyota Motor Company*.

Já em 2000 Koskela propõe que os processos da construção civil sejam compreendidos em dimensões Transformação-Fluxo-Valor (TFV). Koskela (2000) defende que explorando essas 3 dimensões (transformação, fluxo e valor) haveria um aumento da eficiência. Ele também utiliza conceitos da Produção Enxuta como a importância do valor percebido pelo cliente e que este determina o que produzir.

Dessa maneira, a Construção Enxuta é uma filosofia direcionada diretamente para o setor da construção civil, que foi criada por pesquisadores

internacionais com a intenção de adotar conceitos, princípios e práticas do *Lean Thinking* diretamente nesse setor (Bernardes, 2010).

Segundo Koskela (1992) a Construção Enxuta dispõe de onze princípios básicos que servem de apoio para aplicação desta filosofia. Com a análise destes conceitos é possível estabelecer um controle do processo, na qual está sendo implementada e melhoria na produção:

- 1 Reduzir Atividades que Não Agregam Valor
- 3 Aumentar o Valor do Produto Através das Necessidades do Cliente
- 3 Reduzir Variabilidade
- 4 Redução de Tempo de Ciclo Produtivo
- 5 Simplificar Através da Redução do Número de Passos ou Partes
- 6 Aumentar a Flexibilidade de Saída
- 7 Aumentar Transparência do Processo
- 8 Focar o Controle em Todo o Processo
- 9 Buscar Melhoria Continua no Processo
- 10 Manter um Equilíbrio Entre Melhorias e Fluxos
- 11 Benchmarking

Se os princípios da Construção Enxuta apresentados por Koskela (1992) são similares aos da Produção Enxuta (Liker, 2007), as práticas nem tanto. A Produção Enxuta tem práticas mais uniformes e padronizadas como o sistema de produção puxada e o uso de *kanbans*. Na construção civil, por outro lado, ainda não há uma definição muito clara de quais seriam práticas típicas da Construção Enxuta. Porém, muitas práticas e discussões já foram feitas sobre a Construção Enxuta (Aziz & Hafez, 2013; Badukale & Sabihuddin, 2014; Cabrera, Pulido & Díaz, 2015; Paez, Salem, Solomon & Genaidy 2005; Jørgensen & Emmitt, 2008; Koskela, Dave, Framling & Kubler, 2016; Salem et al, 2006; Wu & Barnes, 2016). Jørgensen e Emmitt (2008) destacam que a implementação e

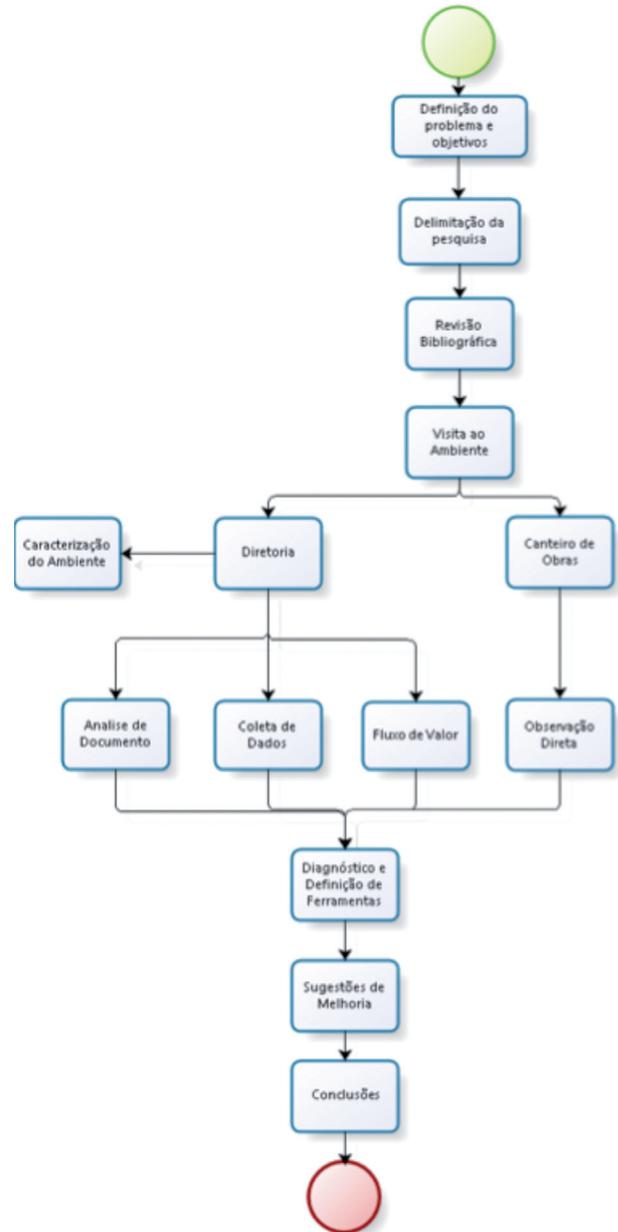
aplicação da Construção Enxuta em uma organização são temas preponderantes das publicações recentes. No entanto, ainda não ocorre o mesmo volume de publicações e discussões mais amadurecidas como na Produção Enxuta. Jørgensen (2008) pontua também que na aplicação dos princípios *lean* do setor industrial para o da construção ainda ocorrem desafios para se obter no segundo a eficiência encontrada no primeiro. Aziz e Hafez (2013) pontuam que mesmo o uso de tecnologias mais modernas na construção civil como o CAD (*Computer Aided Design*) não garante por si uma evolução da gestão da construção, destacando a necessidade de uma filosofia de gestão como a Construção Enxuta.

Ballard (2000) propõe o sistema *Last Planner*, uma ferramenta de controle de processos produtivos para ser utilizado na construção civil. O sistema é um exemplo de aplicação da filosofia *lean*, utilizando princípios da Produção Enxuta e transpondo-os para a Construção Enxuta (Etges, 2012). O *Last Planner* demanda um maior esforço no planejamento de curto e médio prazo o que promove uma redução na variabilidade do processo, princípio este da filosofia *lean* (Locatelli, Mancini, Gastaldo & Mazza, 2013).

Com o passar dos anos o uso de ferramentas *lean* como o *kanban* foi estudado por diversos pesquisadores e profissionais do mercado, bem como, os resultados destas no universo da construção civil e propostas técnicas como o *kanBIM* voltadas mais especificamente para a Construção Enxuta (Koskela et al, 2016).

### 3 Metodologia

A pesquisa realizada nesse estudo foi de natureza aplicada e fundamentada em um estudo de caso. Como método de coleta de dados, foram utilizadas entrevistas, questionários, observação e leitura de documentos da empresa, Figura 1.



**Figura 1: Roteiro de pesquisa**

Fonte: Os autores (2016).

Para a etapa de diagnóstico foi utilizado um questionário adaptado de Kurek, Pandolfo, Brandli & Pandolfo (2006), além da análise dos sete desperdícios relacionados a produção e observação direta. Objetivando tornar mais dinâmica a avaliação da empresa, com enfoque na utilização dos princípios *lean*, o questionário sofreu algumas alterações nas perguntas e na forma de avaliar os resultados parciais. Todas estas adaptações pro-

duziram como resultado final o que se passou a chamar de “Ficha de Avaliação dos Parâmetros *Lean Construction*”.

Nesta ficha, todos os parâmetros foram respondidos apenas com “Sim” ou “Não” para os 37 questionamentos avaliados e, por fim, atribuída uma nota parcial em cada um dos onze princípios. Todas as perguntas foram elaboradas com o intuito de tornar menos subjetivas as respostas e facilitar o processo de coleta e tratamento dos dados obtidos. Foi elaborada também uma pontuação parcial por princípio, que seguiu a seguinte escala, Figura 2.

NOTA 0	NOTA 1	NOTA 2	NOTA 3
Não aplicado	Aplicado com Deficiência	Parcialmente Aplicado	Totalmente Aplicado
0%	Até 50%	Até 75%	100%

**Figura 2: Legenda da pontuação parcial por princípio**

Fonte: Os autores (2016).

Assim, cada um dos princípios *Lean Construction* possuirá uma nota parcial e esta será dada através da relação entre a quantidade de respostas “Sim” obtidas e a quantidade de parâmetros a serem avaliados. Este valor será representado em percentual, baseado na porcentagem obtida serão atribuídas às notas parciais, as quais serão enquadradas em 4 categorias distintas de acordo com o nível de aplicação do princípio em avaliação. Esta escala divide em 4 categorias o nível de aplicação do princípio a ser avaliado. Ela considera que existem casos em que ele “não é aplicado” (0% de respostas positivas obtidas), “é aplicado com deficiência” (entre 1% e 50%), “aplicado parcialmente” (entre 51% e 75%) ou é “aplicado totalmente” (100% de repostas “Sim”).

Para cada um dos 37 parâmetros, serão feitas de 3 a 4 perguntas, as quais devem ser preenchidas de maneira objetiva, não permitindo notas com valores inteiros diferentes de 0, 1, 2 ou 3.

Os valores entre 76% e 99% não são contemplados, pois não podem ser obtidos a partir deste

modelo de avaliação que permite no máximo 3/4 (75%) ou 2/3 (66,67%) de valores positivos. Esta situação foi prevista, justamente para diferenciar casos em que o princípio é parcialmente aplicado daquele que possui plena aplicação. O que se espera com esta diferenciação é evidenciar que o não atendimento da totalidade dos itens deve ser interpretado como aplicação parcial.

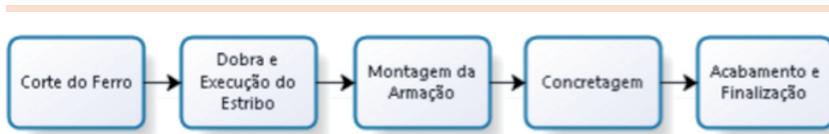
## 4 Desenvolvimento

Fundada em 1992, a empresa x possui um extenso parque fabril instalado em um terreno de mais de 15.500 m<sup>2</sup>, sendo 4.300<sup>2</sup> de área construída. A empresa conta com vinte e oito funcionários, é especializada em construir

barracões de diferentes dimensões (dependendo das especificações do cliente e escopo do projeto) e em fabricar peças em armação de concreto, atendendo todo o Vale do Ribeira. Por razões estratégicas o nome da empresa não será revelado neste trabalho e ela será denominada de empresa x.

Erguida pelos pilares da sustentabilidade, economia, segurança e qualidade a empresa x tem o compromisso de oferecer um serviço que atenda às necessidades do cliente, reduzindo ao máximo o desperdício de materiais e buscando sempre otimizar o prazo de entrega da obra. Seu layout é em linha e está representado a seguir, Figura 3.

O processo inicia-se com a aprovação da ordem de serviço (OS), a qual é encaminhada para o escritório de produção, onde é realizada a programação da obra. Na sequência, inicia-se a produção com o corte do aço. O operador responsável pelo equipamento dispõe em mãos a OS e verifica quais os diferentes tamanhos de corte e suas respectivas quantidades, realizando a programação da máquina.



**Figura 3: Etapas do fluxo de produção**

Fonte: Os autores (2016)

Após o corte, dois operários se encarregam da dobra do aço e a execução dos estribos que são montados, criando assim o esqueleto da peça. Encerrado a montagem esse processo está completo e a produção pode seguir seu fluxo.

Antes de iniciar o processo de concretagem, é executada a preparação do concreto e a limpeza dos moldes. Logo em seguida, depois de pronto, o concreto é transportado em quantidade exata para cada molde de cada peça para assim dar início a concretagem do pré-fabricado.

Logo em seguida ao término da concretagem, verifica-se se a área destinada a finalização do produto está totalmente livre e pronta para receber as peças do lote do dia. Realizado os transportes e estoque das peças do lote do dia anterior, o pré-fabricado é posicionado e os operadores dão início ao acabamento das peças. Diferentemente dos processos predecessores, que são executados seguindo um padrão diário com tempos similares, a finalização depende da complexidade das peças requisitadas pelo cliente. Realizada todas as modificações necessárias às peças, estas são estocadas finalizando o processo.

#### 4.1 Diagnóstico

A operacionalização desta etapa, prevista na metodologia, se deu com o preenchimento da ficha de avaliação dos parâmetros da LC, através de respostas retiradas na fase de coleta de dados e observação direta da linha de produção.

Para tal, foi elaborada a criação de uma ficha com 37 perguntas que estivessem relacionadas com os onze princípios da filosofia do *Lean Construction*. O resultado deste preenchimento

foi a avaliação de quanto e de qual maneira cada conceito estava sendo usado no processo, com notas que variavam de 0 a 3 como indicadores, Figura 4.

Observa-se que em mais da metade dos princípios estudados, a filosofia é aplicada de maneira deficiente e totalmente negligenciada no conceito de redução de atividades que não agregam valor. Apenas um princípio obteve nota máxima, tendo os demais sido diagnosticados como parcialmente aplicado. Dos 37 pontos possíveis nas notas parciais que foram atribuídas a empresa somou 18 pontos. Este resultado fez com que a empresa fosse enquadrada no quadro de diagnósticos, em nível intermediário, Figura 5.

Visando focar primeiramente nos princípios que apresentaram maior deficiência no resultado da avaliação foi criado um indicador chamado de “Potencial de melhoria” expresso por:

**Potencial de melhoria = 100% – Porcentagem obtida**

Desta forma foram calculados todos os princípios da Construção Enxuta e seus potenciais de melhoria correspondentes (Figura 6). Ao término da listagem foi possível concluir que 5 dos 11 princípios possuíam mais de 50% de potencial de melhoria.

No contexto estudado os princípios que se mostraram mais deficientes foram:

- Reduzir parcelas de atividades que não agregam valor;
- Focar o controle no processo global;
- Introduzir melhoria contínua no processo;
- Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões; e
- Benchmarking.

FICHA DE AVALIAÇÃO - PARÂMETROS - LEAN CONSTRUCTION				
Avaliador:		Vitor Ongarato de Oliveira		
Obra:		Estudo de Caso		
Data de Início:		07/11/2015		
Data de Término:		28/11/2015		
LEGENDA	NOTA 0	NOTA 1	NOTA 2	NOTA 3
	Não aplicado	Aplicado com Deficiência	Parcialmente Aplicado	Totalmente Aplicado
	0%	Até 50%	Até 75%	100%
Nota atribuída		Princípios		
NOTA 0	0%	1 - Reduzir parcelas de atividades que não agregam valor		
NOTA 2	66,6%	2 - Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente		
NOTA 2	75,0%	3 - Reduzir a variabilidade		
NOTA 1	50,0%	4 - Reduzir o tempo de ciclo da produção		
NOTA 2	66,6%	5 - Simplificar através da redução do número de passos ou partes		
NOTA 3	100,0%	6 - Aumentar flexibilidade de saída		
NOTA 1	50,0%	7 - Aumentar transparência do processo		
NOTA 1	33,3%	8 - Focar o controle no processo global		
NOTA 1	25,0%	9 - Introduzir melhoria contínua no processo		
NOTA 1	33,3%	10 - Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões		
NOTA 1	33,3%	11 - Benchmarking		

Figura 4: Resultados obtidos na Ficha de Avaliação da Lean Construction.

Fonte: Os autores (2016).

Nível da Lean Construction aplicada	Classificação	Diagnóstico
De 26% a 50%	Intermediário	De maneira geral metades das especificações foram atendidas, porém ainda podem haver pontos falhos que podem prejudicar o fluxo. Já é possível perceber alguns benefícios da LC, mas em pequena escala. Ainda deve-se buscar medidas para aumentar o nível de aplicação da filosofia.

Figura 5: Diagnóstico do Estudo de Caso.

Fonte: Os autores (2016).

Foram escolhidos estes conceitos por causa dos seus respectivos potenciais de melhoria, apesar de existirem diferentes níveis de dificuldade em sua implementação. Por exemplo, o balanceamento de fluxo e conversão, que necessitaria de uma reorganização estrutural da linha de produção e engenharia aplicada.

## 4.2 Análises dos sete desperdícios

Após da realização de uma pesquisa de campo, por meio de uma visita técnica e observação direta da linha de produção, foi possível identificar os processos-chave da empresa x e os desperdícios a eles relacionados. A partir da observação direta do fluxo de material foi realizado um diagnóstico dos sete desperdícios.

- a) **Perda por espera ou tempo ocioso:** Foi diagnosticada em toda linha produtiva a perda por espera já que todas as etapas de produção demandam tempo de preparo para fabricação das peças. Cada processo requer uma demanda de mão de obra para alinhar os equipamentos, procedimento que é realizado manualmente. O layout

Princípios	Potencial de Melhoria (%)
1 - Reduzir parcelas de atividades que não agregam valor	100%
2 - Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente	33%
3 - Reduzir a variabilidade	25%
4 - Reduzir o tempo de ciclo da produção	50%
5 - Simplificar através da redução do número de passos ou partes	33%
6 - Aumentar flexibilidade de saída	0%
7 - Aumentar transparência do processo	50%
8 - Focar o controle no processo global	67%
9 - Introduzir melhoria contínua no processo	75%
10 - Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões	67%
11 - Benchmarking	67%

**Figura 6: Potencial de melhoria para cada conceito avaliado.**

Fonte: Os Autores (2016).

em linha também favorece para o aumento desta perda já que torna inviável execução paralela das principais atividades que envolvem a produção do pré-moldado. Também, caso essa sequência de produção tiver que ser interrompida, por exemplo, pela quebra de uma máquina ou equipamento, poderá ser diagnosticado mais um agravante para perda por espera ou tempo ocioso, mesmo que haja a possibilidade de remanejamento de equipes de trabalho para outras áreas de produção.

**b) Perda por movimentação de pessoas:** Apesar do fluxo de matérias ser claro, devido ao layout em linha, a extensão do maquinário disposto e ruídos causados pela execução desses equipamentos, a comunicação e transmissão de informações entre setores é precária, muitas vezes os operários precisam se deslocar do começo ao fim da linha de produção para passar o relatório aos outros colaboradores.

Em meio a todo esse caminho, o trabalhador ainda encontra obstáculos causados pela má distribuição dos equipamentos, ocasionada pela ausência do estudo de um layout ideal.

Por fim ainda é observado o problema ocasionado pela perda de ferramentas, apesar de exis-

tirem locais sinalizados para estocagem de equipamentos, mais uma vez a falta de procedimentos operacionais padrão bem definidos levam armazenar essas ferramentas em locais inapropriados. Isso implica em mais tempo e movimentação ociosa no processo.

**c) Perda por excesso**

**de processamento:** Não há excesso de processamento, porque as etapas de produção são bem definidas junto com o detalhamento do projeto e especificações do cliente, antes da geração da ordem de serviço. Não existem muitas variações na composição do produto final, pois basicamente todas as peças levam os mesmos insumos em sua composição, além de serem inspecionadas por um setor de qualidade.

**d) Perda por estoque ou inventário:** Foram observados estoques intermediários em dois processos da empresa x, porém com relações distintas. Na armação, onde é feito o corte e a dobra do ferro, verificou-se um excesso de produção por prevenção. Isso ocorre devido ao fato de haver apenas manutenção corretiva das máquinas junto ao *lead time* de um dia entre cada processo. Dessa forma, é produzido um estoque de dois dias, com o intuito de manter o fluxo produtivo até que o equipamento seja reparado em caso da ocorrência de problemas como a quebra da máquina de corte ou dobra.

Na finalização também foi diagnosticado a existência de um estoque intermediário causado pela falta de mão de obra no setor. Hoje

em dia, a finalização é realizada com metade da mão de obra ideal para que não houvesse quebras no fluxo produtivo.

Este processo é totalmente manual, demanda um tempo de preparo bem curto (aproximadamente vinte minutos) com o transporte das peças e posicionamento das ferramentas, porém o tempo de processamento equivale ao resto das horas disponíveis de trabalho diário.

Em algumas situações, após o término da concretagem, o lote de produção do dia anterior ainda está sendo processado na finalização, pois dependendo da especificação do cliente, as peças precisam ser modificadas e acabadas de forma mais detalhada, acarretando em um alto tempo de processamento. É válido ressaltar que nesses casos as peças que ainda precisam passar pelo último processo são estocadas junto às peças prontas, gerando mais perdas, com movimentações desnecessárias e que não agregam valor ao produto. Existe ainda mais um estoque intermediário de peças prontas que são estocadas no final da linha, aguardando o término total da OS que está sendo fabricada.

e) **Perda por transporte:** O transporte é uma perda necessária, mesmo sendo algo que o cliente não esteja disposto a pagar, porém é parte essencial para manutenção do fluxo de materiais em todos os processos estudados. Este é realizado por uma ponte suspensa que transporta o pré-fabricado entre toda a linha produtiva. Nesse caso, faz-se alerta ao processo de finalização, o qual se apresentou em algumas situações de transporte como sendo totalmente desnecessário. Um exemplo é quando as peças processadas na área de concretagem eram estocadas junto às peças prontas, pelo fato do processo gargalo (finalização) estar com peças do lote anterior.

f) **Perda por excesso de produção:** Não há perdas por superprodução, pois o gatilho é disparado apenas quando uma ordem de serviço é devidamente analisada pela área de projetos e assinada pelo cliente, logo em seguida é realizado o planejamento pelo controle de produção que inicia a fabricação das peças.

A empresa trabalha com um sistema puxado, realizando a produção apenas a partir de uma demanda gerada pelo cliente, o que evita ao máximo o estoque do produto final.

Percebe-se uma tentativa inicial de implementação da filosofia JIT, pois há uma busca em trabalhar com o estoque zero, porém devido ao tamanho da obra e o alto prazo de entrega, isso atualmente se torna inviável.

g) **Perda por retrabalho:** Existe o retrabalho nas três etapas de fabricação do pré-moldado, isto ocorre principalmente devido à baixa automatização das máquinas. Praticamente todo o processo é preparado e executado manualmente, o que eleva a margem de erro no decorrer da produção. Além disto, foi observada a falta de dispositivos e ferramentas *poka yoke*, o que por vezes acarreta em retrabalho e conseqüentemente em custos desnecessários e redução da produtividade total.

Outro ponto que deve ser considerado é a falta de padronização operacional: os operadores têm o conhecimento do que deve ser feito, porém não seguem um procedimento pré-estabelecido e bem definido, logo as chances de crescimento de variabilidade são maiores, reduzindo assim a qualidade final do produto.

### 4.3 Sugestões de melhoria

Estabelecer procedimentos padrões que busquem a redução da variabilidade do processo, mantendo o produto dentro dos limites especificados pelo cliente, são requisitos básicos para que a

empresa se mantenha ativa no mercado e de forma competitiva. Para isso, foi realizado o estudo na empresa x com o objetivo de identificar todos os desperdícios envolvidos na produção do pré-moldado e propor sugestões de melhorias baseadas no pensamento enxuto, as quais fossem capazes de alcançar os seguintes resultados:

- Reduzir fluxo físico na linha de produção;
- Criar procedimentos operacionais padrão para os processos;
- Diminuir estoques;
- Diminuir o tempo de lead time;
- Facilitar recebimento e armazenagem de materiais;
- Trabalhar com previsão de demanda e produção puxada;
- Incorporar a firmação de parcerias com fornecedores.

Para o estudo de caso, utilizou-se como base o nível de aplicação da filosofia atribuído à empresa com o preenchimento da ficha de avaliação dos parâmetros de *Lean Construction* e análise dos sete desperdícios na produção. Após o resultado final da análise, foi criado um indicador que calculava a porcentagem do potencial de melhoria do princípio em relação a sua aplicação atual. No total foram escolhidos 5 dos 11 que obtiveram resultado acima de 50% no cálculo do indicador para sofrerem inicialmente as propostas de melhorias, que são:

i. Reduzir parcelas de atividades que não agregam valor

Após a análise dos dados, constatou-se a ausência de um arranjo físico da linha de produção, na forma de layout. Portanto, determinar locais e procedimentos padrão para recebimento, descarga de insumos e armazenagem de matéria prima, facilita a logística reduzindo movimentações desnecessárias.

Baseado no pressuposto que fluxos mais bem definidos geram melhores conversões, o desenvolvimento de gráficos que mostrem a disposição de equipamentos na linha poderá auxiliar a produtividade dos processos e minimizar os desperdícios.

Ainda relacionado a este princípio, sugere-se a aplicação de mapa de fluxo de valor, o qual possui a finalidade de visualizar as atividades referentes aos processos feitos diretamente na linha, analisando o fluxo produtivo e o fluxo de informações (Isatto, Formoso, De Cesare, Hirota & Alves, 2000). A partir da retratação no mapa do estado atual, tem-se a visão geral do processo, o que facilita a percepção de falhas no fluxo de fabricação e identificação de perdas.

ii. Focar o controle no processo global

Segundo os parâmetros avaliados neste princípio, uma maneira de elevar seu nível de aplicação seria a realização de parcerias com os fornecedores de matéria prima. Por exemplo, logo após a finalização da ordem de serviço pelo encarregado de projetos e assinatura do cliente, sinalizando o início da programação da produção, a OS poderia ser enviada diretamente ao fornecedor, com as especificações de quantidade de aço que será utilizado no projeto, as variações no tamanho de corte do aço e dobras necessárias para os “esqueletos” das peças que serão processadas. Com isso a etapa de armação poderia vir a ser eliminada. Isso libera a mão de obra para as demais tarefas do processo produtivo e gera uma redução no lead time e uma menor quantidade de insumos estocados, o que origina mais custos com a manutenção desse estoque. Esses custos na maior parte das vezes não são contabilizados. Seguindo a mesma lógica de redução, poderia ser implantado o princípio da programação

puxada para a emissão de OS. Isso integraria os setores de PCP e logística de maneira que poderiam ser feitas entregas parciais das peças no local de montagem do barracão em datas pré-agendadas com o intuito de reduzir o estoque parcial de peças prontas.

### iii. Buscar melhoria contínua no processo

Visando a busca pelo *kaizen*, sugere-se a aplicação de ferramentas que aumentem a transparência do processo. Outro procedimento que pode ser adotado é a realização da bonificação dos funcionários com base na meritocracia, ou seja, o trabalhador ou equipe que atingisse uma determinada meta estabelecida pela diretoria receberia ao final do mês um bônus.

Em relação aos processos manuais que contribuem para o aumento da variabilidade, sugere-se a aplicação de outra ferramenta da manufatura enxuta: o *Poka Yoke*. Esse é um dispositivo a prova de erros e elimina a possibilidade de perdas e custos desnecessários com retrabalhos. Por exemplo, no setor de concretagem é possível aplicar esta ferramenta nos equipamentos de molde das peças, em particular nos grampos de fechamento dos moldes, de modo que o operador sempre repita as operações necessárias da mesma forma. Por fim, realizar ações preventivas nos equipamentos, evitando assim a interrupção do fluxo, com a quebra do maquinário.

### iv. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões

Encontrar melhorias para as atividades de fluxo e conversões pode reduzir os custos que não agregam valor ao produto e elevar sua qualidade final. Fazer a análise detalhada deste princípio se torna essencial, a partir do momento que seu pleno funcionamento pode indicar o início de uma relação de ganha-ga-

nha entre empresa e seus consumidores, ou seja, a empresa diminui seus custos e o cliente consome um produto melhor.

Portanto, para implementação deste conceito, todo o processo produtivo deve estar bem desenhado. Logo, é necessário mapear todo o fluxo produtivo. Além disso, devem-se estabelecer procedimentos operacionais padrão para os funcionários em todos os processos de cada um dos setores.

Um próximo passo é a busca por inovações. Isso que requer uma visão do ambiente externo ligado à empresa e um o estudo de oportunidades. Uma das formas de se obter esta visão é através do benchmarking.

### v. Realização de Benchmarking;

Primeiramente, para que esta prática seja parte da rotina da empresa, faz-se necessário um bom funcionamento dos princípios anteriormente citados, porque segundo Isatto et al. (2000) o primeiro passo desse conceito é ter o conhecimento pleno dos próprios processos da empresa e a partir disso estabelecer um objetivo claro.

Uma sugestão é que empresa faça parte de associações entre empresas que atuam no mesmo ramo, com a finalidade de facilitar a busca por informações. Dessa maneira podem ser feitas comparações entre os processos estudados, adaptando estas novas ideias com o propósito de crescimento no mercado, tornando a empresa cada vez mais competitiva.

## 5 Conclusão e recomendações

Estudar a aplicação dos conceitos da *Lean Construction* em uma empresa do setor de cons-

trução civil pode trazer benefícios relevantes e significativos de otimização da produção. Porém, para executar de forma efetiva os princípios da Construção Enxuta, é imprescindível que haja um conhecimento prévio ligado ao planejamento e gestão da produção.

Para isso, realizar primeiramente uma caracterização com base no desempenho da empresa em relação aos princípios da *Lean Constuction*, obtida através da ficha de avaliação e coleta de dados relacionados ao processo produtivo, foi essencial para determinar o grau de maturidade da aplicação da filosofia na empresa x.

Para compreensão da política de planejamento e gestão da produção existente, fez-se uso da observação direta com o intuito analítico de mostrar de que maneira cada princípio era aplicado em seu próprio ambiente de trabalho. O cenário atual foi retratado com base na coleta de dados através de observação direta e aplicação de questionário. Desse modo, foi possível transcrever as constatações que auxiliaram na compreensão dos aspectos falhos na empresa estudada. A comprovação dos dados coletados foi alcançada com êxito na etapa de diagnóstico, essa foi suficiente para traduzir objetivamente os princípios que deveriam sofrer interferência e que ao mesmo tempo possuíam maiores potenciais de melhoria.

No caso da empresa estudada, cinco princípios que foram avaliados no indicador de potencial de melhoria, com escore em mais de 50%, deveriam receber maior atenção. Para tal, desenvolveu-se uma proposta de sugestões de melhorias.

O resultado dessas sugestões mostra que a empresa, para atingir um melhor nível de aplicação da filosofia da Construção Enxuta, deve melhorar o controle sobre seu processo com a criação de um mapa do fluxo de valor e procedimentos operacionais padrão para processos como armazenagem e recebimento de materiais. A empresa x deve aplicar também ferramentas da manufatura enxuta com o

objetivo de ter maior transparência de toda linha produtiva e redução da variabilidade.

Conclui-se então que o objetivo deste artigo foi alcançado e é possível afirmar que no que se refere à filosofia *lean* a aplicação em empresas da construção civil pode ser dada através de práticas que envolvam o planejamento e a gestão da produção. Isso não necessariamente que ocorram grandes investimentos tecnológicos da empresa x para reduzir e eliminar os desperdícios encontrados.

A metodologia desenvolvida foi aplicada com a intenção de promover debates e questionamentos visando ajustar a aplicação dos princípios da Construção Enxuta de acordo com as necessidades do ambiente de trabalho estudado único e que possui suas particularidades. Portanto, compete ressaltar que as ferramentas utilizadas nesta pesquisa foram adotadas porque se enquadravam ao escopo de atuação que se pretendia agir e de maneira alguma se deve generalizar a aplicação da *Lean Construction* como sendo somente a utilização exclusiva dessas ferramentas. O estudo e a utilização de outras ferramentas poderão enriquecer o conteúdo de trabalhos futuros.

Sugere-se que outras empresas do ramo sejam observadas, avaliadas e diagnosticadas. Só assim será possível conhecer o nível de maturidade *lean* que vem sendo adotado e compreender se o mesmo já está sendo consolidado.

## Referências

- Aziz, R.F., & Hafez; S.H. (2013). Applying lean thinking in construction and performance Improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52, 679-695.
- Badukale, P. A., & Sabihuddin, S. (2014). Line of Balance. *International Journal Of Modern Engineering Research*, 4, 45-47.
- Ballard, G. (2005, July). Construction: one type of production system. *Proceedings of International Group for Lean Construction*, Sydney, Australia, 13.

- Ballard, G. (2000). *The last planner™ system of production control*. Ph.D Thesis, School of Civil Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, England.
- Barros Neto, J. P., & Nobre, J. A. N. (2009). O processo de desenvolvimento de produto imobiliário: estudo exploratório em uma incorporadora. *Produção*, 19(1), 87- 104.
- Bernardes, M. *Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil*. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- Cabrera, A. G., Pulido, N. Q., & Díaz, J.O.A. (2015). Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio. *Ingeniería y Ciencia*, 11(21), 157-175.
- Etges, B. (2012). *Protocolo de Auditoria do Uso de Práticas da Construção Enxuta*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Isatto, E. L., Formoso, C. T., De Cesare, C. M., Hirota, E. H. & Alves, T. C. L. (2000). *Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. Porto Alegre, SEBRAE/RS.
- Jørgensen, B., & Emmitt, S. (2008). Lost in transition: The transfer of lean manufacturing to Construction Engineering, *Construction and Architectural Management*, 15(4), 383 – 398.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*, Palo Alto, California, USA, Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Doctor of Technology Thesis, Technical Research Center of Finland, Helsinki, Finland.
- Koskela, L., Dave, B., Framling, K., & Kubler, S. (2016). Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. *Automation in Construction*, 61, 87-96.
- Kurek, J., Pandolfo, A., Brandli, L. L., & Pandolfo, L. M. (2006). *Aplicação dos princípios lean ao setor de edificações*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, Editora UPF.
- Liker, J. & Meier, D. (2007). *Modelo Toyota - Manual de Aplicação: Um Guia Prático Para a Implementação dos 4Ps da Toyota*. Porto Alegre: Bookman.
- Locatelli, G., Mancini, M., Gastaldo, G., & Mazza, F. (2013). Improving projects performance with lean construction: State of the art, applicability and impacts. *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*, 5(Special), 775-783.
- Mariz, R. N., & Picchi, F. A. (2013). Método para aplicação do trabalho padronizado. *Ambiente Construído*, 13(3), 7-27.
- Paez, O., Salem, S., Solomon, J., & Genaidy, A. (2005). Moving from lean manufacturing to lean construction: Toward a common sociotechnological framework. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries*, 15(2), 233-245.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Wankarah, I. (2006). Lean Construction: From Theory to Implementation. *ASCE, Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168-175.
- Santos, A. B., & Martins, M. F. (2003). A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção*, 1(1), 1-14.
- Valor Econômico. (2016). *Confiança da construção atinge maior nível em agosto, aponta FGV*. Recuperado em 29 agosto, 2016, de <http://www.valor.com.br/brasil/4688237/confianca-da-construcao-atinge-maior-nivel-em-agosto-aponta-fgv>
- Wu, C., & Barnes, D. (2016). An integrated model for green partner selection and supply chain construction. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2114-2132.

Recebido em 28 jan. 2017 / aprovado em 21 mar. 2017

**Para referenciar este texto**

Nery, V. F. S. O., Zattar, I. C., & Oliveira, V. O. Aplicação da Filosofia Lean Construction no Processo Produtivo de uma Empresa do Setor de Construção Civil. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 77-89, 2017.

