

Análise da relação entre os princípios de movimentação e armazenagem e os princípios lean: três casos em empresas de construção civil

Analysis of the relation between the principles of movement and storage and lean principles: three cases in construction companies

Denise Alves Leal* – denisealvesleal1@gmail.com
Vanessa Ribeiro Campos* – vanessa.campos@ufc.br

*Universidade Federal do Ceará – (UFC), Fortaleza, CE

Article History:

Submitted: 2018 - 02 - 14

Revised: 2018 - 03 - 08

Accepted: 2018 - 03 - 09

Resumo: A produtividade da indústria da construção civil é severamente impactada pela falta de ações que promovam a melhoria de processos de movimentação e armazenagem de canteiros de obras. Pesquisas nessa área tornam-se, portanto, necessárias uma vez que o aprimoramento dos processos de produção convergem para a otimização do sistema construtivo. A assimilação da filosofia *lean* em canteiros de obra tem-se mostrado eficiente para atingir tal objetivo. Com efeito, essa pesquisa tem como objetivo avaliar, por meio três casos em empresas de construção civil, na cidade de Fortaleza, a aplicação dos princípios de movimentação e armazenagem de materiais aliados com a prática *lean*. Os casos mostram as principais práticas de logística em canteiros de obras em empresas de edificações que possuem níveis diferenciados de maturidade quanto à aplicação de práticas *lean*. O produto da pesquisa é o resultado da aplicação de um *check list* considerando os aspectos de transporte, alocação de materiais, movimentação e bem-estar dos operários. Os resultados apontaram a existência de uma proporcionalidade entre a prática *lean* e o cumprimento de tais princípios. A listagem de práticas necessárias nos canteiros de obras analisado permite a melhor identificação dos aspectos passíveis de melhorias por parte dos gestores e funcionários. Ademais, o atendimento aos princípios de armazenagem e movimentação impactam diretamente na produtividade das empresas sem necessariamente representar grandes aumentos de custos do empreendimento.

Palavras-chave: logística; construção enxuta; gestão de canteiros; produtividade; edificações.

Abstract: The construction industry productivity has been severely affected by the lack of actions that promote the improvement of activities related to the processes of movement and storage. Researches in this area become necessary, as improvements of such sub activities converge to the optimization of the process. The use of lean philosophy in construction sites has proven to be efficient in achieving this goal. This study aimed to evaluate the relationship between lean practice maturity in three construction companies in the city of Fortaleza, Ceará, and their compliance with several principles regarding movement and storage. For that, a checklist was applied considering aspects such as transportation and material allocation, movement and well-being of the workers. It was verified that the results point to the existence of a proportionality between the lean practice and the fulfillment of these principles. The listing of relevant practices also allowed to better identifying the potential for improvement by managers and employees. In addition, the compliance with these principles is capable of significantly impact the productivity of the company without necessarily representing large increases in the costs of the enterprise.

Keywords: logistic; lean construction; site management; productivity; building construction.

1. Introdução

A Indústria da Construção Civil (ICC) consiste em um setor de grande impacto na economia do Brasil ,pois representa 5,6% do Produto Interno Bruto brasileiro (CBIC, 2017). Apesar de sua importância, nota-se considerável negligência, na gestão da construção civil, com relação aos desperdícios gerados no seu processo de manufatura, o que tem impacto direto sobre a produtividade (Vieira, 2006). Pode-se afirmar que a ICC se configura entre os setores com menor índice de produtividade e apresenta desempenho inferior à indústria de transformação (Saurin; Formoso, 2006). Além disso, apesar da importância econômica e do número elevado de empregos gerados pelo setor, a ICC é responsável por elevados impactos ambientais, sociais e econômicos. O setor se caracteriza como um dos que mais consomem recursos naturais, desde a produção dos insumos até a execução da obra e sua operação ao longo da vida útil da edificação. O Conselho Internacional da Construção estima que, mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas, sejam provenientes da construção civil (CBIC, 2017).

Durante muitos anos, o foco da ICC foi o aprimoramento das atividades de conversão, que constituem a modificação na forma ou substância de um material, em detrimento das atividades relacionadas ao processo, tais como transporte e estoque (Koskela, 2000). As atividades de movimentação e armazenagem constituem ramificações de um processo global de transformação. A visualização do desmembramento do processo de produção em subatividades leva à dedução de que a melhoria do todo pode ser atingida pela melhoria de suas partes (Alves, 2000). Em decorrência, o planejamento adequado dessas micro operações converge para a otimização do desempenho do processo por meio da redução dos tempos de operação, atividades de espera e de transporte (Sales *et al.*, 2004).

Tendo em vista a necessidade de melhoria no desempenho na construção civil, a utilização de diretrizes no planejamento das atividades constitui uma saída para a diminuição de falhas, maior segurança e saúde para os membros da equipe, além de melhor qualidade, tempo e custos totais (Silva, 2000). Com efeito, surgem atrasos e problemas que podem ser evitados com um bom planejamento e controle efetivo das unidades produtivas. Sabe-se que no setor de edificações, muitas obras são executadas sem planejamento de execução e sem garantia de prazo previamente estabelecido, o que faz demandar urgência no aprimoramento do sistema produtivo.

Um exemplo de filosofia de produção de sucesso, que põe em prática os requisitos citados acima, amplamente difundido no meio da construção civil consiste na *Lean Construction* (Tezel; Nielsen, 2013). Essa filosofia, cuja origem remonta à indústria automobilística, que atualmente se encontra amplamente adaptada na indústria de construção, desempenha papel favorável para o gerenciamento e otimização dos processos. Isso acontece uma vez que os requisitos dos clientes podem ser alcançados pela aplicação dos seus princípios e da sua capacidade de fornecer melhor qualidade (Bajjou *et al.*, 2017).

Por se tratar de uma prática notavelmente sedimentada, a *Lean Construction* é regada de princípios que apresentam estreita relação com as necessidades de otimização das tarefas de transporte e de armazenagem dentro de um canteiro de obras (Alves, 2000). Essa filosofia propõe uma mudança conceitual do paradigma do processo tradicional de produção por meio da aplicação dos onze princípios, interativos entre si, que foram inicialmente apresentados por Koskela (2000). Fundamentos tais como a redução de atividades que não agregam valor, de diminuição do tempo de ciclo, do número de passos e o aumento do foco no controle do processo como um todo, compõem mecanismos que possuem a finalidade de aumentar a produtividade por ações coletivas que visem benefícios à organização (Koskela, 2000; Alpenberg; Scarbrough, 2016).

Em decorrência, essa pesquisa tem como objetivo apresentar três casos em construtoras de edifícios, com a finalidade de relacionar o envolvimento de adequado entre o planejamento e a execução de sistema de movimentação e armazenagem em canteiros de obras. Os resultados da pesquisa mostram a assimilação dos princípios *lean*, ao longo de sua produção, conforme os três casos: empresa sem um sistema formalizado de produção *lean*, empresa com produção *lean* e, finalmente, uma empresa com produção *lean* com auditorias frequentes. A coleta de dados considerou o preenchimento de questionário, desenvolvido por Mota *et al.* (2012), sobre os princípios de movimentação e armazenagem.

O presente artigo está dividido em seis seções, após a introdução, apresenta-se uma revisão bibliográfica da filosofia *Lean Construction* (item 2) assim como os conceitos de movimentação e armazenagem na construção civil (item 3). A descrição da metodologia da pesquisa encontra-se no quarto item do artigo com o detalhamento da formulação do questionário que foi aplicado nas empresas assim com a características destas. O item com os resultados e discussões mostra gráficos e análises referentes a movimentação e armazenagem das três empresas pesquisadas. Ao final têm-se a apresentação das principais conclusões da pesquisa.

2. *Lean construction*

A etapa de execução do empreendimento de construção civil é complexa e com muitas interferências, tais como questões logísticas e de segurança e higiene do trabalho. Com efeito, a organização do canteiro de obra é fundamental para melhorar o processo produtivo, otimizando a ocupação dos espaços, evitando desperdícios de materiais e de tempo. Ainda, com o aumento da competitividade entre as empresas de construção e a necessidade de maior preservação dos recursos naturais, Bajjou *et al.* (2017) argumenta que se tornou crucial a procura por soluções criativas e inovadoras que garantissem melhores costumes de gerenciamento e processos de produção otimizados.

Na visão de Potts (2008), a relação entre os serviços de construção e o ambiente construído, em contrapartida, com a necessidade do desenvolvimento sustentável, é bastante complexa. Muitos dos materiais utilizados na construção civil ainda são primários, visto que não passaram pelo processo de fabricação, com efeito, o setor é responsável pelo consumo expressivo de recursos naturais. Por outro lado, há necessidade constante de crescimento no setor pela importância dos projetos desenvolvidos. Diante de um setor competitivo, no qual os mercados oferecem diferentes tipos de produtos e muitas alternativas de preços, se busca constantemente a melhoria contínua, torna-se também emergente a necessidade de redução de custos das construtoras.

Nesse contexto, em um ambiente em que é necessário atingir as expectativas dos clientes em termos de aumento do valor e redução de todas as formas de resíduos, a filosofia da construção *lean* pode ser considerada uma abordagem importante. Essa ferramenta é capaz de promover mudanças revolucionárias para o setor de construção por gerar melhorias inovadoras nesse setor através do atendimento das expectativas dos clientes, maximização do valor agregado e redução de todas as formas de resíduos.

Melton (2005) ensina que a filosofia *lean* define desperdício como qualquer atividade que não adicione valor ao cliente, seja por excesso de produção, transporte, defeitos ou espera. Nesse sentido, sua produção encontra-se fundamentada em uma gama de conceitos e princípios que buscam eliminar, ao máximo, essas perdas, ao longo do seu processo de produção (Nogueira, 2010). É possível identificar cinco fundamentos que permitem a implementação do pensamento *lean* definidos a seguir por Pinto (2008) e Nogueira (2010):

- ✓ Especificar o valor: o valor de um produto está diretamente ligado ao conceito de qualidade na visão dos clientes e corresponde tudo aquilo que eles consideram

importante em um produto, devendo ser identificado de modo a satisfazer as necessidades do cliente;

- ✓ Identificar e analisar o fluxo de valor: trata-se do conjunto de etapas e ações que, agregando valor ou não, se fazem necessárias para conduzir um produto ao longo do processo produtivo até a obtenção da satisfação dos pedidos dos clientes;
- ✓ Criar fluxo contínuo: consiste na eliminação de qualquer parte do processo que não acrescente valor, tornando-o mais fluido possível;
- ✓ Implementar um sistema *pull*: consiste em produzir apenas aquilo que é necessário quando for necessário, ou seja, um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite;
- ✓ Procurar atingir a perfeição: está fortemente ligado à realização dos demais princípios e baseia-se na completa eliminação dos desperdícios e criação de valor.

Ballard e Howell (1998) explica que a aplicação de tais princípios na construção passou a ocorrer pela percepção da possibilidade de reprodução dos conceitos desenvolvidos na indústria automobilística – criadora do pensamento enxuto – por meio do Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido pelos engenheiros Taichi Ohno e Shigeo Shingo.

Na construção civil, a maioria dos processos e procedimentos concentra-se pela união de muitas tarefas, processos e requisitos, além disso, o setor possui uma excessiva variedade de fatores e aspectos que devem ser levados em consideração. Portanto, é fundamental utilizar um mecanismo apropriado capaz de representar esse cenário complexo (Jato-Espino *et al.*, 2014). Por se tratar de um setor bastante complexo e diversificado, em que são envolvidas diversas variáveis e etapas (Pfaffenzeller *et al.*, 2015), o setor da construção se caracteriza por particularidades bastante distintas do ambiente de manufatura onde o *lean manufacturing* foi desenvolvido e, em função disso, torna-se muito difícil a aplicação direta de ferramentas *lean*, sem que haja adaptações que levem em conta as especificidades do ambiente construtivo (Picchi, 2003).

A reprodução da filosofia *lean*, no ramo da construção civil, ganhou ainda mais reconhecimento científico e prático por meio dos estudos de Koskela (2000) que, em sua tese, sintetizou onze princípios aplicáveis a esta realidade:

- ✓ Redução das atividades que não agregam valor: consiste no controle das atividades que não acrescentam valor ao produto final, em que se faz imprescindível não somente a

implementação de novas propostas que aprimorem o processo de transformação como também que eliminem as perdas de materiais no seu decurso;

- ✓ Aumento do valor do produto em função das necessidades do cliente: por meio da consideração sistemática é possível a geração de valor, contanto que os requisitos do cliente sejam identificados;
- ✓ Redução da variabilidade: por se tratar de não uniformização do produto, causada por fatores como tempo, método de fabricação e variação das especificações, o aumento da variabilidade tende a aumentar o número de atividades que não agregam valor ao produto;
- ✓ Redução do tempo de ciclo de produção: sendo o tempo de ciclo a soma dos períodos (processamento, inspeção, espera e movimentação), deve-se buscar comprimir o tempo disponível através de mecanismos de eliminação de atividades de fluxo;
- ✓ Simplificação pela redução do número de passos ou partes: esse princípio tem como objetivo a facilitação das atividades de modo a evitar que etapas desnecessárias, como transferências ou esperas, frequentes ao longo do processo;
- ✓ Aumento da flexibilidade na execução do produto: esse princípio diz respeito à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes sem aumento significativo de seus custos;
- ✓ Aumento da transparência do processo: constitui uma habilidade de repasse de informações úteis, em que processos tradicionalmente silenciosos passam a se comunicar de forma ativa;
- ✓ Foco no controle do processo global: consiste na otimização do fluxo global do processo através da atribuição de autonomia às equipes de trabalho e cooperação a longo prazo dos fornecedores;
- ✓ Introdução da melhoria contínua no processo: refere-se ao aperfeiçoamento de técnicas, materiais e mão de obra utilizados de modo a reduzir desperdícios e desenvolver continuamente atividades que acrescentam valor;
- ✓ Manutenção do equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: para que exista um equilíbrio entre estes dois aspectos é necessário analisar suas interdependências e elaborar soluções que venham a sincronizar avanços para as duas partes;
- ✓ Realização de benchmarking: pode ser entendido como um processo de investigação do desempenho de processos ou produtos, em que se admitem como padrão aqueles identificados como boas práticas.

No contexto de movimentação e armazenagem dentro do canteiro de obras, o atendimento aos princípios mencionados, como o foco na geração de valor, redução do *lead time*, simplificação dos passos e melhoria nos fluxos, torna-se uma forma de atender às exigências para a melhoria da qualidade e da produtividade da produção (Alves, 2000; Spear; Bowen, 1999).

3. Movimentação e armazenagem

De forma geral, a movimentação e a armazenagem constituem etapas inevitáveis ao longo do processo produtivo de construção, as quais não agregam valor ao seu produto final. Formoso *et al.* (1996) descreve cada uma dessas fases envolve perdas específicas que podem variar de acordo com o momento de incidência e origem específicos. Essas fases encontram-se exemplificadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Caracterização das perdas por movimentação/transporte e estoque

Natureza	Exemplo	Momento de incidência	Origem
Transporte	Duplo manuseio	Recebimento, transporte, produção	Gerência da obra: devido à falha no planejamento de locais de estocagem
Movimentos	Tempo excessivo de deslocamento devido às grandes distâncias entre os postos de trabalho no andar	Produção	Gerência da obra: devido à falta de planejamento da sequência das atividades
Estoque	Deterioração do cimento estocado	Armazenagem	Planejamento: devido à falta de procedimentos referentes às condições adequadas de armazenagem

Fonte: Adaptado de Formoso *et al.* (1996)

De forma específica, as perdas relacionadas à movimentação/transporte ou armazenagem foram melhor caracterizadas por Formoso *et al.* (1996) da seguinte maneira:

- a) Perdas por transporte: normalmente são associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes que podem ser justificados por uma ineficiência na programação das atividades ou pela elaboração inadequada do layout do canteiro de obras. Exemplos desse tipo de perdas consiste no tempo excessivo despendido em transporte devido às distâncias consideráveis entre o estoque e o guincho, na quebra de materiais em virtude de seu duplo manuseio ou na utilização de equipamentos de transporte inadequados.
- b) Perdas nos estoques: esse tipo de perda encontra-se associada à existência de estoques excessivos, em virtude da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros

durante a elaboração do orçamento, os quais podem vir a gerar situações de falta de locais adequados para sua deposição. Tais perdas também podem decorrer da falta de cuidados de armazenagem dos materiais, o que acaba por resultar tanto em perdas de materiais quanto em perdas de capital como, por exemplo, o custo financeiro dos estoques, a deterioração do cimento devido à armazenagem em contato com o solo ou à formação de pilhas mais altas que o estabelecido em norma.

- c) Perdas no movimento: as perdas referentes à movimentação decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores ao longo da execução de suas atividades, podendo ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, pela falta de estudo de *layout* do canteiro de obras e do posto de trabalho, pela falta de equipamentos adequados, entre outros motivos. Podem ser citados como exemplos desse tipo de perda: o tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho em virtude da falta de programação de uma sequência adequada de atividades e esforço excessivo do trabalhador em função de condições ergonômicas desfavoráveis.

Portanto, os sistemas de movimentação e armazenagem representam uma grande capacidade de melhoria dos níveis de produtividade ao ditar o funcionamento harmonioso dos diversos postos de trabalho e devem ser tidos como prioridades por parte da equipe de gerência (Santos, 1995).

3.1. Movimentação

Alves (2000) explica que as movimentações dentro do canteiro envolvem tanto os materiais quanto a mão de obra. No primeiro caso, as atividades de movimentação ocorrem desde a aquisição até a alocação, distribuição e posterior utilização do material nos postos de trabalho. Por outro lado, a movimentação dos operários diz respeito à organização das equipes, designação e sequência de execução das tarefas. Na visão de Santos (1995), a movimentação é considerada uma das atividades de suporte que mais consomem energia, tempo e mão de obra sendo, portanto, prioritária para nos programas de melhorias. Dessa maneira, a existência de transportes em quantidades e distâncias superiores às indispensáveis representam gastos inúteis, uma vez que não agregam valor ao produto final.

3.2. Armazenagem

Notável destaque também deve ser dado ao sistema de estoque dentro dos canteiros de obras, cujo planejamento específico e estabelecimento de diretrizes são essenciais para a boa

prática do processo de produção (Saurin, 1997). Bogado (1998) afirma que as principais perdas com estoque estão associadas à existência de materiais em excesso devido à programação inadequada na entrega ou a erros de orçamento, além de também decorrerem da falta de cuidados no processo de armazenagem.

A definição de local adequado para estocagem, o dimensionamento proporcional à programação da produção e a expedição controlada de materiais constituem aspectos essenciais para o aumento da produtividade da empresa (Santos, 1995). De acordo com Said e El-Rayes (2010), se não forem corretamente planejadas, a aquisição e a armazenagem de materiais podem provocar impactos negativos que vão desde a escassez até o excesso de inventário dentro do campo.

4. Metodologia

Os métodos de pesquisa podem ser divididos, quanto à forma de abordagem, em qualitativos e quantitativos. Sampieri *et al.* (2013) afirmam que o enfoque qualitativo tem a finalidade de coletar dados sem a necessidade de medição numérica para descobrir ou aperfeiçoar as questões de estudo. A pesquisa qualitativa consiste em explorar e descrever o fenômeno. Diante do exposto, classifica-se essa pesquisa como qualitativa pois se procura entender o fenômeno dos princípios *lean* na armazenagem e movimentação em canteiros de obras de edificações.

Essa pesquisa pode também ser classificada como descritiva, pois ela busca descrever as situações presenciadas por meio de visitas técnicas. Buscou-se sempre alinhar os conhecimentos percebidos e confrontá-los com a literatura acadêmica (Marconi; Lakatos, 2004). Conforme a definição de Fellows e Liu (2015) o estudo descritivo tem como propriedade identificar sistematicamente ou registrar todos os elementos do fenômeno, processo ou sistema. Essa identificação ou registro depende de uma perspectiva particular com uma finalidade específica, entretanto essa descrição deve ser de forma objetiva e compreensiva. São tipos de pesquisa descritiva: *survey* ou estudo de caso. A pesquisa é vista como um estudo de caso múltiplo em empresas de edificações, em sequência apresenta-se a descrição das construtoras pesquisadas.

Foram selecionadas três empresas do ramo da construção civil para o estudo, localizadas na cidade de Fortaleza, Ceará. Na escolha das obras analisadas buscou-se obter situações distintas em níveis diferentes de maturidade quanto à aplicação da filosofia *lean*. Essa ação teve como a finalidade permitir a comparação entre cada situação de acordo com o envolvimento

com os princípios de movimentação e armazenagem nos canteiros de obras. A descrição das empresas apresenta-se em sequência.

- a) Empresa 1: essa empresa é responsável pela construção de oito blocos de edifícios residenciais de cinco pavimentos em alvenaria estrutural e não possui qualquer regulamentação de prática *lean*.
- b) Empresa 2: consiste em uma empresa responsável pela construção de dois blocos de edifícios residenciais contendo dezessete pavimentos em concreto armado, além de possuir prática *lean* regulamentada, porém, sem exercer procedimentos de auditoria.
- c) Empresa 3: trata-se de uma empresa responsável pela construção de um edifício comercial de catorze pavimentos em concreto armado e possui tanto práticas *lean* regulamentadas como realiza auditoria a cada dois meses.

A coleta de informações foi realizada por meio do envio de formulário eletrônico aos engenheiros responsáveis pelos empreendimentos selecionados, contendo perguntas acerca da tecnologia construtiva aplicada, da utilização ou não de medidas de produção enxuta e questionamentos referentes aos critérios de movimentação e armazenagem.

Essa pesquisa está inserida no contexto de uma cadeia bastante singular que é complexa que possui impacto significativo na economia e no consumo de recursos naturais. Em decorrência, percebe-se a necessidade de compreender os principais princípios de movimentação e armazenagem em canteiros de obras. Assim, o levantamento de dados empregado no desenvolvimento deste artigo consistiu na aplicação de um *checklist* composto de perguntas objetivas (“sim” ou “não”) em que foi avaliado o cumprimento dos 86 princípios de movimentação e armazenagem (Quadro 2), subdivididos em 8 subcategorias (Mota *et al.*, 2012):

- a) Planejamento e gestão de movimentação: a adoção de práticas simples de planejamento e gerenciamento das atividades para posterior movimentação em canteiros de obras requer pouco ou nenhum custo para a empresa e confere resultados expressivos no que diz respeito à economia de tempo e de materiais. A aplicação desses princípios faz uso da premissa de que o melhor transporte é aquele que não existe, ou seja, deve-se evitar ao máximo a necessidade de transportar;

- b) Cuidados com os caminhos de circulação: deve-se fazer uso de práticas de criação, ampliação ou desobstrução dos trajetos pelos quais circulam as pessoas e cargas de modo a facilitar a movimentação;
- c) Cuidados com o homem como agente da movimentação: o agente responsável pela movimentação deve ser preservado ao máximo, evitando procedimentos que o sobrecarregue utilizando, para isso, meios de operacionalização dos serviços;
- d) Características dos equipamentos de movimentação: este princípio contribui para o cumprimento do princípio anterior, em que se faz o uso de instrumentos que auxiliem na operacionalização do manuseio e transporte de cargas;
- e) Deslocamento e trânsito de pessoas: o emprego desses princípios visa a maior precisão e segurança no tráfego de funcionários e visitantes dentro dos limites do canteiro de obras;
- f) Planejamento e gestão da armazenagem: o emprego de princípios de planejamento e gestão no setor de armazenagem pela adoção de práticas simples e acessíveis, procedimento essencial com a finalidade de tornar o empreendimento o mais eficiente possível;
- g) Cuidados com o ambiente de armazenagem: as áreas do canteiro destinadas à armazenagem dos materiais devem dispor de estrutura necessária para a manutenção e segurança dos insumos;
- h) Cuidados com os insumos: por demandarem considerável parcela dos investimentos de um empreendimento, torna-se necessário ter cuidado significativo com os insumos armazenados, para que estes sejam devidamente condicionados de modo a preservarem suas propriedades geométricas e físico-químicas, além de evitar desperdícios e danos.

Quadro 2 – Princípios de movimentação e armazenagem avaliados no estudo

Movimentação	Armazenagem
<p>Princípios sobre planejamento e gestão da movimentação:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diminuir as distâncias de transporte de materiais ("não transportar"); ✓ Andar em linha reta; ✓ Não subir e nem descer; ✓ Utilizar rampas com inclinação adequada; ✓ Diminuir a distância entre a área de estoque e o posto de trabalho; ✓ Entregar os materiais diretamente no local de trabalho ou de armazenagem; ✓ Entregar os materiais na quantidade exata demandada; ✓ Visitar e preparar a área de recepção dos materiais; ✓ Dispor os materiais na sequência correta de utilização; ✓ Não empilhar materiais diferentes ou obstruir o acesso de uns pelos outros; ✓ Indicar um caminho único entre um ponto "a" e "b"; ✓ Planejar o caminho de ida e de volta; ✓ Planejar o uso de carga de retorno; ✓ Colocar cargas em plataformas e depois transportar; ✓ Movimentar fazendo uso de gravidade; ✓ Travar, amarrar, cintar e contrafiar os materiais que possam se movimentar durante o transporte; ✓ Transportar somente quando o kit dos materiais estiver pronto; ✓ Desenhar o fluxo dos materiais em obra através de um mapofluxograma; ✓ Considerar as atividades de transporte na etapa do plano de médio prazo (<i>lookhead planning</i>); ✓ Eliminar as restrições motivadas pela falta de capacidade do sistema de transporte; ✓ Conhecer os aspectos do produto a ser transportado, a exemplo do volume, da quantidade, do peso e sua fragilidade; ✓ Ter acesso à obra por toda sua frente; ✓ Manter e transportar os materiais nas embalagens originais; ✓ Proteger o material a ser transportado; ✓ Manter em obra ferramentas simples para o conserto e a manutenção dos equipamentos de transporte; ✓ Manter a obra limpa; ✓ Criar um endereço para o destino do material transportado; ✓ Garantir espaço para o não cruzamento de fluxos de ida e retorno. 	<p>Princípios sobre planejamento e gestão da armazenagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Não utilizar a obra como armazenagem de si mesma; ✓ Utilizar o espaço tridimensional para armazenamento; ✓ Armazenar junto ao fabricante e fazer a entrega <i>just in time</i>; ✓ Garantir o acesso a qualquer momento pelos quatro lados da pilha; ✓ Utilizar um depósito central e fazer as entregas na obra em pequenos caminhões; ✓ Não utilizar o chão diretamente para armazenagem; ✓ Garantir a localização visual de materiais; ✓ Separar quanto à cor, à dimensão e ao tipo. <p>Princípios sobre cuidados com o ambiente de armazenagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Iluminar os locais de armazenagem; ✓ Ventilar o local de armazenagem; ✓ Drenar o entorno do local de armazenagem; ✓ Garantir soleiras nos depósitos; ✓ Colocar as áreas de armazenagem em partes elevadas dos canteiros; ✓ Manter equipamentos de controle de incêndio. <p>Princípios sobre cuidados com os insumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Evitar encostar o material em paredes sujeitas à ação da umidade; ✓ Colocar contenções laterais em depósitos de materiais granulares (baías); ✓ Empilhar o material sobre bases previamente preparadas; ✓ Garantir a rotação dos materiais; ✓ Observar as datas de validade dos insumos; ✓ Evitar danificar o material na base por excesso de peso; ✓ Manter as ferramentas e os materiais de maior valor protegidos contra furto; ✓ Evitar o desaprumo das pilhas; ✓ Evitar pilhas altas; ✓ Contrafiar as pilhas.

Princípios sobre cuidados com os caminhos de circulação:

- ✓ Criar corredores e ruas de transporte;
- ✓ Pavimentar, drenar e iluminar previamente os caminhos de transporte;
- ✓ Não prejudicar o trânsito de veículos e pedestres durante o descarregamento dos produtos;
- ✓ Eliminar as restrições causadas por obstáculos ao livre fluxo de transporte;
- ✓ Garantir amplo espaço de circulação em volta dos locais de armazenagem;
- ✓ Proteger a obra ao longo do caminho de circulação;
- ✓ Isolar a área de movimentação de materiais.

Princípios sobre cuidados com o homem como agente da movimentação:

- ✓ Avaliar a carga antes da movimentação;
- ✓ Substituir o esforço humano por equipamentos ou máquinas simples;
- ✓ Empurrar ao invés de puxar;
- ✓ Transportar pesos adequados à capacidade humana;
- ✓ Transportar a máxima quantidade de cada vez;
- ✓ Utilizar a mão como um todo para empunhar materiais;
- ✓ Prover uma pega adequada;
- ✓ Usar os braços estendidos;
- ✓ Facilitar a carga e a descarga;
- ✓ Colocar as cargas em equilíbrio e simétricas em relação ao corpo;
- ✓ Colocar a carga sobre os ombros ou sobre a cabeça.

Princípios sobre características dos equipamentos de movimentação:

- ✓ Utilizar equipamentos flexíveis que possam ser adaptados a vários tipos de materiais;
- ✓ Fazer uso de equipamentos que não requeiram esforço para seu equilíbrio;
- ✓ Utilizar equipamentos estáveis e que evitem oscilações bruscas;
- ✓ Prover dispositivos de trava;
- ✓ Usar equipamentos leves e com baixo peso próprio;
- ✓ Calibrar os pneus;
- ✓ Utilizar o maior tamanho de roda possível;
- ✓ Fazer uso de rodas leves.

Princípios sobre deslocamento e trânsito de pessoas:

- ✓ Criar banheiro, ferramentaria e local para descanso próximo à área de trabalho;
- ✓ Criar corredores de acesso para funcionários, visitantes, clientes e fornecedores;
- ✓ Dar direções e identificar locais na obra;
- ✓ Isolar as áreas que não estejam sendo trabalhadas;

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabalhar em equipes e aproximar as frentes de trabalho; ✓ Indicar os locais onde está havendo trabalho; ✓ Diminuir o número de visitas em cada local de trabalho; ✓ Examinar as condições de trabalho do próximo local de atividades. 	
---	--

Fonte: Mota (2009)

Após finalizada esta etapa, foram analisados os dados obtidos com o intuito de relacionar a utilização da filosofia *lean* com a prática dos princípios de movimentação e armazenagem. As respostas positivas aferidas, a partir do questionário, possibilitaram a quantificação, em forma de porcentagem, do grau de envolvimento de cada empresa com tais princípios. A análise final desses dados permitiu a elaboração de gráficos facilitadores de uma melhor visualização da proporcionalidade existente entre os fatores estudados como agentes avaliadores da produtividade final do empreendimento.

5. Resultados e discussões

Após a aquisição dos dados e a elaboração dos gráficos, de acordo com o comportamento de cada empresa, percebe-se uma tendência de crescimento do comprometimento com os princípios de movimentação e armazenagem, tanto para as subcategorias elencadas em seção anterior quanto para seu resultado final, à medida em que a implantação da filosofia *lean* se torna mais efetiva no processo produtivo.

Os resultados apresentados no Quadro 3 apontam que os cuidados com os caminhos de circulação representam a subcategoria mais negligenciada no que tange a medidas básicas como a desobstrução de passagem para veículos e pedestres durante o descarregamento dos produtos e o isolamento de áreas para a movimentação de materiais, apresentando apenas 62% de cumprimento das diretrizes de movimentação contidas no Quadro 2.

Na sequência, encontra-se a subcategoria de deslocamento e trânsito de pessoas, totalizando 75% do atendimento aos princípios, seguida do planejamento e gestão da movimentação e das características dos equipamentos de movimentação, com 79%. Pode-se afirmar que a falta de planejamento, mesmo quando não é tão expressiva, acaba por influenciar, de forma mais expressiva, os outros pontos referentes à movimentação. Finalmente, os cuidados com o homem, como agente da movimentação, ocuparam posição de destaque. Isso demonstra considerável preocupação com a movimentação dentro das três empresas analisadas, apresentando percentuais entre 82% e 100% de cumprimento de metas.

Com relação ao quesito Armazenagem, também apresentado no Quadro 3, percebe-se considerável falha no momento do planejamento de ações que visem a otimização dos estoques formados. Isso corresponde a apenas 63% dos requisitos exigidos para uma adequada gestão. Apesar das falhas no momento do planejamento, é possível notar que não houve graves consequências negativas para as demais áreas, conforme apontado no Quadro 3. As principais fraquezas registradas pelas empresas correspondem à utilização do local da obra como armazenagem de si mesma, à forma pouco eficiente de acesso às pilhas de materiais e à não utilização de depósitos centrais que facilitem as entregas na obra fazendo uso de pequenos caminhos.

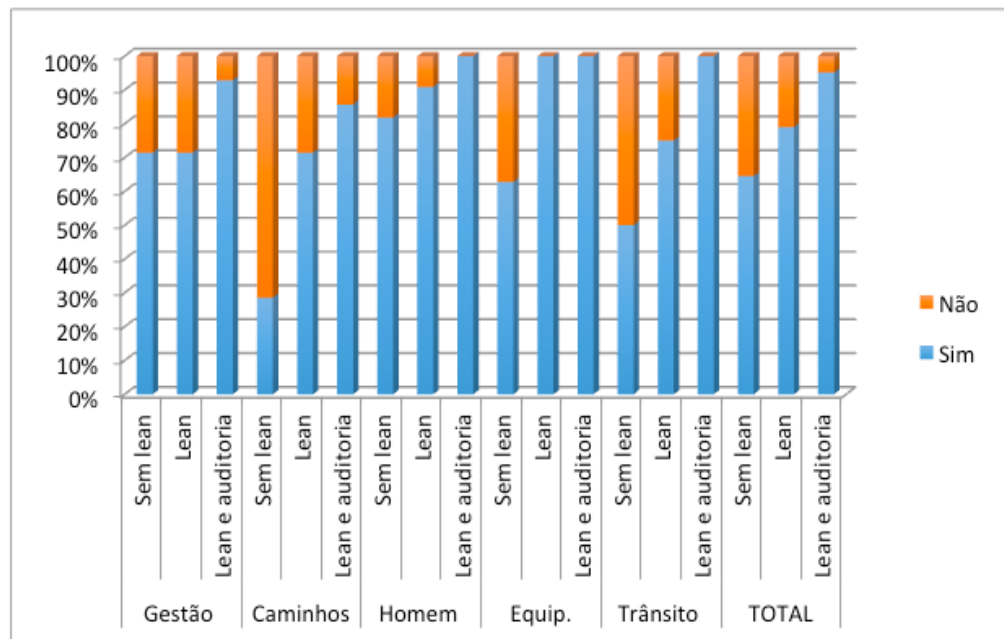
Quadro 3 – Atendimento às subcategorias listadas

Princípios de Movimentação	Porcentagem de Conformidade
Princípios sobre cuidados com os caminhos de circulação	62%
Princípios sobre deslocamento e trânsito de pessoas	75%
Princípios sobre planejamento e gestão da movimentação	79%
Princípios sobre características dos equipamentos de movimentação	88%
Princípios sobre cuidados com o homem como agente da movimentação	91%
Princípios de Armazenagem	Porcentagem de Conformidade
Princípios sobre planejamento e gestão da armazenagem	63%
Princípios sobre cuidados com o ambiente de armazenagem	83%
Princípios sobre cuidados com os insumos	93%

Fonte: Autores (2018)

A partir da análise do quesito movimentação, levando-se em consideração a relação das três empresas entre si, percebe-se que a Empresa 1 apresentou excelentes resultados totais, conforme ilustrado na Figura 1. A quantificação dos resultados obtidos por intermédio do *checklist* apontou um grau de 95% de conformidade dessa empresa com os princípios analisados, se comparados aos 79% da Empresa 2 e aos 65% da Empresa 3.

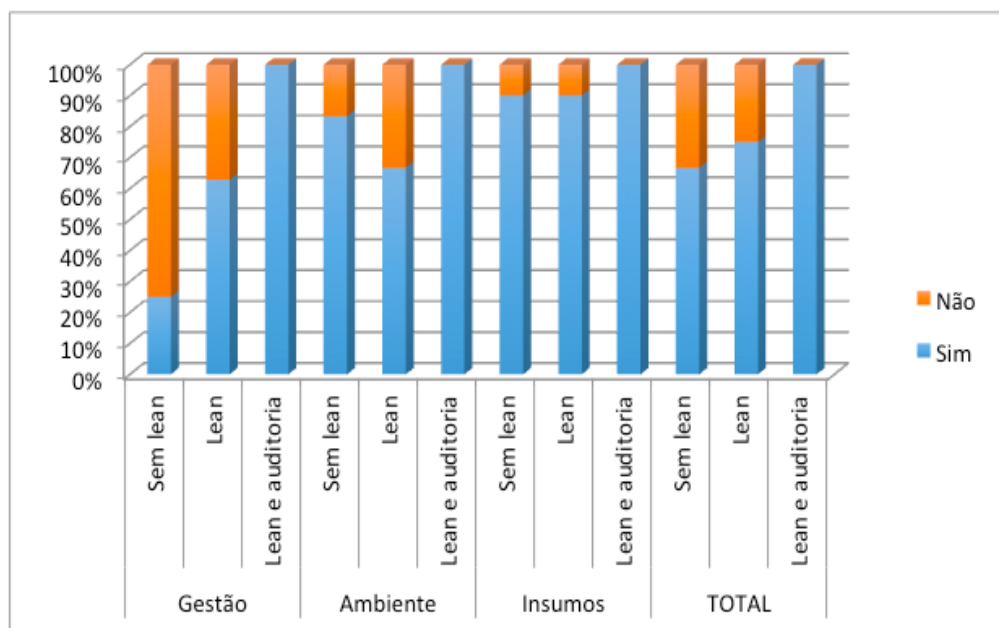
Figura 1 – Resultados da pesquisa de movimentação e suas subcategorias



Fonte: Autores (2017)

A apreciação dos dados relacionados à armazenagem, apresentados na Figura 2, também se mostrou bastante favorável à empresa reconhecida por práticas *lean* regulamentadas e auditorias frequentes, atingindo 100% de conformidade com os princípios analisados, se comparados aos 75% da empresa que não dispõe de auditorias e aos 67% da empresa sem qualquer regulamentação *lean*.

Figura 2 – Resultados da pesquisa de armazenagem e suas subcategorias



Fonte: Autores (2017)

Pode-se perceber que a subcategoria de planejamento e gestão da armazenagem assumiu a posição mais negligenciada, atingindo menor percentual de satisfação: 25% para a Empresa 1 e 63% para a Empresa 2. Critérios como a garantia de acesso aos quatro lados da pilha de materiais e entrega de pedidos em quantidades necessárias à medida da necessidade (*just-in-time*) figuraram entre os pontos abordados neste quesito. Na sequência, encontram-se as subcategorias de cuidados com o ambiente de armazenagem e cuidados com os insumos, que demonstraram melhores resultados.

De uma forma geral, a Empresa 1 apresentou atendimento aos princípios de movimentação e armazenagem de 65% e 67%, respectivamente. Para a Empresa 2, este percentual aumentou para 79% e 75%, respectivamente, ao passo em que a Empresa 3, que obteve os melhores resultados, apontou observância de 95% e 100%, respectivamente.

6. Conclusões

Pesquisas voltadas para a busca do aumento de produtividade tornam-se imprescindíveis para impulsionar a competitividade entre as empresas de construção. Em decorrência, estudos que promovam o aprimoramento das subatividades que compõem serviços como movimentação e armazenagem se fazem necessários, uma vez que sua melhoria converge para a otimização do processo como um todo. A aplicação de princípios *lean* em canteiros de obra mostra-se eficiente para atingir tal objetivo. Para ratificar esse pensamento, este trabalho buscou analisar o comportamento de três empresas do setor da construção civil da cidade de Fortaleza, Ceará, com diferentes níveis de maturidade *lean* com a finalidade de verificar se, de fato, se existe proporcionalidade entre este fator e o cumprimento de uma série de princípios acerca da movimentação e da armazenagem.

Diante dos resultados apresentados, observou-se a existência de estreita correlação entre a implantação dos fundamentos *lean* e o cumprimento dos princípios de movimentação e armazenagem mencionados anteriormente. A Empresa 1, que se destaca pela implementação de práticas *lean* e pela promoção de auditorias a cada período de 2 meses, mostrou-se consideravelmente mais eficiente, se comparada com as demais, não apenas em termos de redução de desperdícios de materiais, como também de *lead time* e de custos, além de melhoria das condições de trabalho dos operários.

Verificou-se, também, que a utilização de um protocolo de atividades que devem ser checadas é capaz de permitir uma maior identificação dos aspectos passíveis de melhorias por parte dos gestores responsáveis por cada setor e por parte dos funcionários. Ademais, este

estudo também revelou que pequenas medidas de melhorias nestas atividades de suporte, descritas pelos 86 princípios, podem impactar de forma considerável a produtividade da empresa sem necessariamente representar grandes aumentos de custos do empreendimento.

Ações de conscientização visando a diminuição de desperdícios, segurança, tratamento adequado de resíduos são fundamentais para os canteiros de obras das construtoras, mesmo quando não há a prática de aplicação de *Lean Construction*. Apesar dessa filosofia estar diretamente relacionada com a Construção Civil, nos dias atuais, as empresas devem tomar iniciativas que estimulem melhorar o planejamento dos seus canteiros de obras visando a melhoria contínua com foco no cliente e na sustentabilidade. Dessa forma, sugere-se, para estudos futuros, o aumento da granularidade dos parâmetros de movimentação e armazenagem analisados, podendo-se adaptá-lo segundo o nível de maturidade em *lean* de cada empresa. Ressalta-se, também, a necessidade de ampliar o escopo da pesquisa em função do mapeamento de um maior número de empresas, com vistas a obter um panorama mais fidedigno da realidade local.

REFERÊNCIAS

- Alpenberg, J., & Scarbrough, D. P. (2016). Exploring communication practices in lean production. *Journal of Business Research*, 69 (11), 4959–4963.
- Alves, T. C. L. (2000). *Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudos de caso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Bajjou, M. S., Chafi, A., Ennadi, A., & El Hammoumi, M. (2017). The practical relationships between lean construction tools and sustainable development: A literature review. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 10(4): 170–177. <https://doi.org/10.25103/jestr.104.20>
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). Shielding production: an essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1): 11–17.
- Bogado, J. G. M. (1998). *Aumento da Produtividade e Diminuição de Desperdícios na Construção Civil: um Estudo de Caso - Paraguai*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CBIC. (2017). PIB Brasil e Construção Civil. Disponível Em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-E-Investimento/pib-Brasil-E-Construcao-Civil>>. Acesso Em: 26 Set. 2017.
- Fellows, R. & Liu, A. (2015) *Research Methods for Construction*. 4 ed. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Formoso, C. T., De Cesare, C. M., Lantelme, E. M., & Soibelman, L. (1996). *As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor*. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J. & Canteras-Jordana, J. C. (2014) A review of application of multi-criteria decision making methods. *Automation in Construction*, 45, 151-162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.013>.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 408.
- Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. (2004) *Metodologia científica*. São Paulo: Atlas.

- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6): 662–673.
- Mota, G. R. (2009). *Princípios de movimentação e armazenagem na construção civil*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Mota, G. R., Santos, M. V. A., Vieira, M. M., Heineck, L. F., & Oliveira, B. B. (2012). Princípios de movimentação e armazenagem na construção civil. In *XIV Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*. Juiz de Fora.
- Nogueira, M. A. A. (2010). *Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Pfaffenzeller, M. S., Silva, G. G. M. P., Barros, A. L., Shinji, G., & Salles, M. P. (2015). Lean Thinking na Construção Civil: Estudo da Utilização de ferramentas da filosofia Lean em diferentes fluxos da construção civil. *Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial*, 7(14), 86–107. Retrieved from http://stat.necat.incubadora.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/3765/pdf_106
- Picchi, F. A. (2003). Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. *Ambiente Construído*. Porto Alegre - RS.
- Pinto, J. P. (2008). Lean thinking. *Comunidade Lean Thinking*, 1–8.
- Potts, K. (2008). *Construction cost management: learning from case studies*. London: Taylor & Francis.
- Said, H., & El-Rayes, K. (2010). Optimizing material procurement and storage on construction sites. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(6): 421–431.
- Sales, A. L., Barros Neto, J. P., & Almino, I. (2004). A gestão dos fluxos físicos nos canteiros de obras focando a melhoria nos processos construtivos. In *Conferência latino-americana de construção sustentável*.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F. & Lucio, M. P. B. (2013). *Metodologia científica*. 5 ed. Porto Alegre: AMGH.
- Santos, A. (1995). *Método alternativo de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Saurin, T. A. (1997). *Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra de edificações*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Saurin, T. A., & Formoso, C. T. (2006). Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos. In *Recomendações Técnicas Habitaré* (Vol. 3). Porto Alegre.
- Silva, F. B. (2000). *Conceitos e Diretrizes para Gestão da Logística no Processo de Produção de Edifícios*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. *Harvard Business Review*, 77: 96–108.
- Tezel, A., & Nielsen, Y. (2013). Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey. *Journal of Management in Engineering*, 29(3): 236–250. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000145](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000145)
- Vieira, H. F. (2006). *Logística Aplicada à Construção Civil: como melhorar o fluxo de produção na obra*. São Paulo: Pini.