



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Implementação da construção enxuta nas práticas de sustentabilidade ambiental

Lucas Menezes de Farias

Departamento de construção civil – Universidade Regional do Cariri (URCA), e-mail:
lucasmenezes547@gmail.com

Maria Keyllyany Rodrigues da Silva

Departamento de Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Regional do Cariri (URCA), e-mail:
keyllyany.rodrigues@urca.br

Jefferson Luiz Alves Marinho

Departamento de construção civil – Universidade Regional do Cariri (URCA), e-mail: jeff.marinho@urca.br

Resumo: Apesar da inserção constante de novos materiais e técnicas construtivas desenvolvidas no meio científico para a construção civil, o setor ocupa lugar de destaque junto a outros setores industriais no que se refere ao desperdício de matéria-prima, mão de obra e tempo. Devido esses fatores supracitados, esforços têm sido envidados na tentativa de minimizar tamanha perda. Com isso, muitas empresas discutem o emprego e os benefícios que novas filosofias construtivas podem gerar. Uma delas é a incorporação dos conceitos da mentalidade enxuta para a construção civil. Em função disso, o objetivo deste trabalho é entender como a construção enxuta se relaciona com a sustentabilidade ambiental, descrevendo seus pontos sinérgicos e outros conhecimentos relevantes acerca do tema. Trata-se de uma revisão bibliográfica baseada na literatura especializada, através de consulta de livros e artigos científicos sobre o assunto. As consultas referentes à pesquisa foram feitas no Portal Capes através das bases de dados da *Scopus*, *Web of Science* e a *ScienceDirect*. Verifica-se que a relação entre as abordagens é sinérgica, principalmente no sentido da construção enxuta para a sustentabilidade, e que a relação pode se fortalecer pelo alinhamento de conceitos de valor e desperdício. Dessa forma, a importância da perspectiva da sustentabilidade na pesquisa de construção enxuta é evidente, pois o conceito e as ferramentas dessa filosofia construtiva apoiam uma produção mais limpa, além de que tem grande potencial para facilitar o uso eficaz dos recursos naturais.

Palavras-chave: Construção Enxuta, Sustentabilidade, Planejamento.

Implementation of lean construction in environmental sustainability practices

Abstract: Despite the constant insertion of new materials and construction techniques developed in the scientific environment for civil construction, the sector occupies a prominent place with other industrial sectors with regard to the waste of raw materials, labor and time. Due to these factors mentioned above, efforts have been made in an attempt to minimize such loss. As a result, many companies discuss the employment and benefits that new constructive philosophies can generate. One of them is the incorporation of the concepts of lean mentality for civil construction. As a result, the objective of this work is to understand how lean construction is related to environmental

sustainability, describing its synergistic points and other relevant knowledge about the theme. This is a bibliographic review based on specialized literature, through consultation of books and scientific articles on the subject. The consultations regarding the research were made in the Capes Portal through the databases of Scopus, Web of Science and ScienceDirect. It is verified that the relationship between approaches is synergistic, especially in the sense of lean construction for sustainability, and that the relationship can be strengthened by the alignment of concepts of value and waste. Thus, the importance of the perspective of sustainability in lean construction research is evident, because the concept and tools of this constructive philosophy support cleaner production, besides that it has great potential to facilitate the effective use of natural resources.

Keywords: Lean Construction, Sustainability, Planning.

1. Introdução

Na última década, a construção civil vem passando por transformações significativas em seus processos construtivos com a finalidade de buscar a melhor qualidade pelo menor preço, em função de um mercado altamente competitivo e, hoje, criterioso (FERREIRA, 2017).

Dessa forma, o setor está iniciando a aplicação dos princípios da *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta), que, para a construção civil foi idealizada de *Lean Construction* (Construção Enxuta). O sistema *Lean* pode ser resumido como uma estratégia para aumentar o grau de exultação do cliente, com a minimização do desperdício, utilizando de maneira satisfatória os recursos naturais (FERREIRA, 2017).

Em meio a esse contexto, a construção enxuta é uma nova filosofia voltada para a administração da produção da construção. Põe em movimento os fluxos produtivos para desenvolver sistemas de controle com o objetivo de reduzir as perdas ao longo do processo.

Nesse sentido, a construção enxuta e a sustentabilidade são hoje dois dos mais importantes norteadores do setor da construção (KOSKELA; OWEN; DAVE, 2010). De maneiras distintas, os conceitos embasam métodos, ferramentas e práticas que buscam eliminar ou mitigar problemas frequentes do setor, como o alto impacto ambiental e a falta de eficiência de produção.

A incorporação de práticas de sustentabilidade tem sido uma tendência crescente na indústria da construção civil, cujos profissionais e empresas já estão mudando a forma de produzir e gerir os empreendimentos. Nessas circunstâncias, a gestão da qualidade na construção civil, que antes já era importante, se tornou ainda mais essencial para as empresas construtoras que desejem gerar resultados satisfatórios e se manterem competitiva (MARINHO, 2017).

O relatório *Brundtland*, mais conhecido como *Our Common Future*, definiu desenvolvimento sustentável como sendo aquele que permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras satisfazerem as suas (BRUNDTLAND *et al.*, 1987). Tendo em vista essa definição, pode-se deduzir que o desenvolvimento sustentável só é possível se houver uma preocupação com a conservação dos recursos naturais, pois a sociedade é completamente dependente deles para a sua sobrevivência, por isso, faz-se necessário estabelecer uma relação de equilíbrio socioambiental. A adequação do conceito à realidade da construção foi realizada em 1994 pelo *Conseil International du Bâtiment* (CIB), que definiu construção sustentável como "[...] criação e operação de ambientes construídos saudáveis baseados na eficiência de materiais e design ecológico [...]" (KIBERT, 2012, p. 8).

Na prática, o conceito é aplicado, por exemplo, na utilização de sistemas de gestão ambiental e certificações de edificações sustentáveis. Tendo em vista o ciclo de vida de uma edificação, busca-se mitigar a produção de resíduos, o consumo de energia e água, a

emissão de gases e partículas poluentes, a poluição do solo e de recursos hídricos, entre outros (ALMEIDA e PICCHI, 2018).

Já o conceito de produção enxuta foi baseado no STP – Sistema Toyota de Produção e ficou conhecido mundialmente pela publicação de "A máquina que mudou o mundo" (WOMACK; JONES; ROOS, 1990). Resumidamente, *lean* tem como objetivo produzir mais valor para o cliente com menos desperdícios agregados. Koskela (1992) foi o pioneiro a adaptar a ideia para o mundo da construção, identificando uma série de princípios que mitigariam problemas tradicionais do setor ao mesmo tempo em que melhorariam a performance produtiva. A partir desse estudo, o conceito de construção enxuta se disseminou, tanto em discussões acadêmicas quanto na aplicação prática.

Nos dias de hoje, ferramentas enxutas realizam a difusão desse conceito entre os profissionais da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Algumas delas são *Last Planner System* (LPS), mapeamento de fluxo de valor (MFV), *Integrated Project Delivery* (IPD) e 5S. Benefícios devidos à aplicação dessas ferramentas são melhoria da qualidade, diminuição dos desperdícios, aumento na produtividade da mão de obra, aumento na segurança e saúde no trabalho, entre outros (ALMEIDA e PICCHI, 2018).

Recentemente, a interação entre construção enxuta e sustentabilidade tornaram-se um importante foco de discussão de pesquisadores e profissionais da área. Discute-se que a relação entre as duas esferas citadas possuem intersecções que podem ser exploradas com o intuito de potencializar resultados ambientais e produtivos (MARIS; PARRISH, 2016). Diversos trabalhos sustentam essa hipótese. Campos *et al.* (2012a) afirmam que os enfoques se complementam na busca por reduzir desperdícios e utilizar os recursos com maior eficiência. Johnsen e Drevland (2016) adicionam que a construção enxuta impacta positivamente os três pilares da sustentabilidade. Já Campos *et al.* (2012b) discutem que, apesar de não haver conexão direta entre os conceitos, a aplicação de práticas de uma esfera, seja ela sustentável ou enxuta, ajuda a alcançar melhores resultados na outra.

Tendo isso em vista, o objetivo deste trabalho é entender como a construção enxuta se relaciona com a sustentabilidade ambiental, descrevendo seus pontos sinérgicos e outros conhecimentos relevantes acerca do tema.

2. Referencial Teórico

2.1 Produção Enxuta

Criada pela Toyota após a Segunda Guerra Mundial, a produção enxuta se distinguiu da produção em massa americana, visto que a produção em larga escala gerava desperdícios. O planejamento desse novo método de produção foi feito objetivando a redução e eliminação das perdas. O engenheiro-chefe Taichi Ohno deu o pontapé inicial dos estudos acerca desta nova filosofia (OHNO, 1998).

O objetivo da produção enxuta é projetar e produzir o produto conforme a exigência do cliente apoiando a melhoria da eficiência do sistema de produção (AZIZ e HAFEZ, 2013).

Corroborando com esse entendimento, Ligny e Erkelens (2008) defendem que a construção enxuta é um tipo de inovação na indústria da construção, pois sua abordagem é diferente da convencional. Sempre que há uma mudança em determinado arranjo, sempre há um retrocesso em seu uso como inovação.

Singh e Kumar (2020) elencam as principais medidas levadas em consideração para a abordagem *Lean*:

- a) Minimização de resíduos;
- b) Abordagem *just-in-time* (JIT);
- c) Abordagem baseada em valor;
- d) Melhoria contínua;

- e) Sistema de Gestão da Qualidade;
- f) Agilidade para a mudança necessária.

A Mentalidade Enxuta é um corpo de conhecimento cuja essência é a capacidade de eliminar desperdícios continuamente e resolver problemas de maneira sistemática (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2018). Todo o trabalho é voltado para atender de maneira sinérgica os clientes no ritmo determinado por eles, com produtos de qualidade e máxima eliminação de desperdícios.

2.2. Princípios da construção enxuta

Koskela (1992) propôs 11 princípios para a construção enxuta, com objetivo de garantir a criação e aperfeiçoamento dos processos, tais princípios são:

a) Redução das atividades que não agregam valor: Essas atividades são definidas a partir das exigências do cliente, as quais devem ser satisfeitas (KOSKELA, 1992). É importante saber que não se deve fazer a redução dessas atividades de forma radical, já que algumas atividades não agregam valor de forma direta, são imprescindíveis no sucesso do processo geral (FORMOSO, 2002);

b) Aumento do valor do produto a partir das necessidades do cliente: Deve-se identificar as exigências do cliente e a introdução das mesmas em cada processo, para que contribuam na criação do plano de gestão da produção e no aumento do valor do produto final (GONÇALVES, 2009);

c) Redução da variabilidade: A variabilidade está definida em vários tipos, como: variabilidade da dimensão dos materiais, na execução de uma atividade e demanda descontínua (FORMOSO, 2002);

d) Redução do tempo de ciclo: Tempo de ciclo é o tempo que se leva para um processo ser finalizado (KOSKELA, 1992). A redução do tempo de ciclo deve contribuir no aumento da produtividade, pois diminui o desperdício do processo de produção. Ele promove uma entrega mais rápida ao cliente, facilita o controle dos processos, dentre outros benefícios não menos importantes;

e) Simplificação do processo reduzindo o número de etapas: Segundo Formoso (2002), conforme o número de etapas aumenta, também aumenta a quantidade de processos que não agregam valor ao produto. Por isso, a simplificação do processo é importante para a eficiência da filosofia *Lean*;

f) Aumento da flexibilidade do produto final: De acordo com Sarcinelli (2008), deve haver a opção de modificação do produto final conforme as exigências dos clientes externos ou internos, de modo que não haja prejuízo para eles;

g) Aumento da transparência do processo: A transparência promove uma visão global do processo, contribui para a difusão de informações para todos os envolvidos e aumenta o envolvimento dos trabalhadores. A falta de transparência aumenta a probabilidade de ocorrência de erros e diminui o entendimento do projeto (KOSKELA, 1992);

Formoso (2002) diz que a identificação de erros se torna mais fácil à medida que os processos são esclarecidos. A transparência facilita o progresso de melhorias pelo entendimento e pela prática dos trabalhadores.

h) Foco no controle do processo global: O processo global deve ser controlado e regido por alguma autoridade. Essa administração é fundamental para a manutenção da ordem no processo (KOSKELA, 1992). Processos de produção fragmentados em várias etapas podem ter resultados negativos no desempenho do processo global (ISATTO *et al.*, 2000);

i) Melhoria contínua: Consoante a Wiginescki (2009), os focos na produção devem sempre ser o aumento do valor e a diminuição do desperdício, deve-se, ainda, focar em identificar

a origem dos problemas em oposição a buscar resolver os problemas finais. Conforme os outros princípios vão sendo aplicados, é necessário buscar a melhoria contínua, visando à perfeição constantemente (KOSKELA, 1992);

j) Manter o equilíbrio entre as melhorias de fluxo e de conversão: Quando um processo produtivo se faz mais complexo, maior será o resultado nas melhorias no fluxo. É preciso considerar que quanto maior for o desperdício concernente ao processo produtivo, maiores serão os benefícios na evolução dos fluxos comparados as melhorias nas conversões (KOSKELA, 1992);

l) Referenciais de ponta (*benchmarking*): É importante se referenciar nas empresas que alcançaram o sucesso, a fim de analisá-las e adaptar as práticas para aplicá-las no processo produtivo. É um contínuo aprendizado da empresa a partir das práticas adotadas em outras organizações, consideradas referências de um determinado setor no mercado (ISATTO *et al.*, 2000).

3. Filosofia *Lean* na construção e sua influência no meio ambiente

A filosofia *Lean* que emergiu do Sistema Toyota de Produção (TPS) se concentra principalmente em melhorar a eficiência do processo, eliminando tudo o que não agrega valor ao cliente. Antes do surgimento do *lean*, muitas filosofias se originaram no setor de manufatura e atraíram o interesse dos profissionais da construção. No entanto, a maioria delas não encontrou ampla aceitação no setor de construção devido às complexidades, singularidade e à produção local associada aos projetos de construção.

Contudo, a filosofia enxuta recebeu atenção significativa no domínio da construção porque contrasta com as práticas convencionais da indústria ao introduzir o conceito de 'valor'; e fornece um significado mais amplo para o termo 'resíduos' na construção (FRANCIS e THOMAS, 2020).

Vários estudos relatam que a adoção da construção enxuta levou à conclusão do projeto em tempo hábil, aumento dos lucros, processos seguros e eficientes e redução da variabilidade em projetos de construção (MAO e ZHANG, 2008, SALEM *et al.*, 2006). Porém, a maioria desses estudos o avaliou, apenas com base nos benefícios econômicos derivados, pois essa tem sido a principal motivação para a implementação da construção enxuta.

Todavia, se a filosofia enxuta se concentrar em colher benefícios econômicos por si só na forma de redução de custos e aumento de lucros, isso pode levar a impactos negativos no meio ambiente (SONG e LIANG, 2011). Portanto, é necessário avaliar o impacto da filosofia para além da perspectiva econômica.

No entanto, as dificuldades em quantificar os benefícios ambientais da filosofia enxuta dificultam sua exploração além dos limites estabelecidos (BAE e KIM, 2008, CARNEIRO *et al.*, 2012, KING e LENOX, 2009). Entretanto, a ênfase crescente na proteção ambiental nos últimos tempos é um pano de fundo potencial para avaliar a influência da construção enxuta nos parâmetros ambientais, como poluição, resíduos, consumo de recursos naturais e emissões.

O conceito de promoção da sustentabilidade ambiental na construção está centrado principalmente na redução do desperdício de material, conservação da água, redução da poluição, controle de poeira, uso de materiais e métodos amigáveis ao meio ambiente e, assim, estimular a reciclagem, minimizando o impacto na biodiversidade.

Posteriormente, vários estudos têm destacado uma relação positiva entre a construção enxuta e a sustentabilidade ambiental, pois, constatou-se que ela minimiza o esgotamento de recursos e a poluição eliminando o desperdício e agregando valor adicional ao cliente

na forma de menores impactos ambientais (HUOVILA e KOSKELA, 1998, RILEY *et al.*, 2005, SERTYESILISIK, 2014, SOLAIMANI e SEDIGHI, 2020).

A ênfase da filosofia enxuta na minimização de resíduos e na melhoria da eficiência dos recursos reflete implicitamente a essência subjacente da sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, Vieira e Cachadinha (2011) sugeriram que, ao invés de considerar os benefícios ambientais devido às práticas de construção enxuta como um resultado inesperado, a indústria deveria implementá-los com metas sociais e ambientais adicionais reatribuídas para ajudar a alcançar o desenvolvimento sustentável.

4. As Sete Perdas

Na visão de OHNO (1997) a Produção Enxuta é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios, também denominados de perdas, existentes dentro de uma empresa.

Ohno (1997) esboça com a Figura 1 abaixo as influências da quantidade e qualidade das peças produzidas, em que as pessoas estão diretamente ligadas aos sete tipos de perdas, que posteriormente serão detalhadas nesta seção pelo referido autor.

Figura 1 – Tipos de desperdício



Fonte: Adaptado de Ohno (1997)

Observa-se na Figura 1 que a qualidade no produto, quantidade produzida e pessoas estão diretamente ligadas aos sete tipos de perda. As perdas por processamento, por movimento e por tempo de espera estão relacionadas à mão de obra. Já as perdas de superprodução, de transporte e de estoque estão sendo influenciadas pela quantidade de produção. E por último, a perda devido a produtos defeituosos e retrabalho, referem-se à qualidade do produto (RIANI, 2006).

Desse modo, dando ênfase a estes três pontos supracitados (pessoas, qualidade e quantidade) é possível minimizar, senão eliminar, os tipos de perdas no processo construtivo.

- Perda por superprodução: Excesso de produção de materiais, em que a produção possui uma quantidade e tempo maiores do que o necessário, divergente da filosofia do JIT;
- Perda por tempo de espera: Recursos, pessoas ou equipamentos quando não estão sendo utilizados produtivamente;
- Perda por transporte: Trata-se da movimentação irrelevante de materiais, ferramentas ou equipamentos em estoque;
- Perda por processamento: Processamentos que exigem esforços redundantes, gerando custo que não agregam valor ao produto;

- e) Perda por movimentação nas operações: Movimentos desnecessários no ambiente de trabalho, geralmente ocasionados por ambiente de trabalho desorganizado, *layout* ruim, fluxo de materiais não muito claro e falta de padronização;
- f) Perda por produtos defeituosos ou retrabalho: Falhas no processo que desencadeiam em descarte ou retrabalho;
- g) Perda por estoque: Excesso de matéria-prima, estoques intermediários e outros recursos que representam desperdício de investimento e espaço.

5. Os 5 sentidos

De grande importância para o *Lean* como processo de modificação e adaptação para eliminação dos desperdícios e perdas, o programa 5S, pela ótica de Santos *et al.* (2006) é visto como propulsor da qualidade com o objetivo básico de melhorar o ambiente do trabalho nos sentidos físicos (adequando e otimizando os arranjos) e mentais (realizando mudanças nos paradigmas das pessoas na organização). Nesse contexto, os sentidos são divididos em:

- a) *Seiri* (senso de utilização) consiste em deixar no ambiente de trabalho somente os materiais úteis;
- b) *Seiton* (senso de organização) consiste em estabelecer um lugar para cada material;
- c) *Seisou* (senso de limpeza) consiste em manter os ambientes de trabalho limpos e em ótimas condições operacionais;
- d) *Seiketsu* (senso de saúde ou melhoria contínua) tem o objetivo de padronizar o que foi realizado nos “3S” anteriores, como forma de manutenção e melhoria da saúde do trabalhador e nas condições sanitárias e ambientais do ambiente;
- e) *Shitsuke* (senso de autodisciplina) como engajamento para avançar com o comprometimento dos envolvidos nos processos anteriores.

6. Ferramentas de Melhoria Contínua

A filosofia kaizen adotada pela cultura japonesa, em que a Toyota representa a aplicação de uma melhoria contínua e incremental (WOMACK; JONES; ROOS, 1992), se baseia no repertório de *Deming* e seu ciclo PDCA que envolve um conjunto de atividades no chão de fábrica ou outros locais de trabalho para melhorar as operações e o ambiente.

O PDCA é um método que se utiliza de um ciclo gerencial até atingir o padrão desejado ao tornar os processos da gestão de uma empresa mais ágeis, claros e objetivos através da melhoria contínua. Esse método é composto por quatro etapas de gestão produtiva. A primeira trata-se do planejamento (P) onde ocorre a análise do processo e identificação de oportunidades de melhoria, seguido pelo passo de execução (D) das atividades definidas anteriormente, verificação (C) ao comparar os resultados obtidos com as metas planejadas e por fim, a atuação (A) onde ações são disparadas para padronização em função dos resultados obtidos ou reiniciar o ciclo agindo sobre as causas do não atingimento (SILVA e RAMOS, 2018).

7. Metodologia de abastecimento FIFO

Como condição para a implementação de um sistema puxado, o *Lean Enterprise Institute* (2018) designa a importância da sequência de movimentação ao longo da cadeia de produção ao estipular a movimentação dos estoques aonde o lote de produtos que chega primeiro, deve ser comercializado ou enviado para produção primeiro.

Com esse raciocínio, o FIFO (*First In, First Out*) em português significa primeiro que entra é o primeiro que sai, trata-se de uma metodologia aplicada para determinar o tipo de controle da entrada e saída de produtos ou materiais do estoque, utilizada na logística e

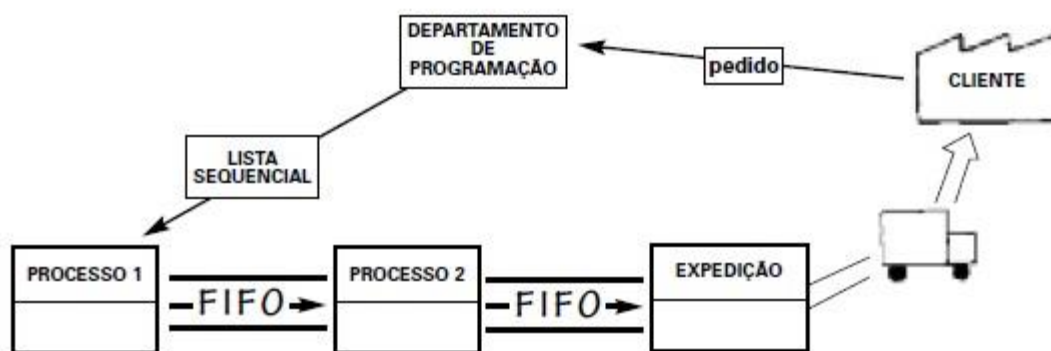
Supply Chain. Geralmente usual em estoques de giro mediano ou de produtos com *shelf life* – vida útil ou prazo de validade (DUARTE, 2015). Esse comportamento mantém o estoque atualizado, evitando processo de envelhecimento e obsolescência, aumento do *lead time* e clientes insatisfeitos em relação às ordens anteriores, contribuindo para redução dos custos de retrabalho e desperdício.

De acordo com Roser e Nakano (2015) para operacionalização do FIFO é necessário respeitar duas regras: o entendimento de que a primeira peça que entra deve ser a primeira peça a sair, sem ultrapassagem; e que deve existir uma capacidade máxima claramente definida, ou seja, uma fila de materiais de um processo para outro, onde somente a primeira estação de trabalho precisa saber qual produto ou serviço deve ser feito, tornando o FIFO um gerenciamento facilitado.

A indicação para criar um sistema de puxar é através do uso de cartões *kanban* em um *loop* com supermercados e FIFO, nivelando e a produção e regularizando o fluxo de material onde não foi possível fazer com que o fluxo fosse contínuo. Para Ohno (1997), a utilização de supermercados enfatiza as duas características mais abrangentes de seu modelo de produção: A limitação de estoques entre processos e a produção puxada por seus clientes.

O Lean Institute Brasil (2018) exemplifica o funcionamento do sistema puxado sequencial a partir do modelo FIFO, conforme figura a seguir:

Figura 2 – Sistema FIFO puxado sequencial



Fonte: Lean Institute Brasil (2018)

8. Ferramenta kanban

Em sua obra “O sistema Toyota de Produção”, Ohno (1997) descreve o *kanban* como o método de operação do STP, que significa “cartão” ou sinalização desenvolvido para controlar visualmente tudo o que está ocorrendo na fábrica, voltados para a redução de todos os tipos de desperdícios.

Essa ferramenta tem como função acionar o processo de fabricação apenas quando necessário; não permitir a produção para estoque com previsões futuras; paralisar a linha caso ocorra problemas não solucionados; permitir controle visual do processo como um todo, distribuição programada de ordens de serviço; controlar o nível de inventário com produção de lotes pequenos; entrega de peças de acordo com o consumo e identificação de fácil acesso e entendimento por todos os envolvidos no processo (SILVA e RAMOS, 2018).

Para caracterizar o sistema da produção como puxado, seis regras básicas são fundamentais: o processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo *kanban* no processo precedente; o processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicados pelo *kanban*; nenhum item é produzido ou transportado sem um *kanban*; serve para afixar um *kanban* às mercadorias; produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% (cem por cento) livres de defeitos e

aumento da sensibilidade de identificação e tratamento dos problemas (SILVA e RAMOS, 2018).

9. O planejamento e controle de produção na sistemática JIT/Kanban

O planejamento e controle de produção se apresenta a partir de uma visão geral como o departamento de apoio à produção, encarregado da coordenação e aplicação dos recursos produtivos de forma a atender os planos estabelecidos em nível estratégico, tático e operacional da melhor maneira possível. Dentro do contexto da filosofia JIT, procura-se adequar a demanda esperada às possibilidades do sistema produtivo. Oliveira (2005, p.106) defende que “O fluxo e o controle da produção em um ambiente JIT, controlado por *kanban*, é mais simples que num ambiente de produção tradicional”.

Corroborando a nova essência do sistema de produção, seja de serviços ou produtos, o *kanban* contribui para o planejamento de produção de acordo com os princípios do JIT, por colocar em prática os conceitos do STP nivelando a produção, contribuindo para redução dos desperdícios, além de balancear as operações no chão de fábrica por meio dos seus elementos: cartão, quadro, contentor e modo de funcionamento. Através do controle visual proposto pela sinergia dessas metodologias é possível enxergar a posição de trabalho e a sua evolução (SILVA e RAMOS, 2018).

10. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo principal explicar como a construção enxuta se relaciona com a sustentabilidade ambiental, descrevendo seus pontos sinérgicos e outros conhecimentos relevantes acerca do tema.

Nesta contribuição teórica, ficou evidente a aplicação dos princípios e do pensamento da construção enxuta como uma nova ferramenta para melhoria dos processos de construção, bem como na sustentabilidade. Assim, as práticas de gestão baseadas nos princípios e métodos da construção enxuta são totalmente viáveis para os empreendimentos na construção civil, e devem ser aplicadas para tornar as empresas que desejam se inserir em um mercado cada vez mais competitivo, de forma a aprimorar todo o processo, desde a concepção do projeto até a conclusão da obra.

Através da implementação da construção enxuta nos processos de gerenciamento de construção, espera-se que a aplicação dessa filosofia seja capaz de melhorar o setor frente a um futuro sustentável e mais verde na indústria da construção civil, a fim de evitar retrabalhos e desperdícios no setor.

Portanto, ao utilizar métodos e técnicas de construção enxuta o intuito é tentar reduzir custos e manter o planejado de data de finalização da obra. No que diz respeito a parte econômica, não se restringe apenas ao desperdício de materiais, mas também na identificação de atividades que não geram valor e causam desperdício de mão de obra e tempo de transporte de materiais. Logo, a construção improvisada deve ser evitada no processo de execução, que normalmente não produz a melhor solução.

Referências

- ALMEIDA, E. L. G.; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Revista Ambiente construído**. [online]. vol.18 n°1, pp.91-109. Porto Alegre, 2018.
- AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria Engineering Journal**, vol. 52, 4 edição, 2013, pp. 679 – 695.
- BRUNDTLAND, G. *et al.* **Our Common Future**. Oxford e Nova York: Oxford University Press, 1987.

BAE, J. W.; KIM, Y. W. Sustainable value on construction projects and lean construction. **Journal of Green Building.**, vol. 3, 2008, pp. 155-167.

CAMPOS, I. B. *et al.* Análise da Produção Científica Sobre Lean Construction x Green Building no Período de 2007 a 2011. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., Juiz de Fora, 2012. **Proceedings...** Juiz de Fora, 2012a.

CAMPOS, I. B. *et al.* Relation Between the Sustainable Maturity of Construction Companies and the Philosophy of Lean Construction. *In*: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., San Diego, 2012. **Proceedings...** San Diego, 2012b.

CARNEIRO, S. B. M. *et al.* Lean e green: uma matriz de relacionamento. *In*: **CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÃO LEAN**, 20., 2012, San Diego, Califórnia. Anais ... San Diego: Montezuma Publishing, 2012.

DUARTE, F. **Saiba o que é fifo, lifo, fefo, peps, ueps, sua relação e aplicação.** 2015. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/saiba-o-que-%C3%A9-fifo-lifo-fefo-peps-ueps-sua-rela%C3%A7%C3%A3o-e-aplica%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 1 ago. 2020.

FERREIRA, K. R. S. Reflexões Sobre a Filosofia da Construção Enxuta Aplicada às Construções de Pequeno Porte. *In*: MARINHO, J. L. A. Gerenciamento da Construção Civil: **Reflexões sobre Sustentabilidade, Planejamento e Controle de Obras**. 1ª ed. Editora Multideia, Curitiba, 2017. p. 27-40.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos.** Boletim Técnico, Norie, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 14, 2002.

FRANCIS, A.; THOMAS, A. Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. **Journal of Cleaner Production.** Volume 252, 2020, pp. 1-14.

GONÇALVES, W. K. F. **Utilização de técnicas Lean e Just in Time na gestão de empreendimentos e obras.** Lisboa, 134 p., 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Técnica de Lisboa.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L. **Contribution of the principles of lean construction to meet the challenges of Sustain Development.** 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Guarujá, Brazil, 1998. pp. 13-15.

ISATTO, E. L. *et al.* **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.

JOHNSEN, C. A.; DREVLAND, F. Lean and Sustainability: three pillar thinking in the production process. *In*: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24., Boston, 2016. **Proceedings...** Boston, 2016.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Stanford: Stanford University, 1992.

KOSKELA, L.; OWEN, B.; DAVE, B. Lean Construction, Building Information Modelling and Sustainability. *In: ERACOBUILD WORKSHOP*, Malmo, 2010. **Proceedings...** Malmo, 2010.

KIBERT, C. J. **Sustainable Construction: green building design and delivery**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.

KING, A. A.; LENOX, M. J. **Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance**. *Production And Operations Management.*, volume 10, 2009, pp. 244-256.

LIGNY, E. V. E. W.; E, ERKELENS P. Construction Technology Diffusion in Developing Countries' Limitations of Prevailing Innovation Systems. **Journal of Construction in Developing Countries**, 2008.volume 13, nº2, pp. 43–64.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Definição de Produção Puxada e Sistemas Puxados**. 2018. Disponível em: <http://www.lean.org.br>. Acesso em: 10 ago. 2020.

MARINHO, J. L. A. Gerenciamento da construção civil: **reflexões sobre sustentabilidade, planejamento e controle de obras**. [recurso eletrônico] 1ª ed. Curitiba: Multideia, 2017. 174p.

MARIS, K.; PARRISH, K. The Confluence of Lean and Green Construction Practices in the Commercial Buildings Market. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 24., Boston, 2016. **Proceedings...** Boston, 2016.

MAO, X.; Zhang, X. Construction Process Reengineering by Integrating Lean Principles and Computer Simulation Techniques. **Journal of Construction Engineering and Management**. Volume 134, 2008, pp. 371 – 381.

OLIVEIRA, F. E. M. Considerações sobre o Kanban. **Revista do Centro de Ciências Administrativas**, Fortaleza, vol. 11, n. especial, p. 103-110, 2005

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Bookman Companhia Editora, 1998, Porto Alegre.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RILEY, D. *et al.* **Lean and green: the role of design-build mechanical competencies in the design and construction of green buildings**. *Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives - Proceedings of the Congress* (pp. 227-236).

RIANI, A. M. **ESTUDO DE CASO: O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON**. Juiz de Fora, 52 p., 2006. Monografia (Graduação em engenharia de produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora.

ROSER, N.; NAKANO, M. **Guidelines for the Selection of FIFO Lanes and Supermarkets for KanbanBased Pull Systems – When to Use a FIFO and When to Use a Supermarket**. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 2015.

SALEM, O. *et al.* Lean Construction: From Theory to Implementation. **Journal of Management in Engineering**, volume 22, 2006, pp. 168 – 175.

SANTOS, N. C. R. *et al.* Implantação do 5S para qualidade nas empresas de pequeno porte na região central do Rio Grande do Sul. *In: Simpósio de Engenharia de Produção*, 13., 2006, **Anais**. [...]. Bauru, São Paulo, 2006. p. 1-8.

SARCINELLI, W. T. **Construção Enxuta através da padronização de Tarefas e Projetos**. Vitória, 80 p., 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais.

SERTYESILISIK, B. Lean and agile construction project management: as a way of reducing environmental footprint of the construction industry. *In: Xu H., Wang X. (eds) Optimization and Control Methods in Industrial Engineering and Construction. Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, 2014, volume 72, pp. 179 – 196, Springer, Dordrecht.

SILVA, T. C. C.; RAMOS, M. M. L. C. **Levantamento do modelo de implementação da Mentalidade Enxuta para melhoria do processo produtivo de empresas prestadoras de serviço – Uma revisão bibliográfica**. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*, 8., 2018, Ponta Grossa, Paraná, 2018. p. 1-12.

SINGH, S.; KUMAR, K. Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018). **Ain Shams Engineering Journal**, volume 11, 2020, pp. 465-471.

SOLAIMANI, S.; SEDIGHI, M. Toward a holistic view on Lean sustainable construction: a literature review. **Journal of Cleaner Production**. Volume 248, 2020.

SONG, L.; LIANG, D. Lean construction implementation and its implication on sustainability: a contractor's case study. **Canadian Journal of Civil Engineering**, 2011. volume 38, pp. 350-359.

VIEIRA, A. R.; CACHADINHA, N. **Lean Construction and Sustainability - Complementary Paradigms? A Case Study**. *In: Rooke, J. & Dave, B., 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Lima, Peru, 13-15 Jul 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **Machine that Changed the World**. New York, NY: Simon & Schuster, 1990.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14 ed. Rio de Janeiro: Ed Campus, 1992. 342 p.

WIGINESCKI, B. B. **Aplicação dos Princípios da Construção Enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso**. Curitiba, 115 p., 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.