



XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO

VIII ENCUESTRO LATINOAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Do conhecimento à ação: práticas avançadas de gestão da produção
Londrina, Paraná, Brasil. 23 a 25 de Outubro de 2019

Sistemas Construtivos Pré Fabricados: uma abordagem Enxuta

Prefabricated Constructive Systems: A Lean approach

CUNHA, José Camillo B. (1); PALHA, Raquel Perez (2); RÉGIS, Paulo de Araújo (3)

(1) Universidade Federal de Pernambuco, (81) 2126-8219, jose.bcunha@ufpe.br (2) Universidade Federal de Pernambuco, (81) 2126-8219, rachelpalha@gmail.com, (3) Universidade Federal de Pernambuco, (81) 2126-8219, paregis2063@gmail.com

ABSTRACT

With the advent of the 4th industrial revolution and disruption with traditional methods of construction, the pre-fabrication of constructive systems has never been so prominent. The competitiveness of the sector and the complexity of the projects have increased substantially, so that the survival of companies in this sector is associated with their ability to optimize resources and decrease the waste of their production. Thus, the application of Lean Manufacturing concepts, which focus on waste reduction, presents itself as an alternative not only viable, to provide mapping and waste reduction tools, but also desirable, by philosophically approaching the entire system in the which the company is inserted, positively impacting the company culture. The objective of this work is to indicate, within a flow chart of activities of a real company, points where Lean concepts and tools would add value to the process. To this end, the production stages were raised, detailing the macro-processes of armature, set-up of forms, concreting and preparation for shipment, in order to identify points where some of the tools of Lean's philosophy could be applied.

Keywords: Precast. Lean. Construction Systems.

1 INTRODUÇÃO

Os Projetos de Engenharia atuais apresentam nível de complexidade e detalhamento substancialmente superior, quando comparados aos projetos de décadas atrás. Aliado a estes pontos, restrições cada vez maiores de implantação em termos de recursos, prazo e financeiros (viabilidade financeira, taxa de retorno, etc.) compõem um cenário onde a busca pela melhor utilização de recursos e eliminação de desperdícios, é uma condição crucial para o sucesso dos Empreendimentos.

Segundo Ordonez, (1974), “a industrialização na construção civil é o emprego de forma racional e mecanizada, de materiais, meios de transporte e técnicas construtivas, objetivando o aumento da produtividade e qualidade do produto final”. Ora, se a Industrialização busca o aumento da produtividade e o foco da Filosofia *Lean* é a eliminação de desperdícios, nada mais justo do que se trazer para o setor de construção esses dois conceitos, aliando-os.

Tommelein (2015), afirma que a aplicação de conceitos enxutos na fabricação de produtos feitos sob encomenda, como concreto pré-moldado, pode gerar benefícios substanciais às empresas de construção. Identificação das atividades que geram valor, padronização do trabalho, dentre outras, foram verificadas também em alguns estudos. Estoques elevados, desperdício de matérias-primas e funcionários mal treinados foram identificados por Wu *et al.* (2013). Já Gallardo *et al.* (2014), mostrou que a implementação de práticas do pensamento enxuto como o 5S, geraram um ganho de produtividade da ordem de 24%.

O presente artigo aborda um estudo de caso de início de implantação da Filosofia *Lean* em uma fábrica de pré-moldados de concreto, onde foram levantados dados sobre o estado atual do fluxo de trabalho nos macroprocessos “armação” e “concretagem”, bem como foram identificadas as etapas que deveriam ser eliminadas/otimizadas e as ferramentas mais adequadas para cada etapa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Historicamente, o setor de Construção rejeitara diversas idéias e metodologias oriundas da Indústria de manufaturados, sob a prerrogativa que eram produtos/ processos distintos. Uma produz peças em ambientes controlados (fábricas), com um maior poder de previsibilidade e rastreabilidade de processos, enquanto a outra desenvolve seus produtos em um ambiente de extrema pressão e incertezas.

Porém, conceitos como mapeamento de processos, eliminação de desperdícios, fluxo contínuo, etc, casam perfeitamente com uma situação ideal de controle de obras, por exemplo. Deste modo, foram sendo identificados mais pontos de convergência do que divergência entre as distintas Indústrias (Manufatureira e de Construção).

O termo Construção Enxuta foi introduzido em 1993, pelo *International Group for Lean Construction*, referindo-se à aplicação dos conceitos da Produção Enxuta no setor da construção civil. Segundo Womack (2004), a produção enxuta é considerada a ocidentalização do Sistema Toyota de Produção, o qual se baseia na melhoria da eficiência através da eliminação do desperdício, e nas ferramentas *just-in-time* e autonomia.

No tocante à pré-fabricação, conforme Xiaodan *Et al* (2017), estudos relacionados à esta tecnologia foram conduzidos sobre vários aspectos. Diversas linhas de pesquisas, tais quais projeto de componentes de construção (Nath *Et al.*, 2015), programação de produção (Benjaoran *Et al.*, 2005; Ko e Wang, 2011), otimização da produção considerando os custos de armazenamento, transporte e montagem (Chan e Lu, 2008), e planejamento de recursos na produção de pré-moldados (Khalili e Chua, 2014; Zhai *Et al.*, 2008), foram abordadas.

Iniciativa como 5S foi citada também por Ballard *Et al.* (2003), como uma forma de preparação do cenário para reorganização física das células de trabalho em uma fábrica de pré-moldados.

Observa-se, deste modo, que os componentes de um sistema pré-fabricado (projetos, elementos de ligação, planejamento e controle da produção, logística – transporte e montagem) estão sendo objetos de estudos individuais ou sistemáticos.

Atualmente, a correlação de Industrialização da construção com Produção enxuta vem sido defendida por diversos autores.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Com base em Yin (2001), a estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, por tratar-se do estudo de fenômenos reais contemporâneos sobre os quais os pesquisadores não exerciam controle. O foco deste trabalho restringiu-se à identificar atividades que possuem alto grau de otimização para início de uma jornada *Lean*, com a utilização de ferramentas apropriadas. Foram mapeados os processos de Armação e de Concretagem de peças em uma fábrica de pré-moldados na região metropolitana de Recife. Primeiramente, realizou-se um levantamento das etapas de armação e concretagem. Essas atividades foram divididas em 02 fluxogramas, uma para as etapas de armação e *setup* de fôrmas e outro para concretagem, desforma e expedição. A disposição, sequenciamento e ocorrência ou não dessas atividades podem variar de fábrica para fábrica. Estes fluxogramas indicam o estado inicial de atividades pertinentes às respectivas etapas, e serão expostos no item de resultados.

Após o levantamento do estado atual de execução das atividades e mapeamento dos processos, associou-se as ferramentas enxutas mais apropriadas às respectivas atividades, conforme quadros 1 e 2 abaixo:

Quadro 1: Ferramentas *Lean* x Atividades do macroprocessos de armação e *setup* de fôrmas

Etapa	Atividade	Ferramentas/ Conceitos <i>Lean</i> aplicáveis
Armação	Corte/dobra de estribos	Sistematizadas/Jidoka
Armação	Corte aço da Estrutura da peça	Sistematizadas/Jidoka
Armação	Dobra aço da Estrutura da peça	Sistematizadas/Jidoka
Armação	Transporte Armadura	Kanban/Just in time
<i>Setup</i> fôrmas	Limpeza grossa de fôrma	5S/SMED
<i>Setup</i> fôrmas	Limpeza média de fôrma	5S/SMED
<i>Setup</i> fôrmas	Retirada de resíduos da fôrma	5S/SMED
<i>Setup</i> fôrmas	Limpeza final da fôrma	5S/SMED

Fonte: Os Autores (2019)

Quadro 2: Ferramentas *Lean* x Atividades do macroprocesso de concretagem

Etapa	Atividade	Ferramentas/ Conceitos <i>Lean</i> aplicáveis
Concretagem	Lançamento do concreto	5S/SMED
Concretagem	Vibração do concreto	5S/SMED
Concretagem	Limpeza de esborros (excesso de concreto)	5S/SMED
Desforma/ Expedição	Retirada da peça da fôrma	Kanban/Just in time

Desforma/ Expedição	Translado da peça para estoque	Kanban/Just in time
Desforma/ Expedição	Carregamento na fábrica	Kanban/Just in time
Desforma/ Expedição	Transporte	Kanban/Just in time

Fonte: Os Autores (2019)

Concluídas essas etapas, seguiram-se os passos abaixo:

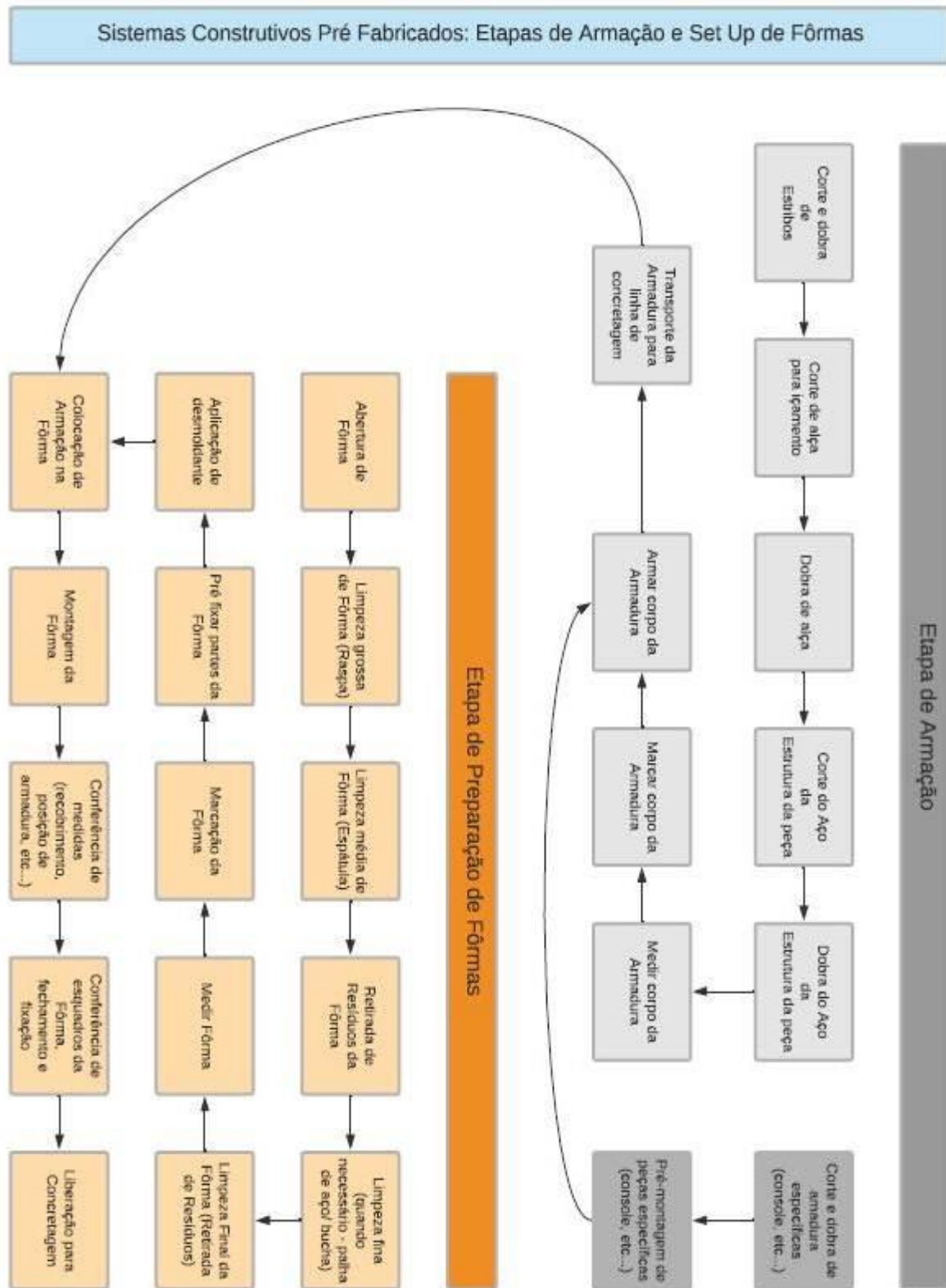
- Instrução sobre os conceitos *Lean* para a equipe de supervisão e pessoal da produção;
- Identificação em conjunto com o pessoal da produção das atividades que deveriam ser abordadas primeiramente. Decidiu-se, então, iniciar pela etapa de preparação de fôrmas, implantando a ferramenta 5S;
- Medição dos TRA's (tempo de realização da atividade) antes da implantação;
- Treinamento específico sobre a ferramenta 5S;
- Abordagem diária no DDS sobre 5S e a importância da ação para formação do hábito;
- Supervisão constante e inserções surpresas da gerência para averiguação/orientação;
- Discussão sobre possíveis terceirizações de atividades.

Uma vez implementadas as atividades e novas práticas na linha de produção, foram comparados dos TRAs antes e após a implantação das práticas em questão. O intuito é quantificar os ganhos gerados na linha de produção nas diversas atividades após a mudança para implementação da filosofia *Lean*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

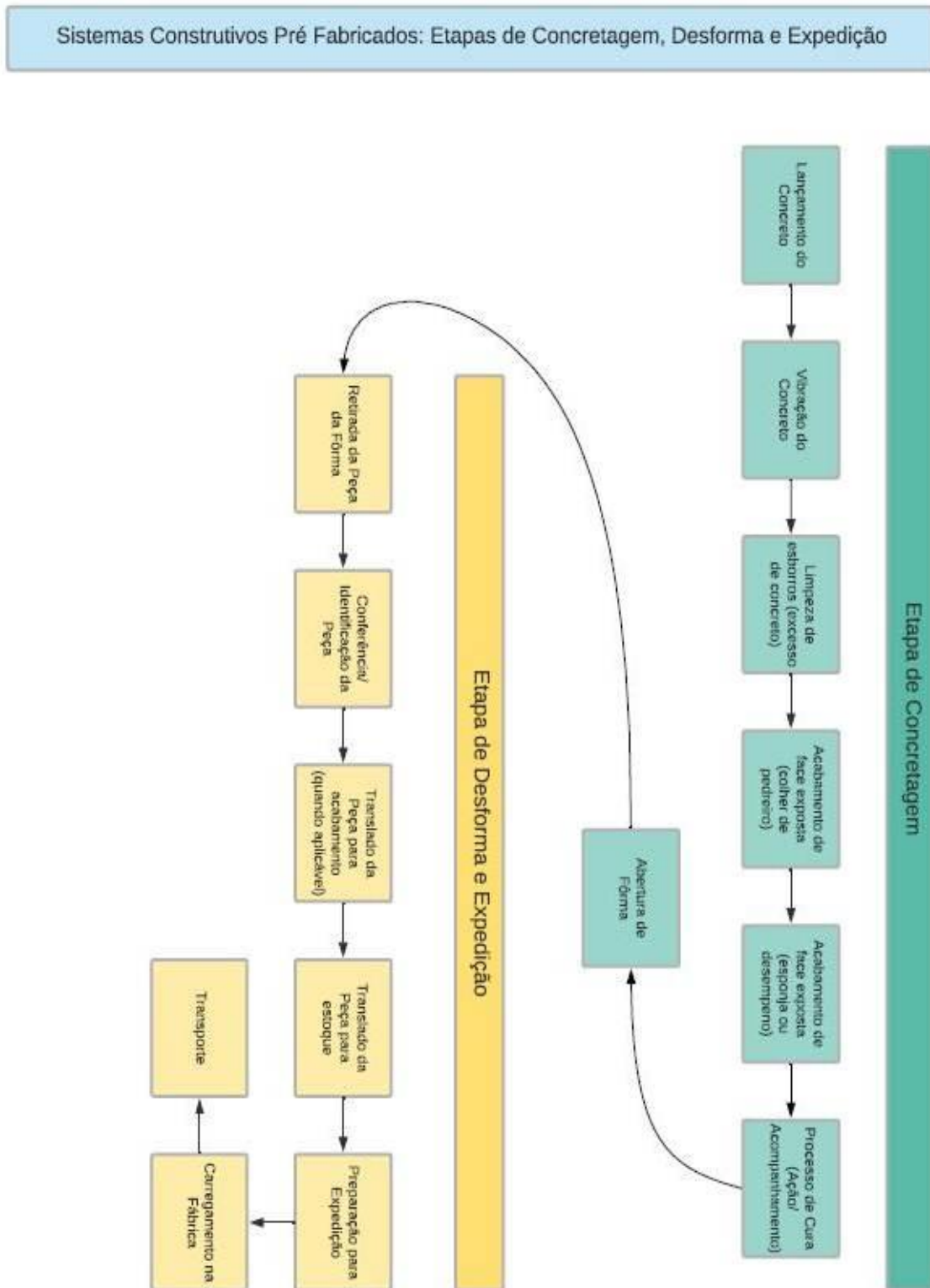
Foram mapeados os processos de armação, *setup* de fôrmas, concretagem, desforma e expedição. As Figuras 1 e 2 apresentam os fluxogramas do estado inicial das atividades dos macroprocessos de armação e *setup* de fôrmas e concretagem, desforma e preparação para expedição, respectivamente.

Figura 1: Fluxograma para etapas de armação e *setup* de fôrmas



Fonte: Os Autores (2019)

Figura 2: Fluxograma para etapas de Concretagem, desforma e expedição



Fonte: Os Autores (2019)

A etapa de preparação das fôrmas foi substancialmente melhorada após a inserção de conceitos 5S. As atividades de dois a quatro foram excluídas, as atividades cinco e seis

foram condensadas em uma única atividade chamada “Limpeza fina – com bucha ou palha de aço”. Entretanto, para atender às necessidades destas atividades foi inserida uma nova atividade na etapa de concretagem, a qual foi chamada “Limpeza imediata da fôrma metálica e espaços adjacentes concomitante com o lançamento do concreto”. Antes da modificação, o TRA desta atividade de preparação de fôrmas foi medido em 13,5h. Com as modificações implementadas, o TRA foi reduzido para 10,5h, uma redução de 22,2%. A Figura 3 mostra fotos de como a linha de produção passou a ficar mais limpa e organizada após a aplicação dos conceitos 5S.

Figura 3: Limpeza e organização das fôrmas metálicas após implantação do 5S



Fonte: Os Autores (2019)

Na execução das armaduras, foi tomada a decisão de substituir o corte e dobra interno, fazendo esta etapa em empresas terceirizadas, sistematizadas ao processo. Nas Figuras 4 e 5, observamos barras de aço retas e o processo de corte das mesmas. Com a inserção desta terceirização, as cinco primeiras atividades no Fluxograma de Armação foram

eliminadas. Contudo, ao se tratarem as armaduras específicas, que apresentam um alto grau de detalhamento, estas atividades foram mantidas sob responsabilidade da equipe interna.

Figura 4: Barras de aço retas e corte na fábrica



Fonte: Os Autores (2019)

Figura 5: Armações montadas após recebimento das peças cortadas e dobradas





Fonte: Os Autores (2019)

O que se buscou neste processo de mudança foi que a produção passasse a ser “puxada” pela montagem. O produto apresentado neste estudo requeria a produção de ao menos 4 vigas montadas por dia. Assim, dimensionou-se a quantidade de fôrmas metálicas que viabilizassem a concretagem dessas 4 peças, conseqüentemente, às demais atividades foram dimensionados para atender a mesma quantidade de peças, de modo que a montagem de 4 armações e os estribos que foram recebidos cortados e dobrados da empresa terceirizada, passaram a ser separados por lotes equivalentes à quantidade de peças armadas. Esse processo, além de auxiliar na montagem e redução de estoque intermediário, ainda permite uma maior rastreabilidade de todo o processo de produção, aliando as melhorias de produção ao aumento do controle de qualidade dos produtos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tratou da implementação da filosofia enxuta em uma fábrica de pré-moldados. O seu foco restringiu-se à identificar atividades que possuem grau de otimização elevado, justificando a implantação desta filosofia, através da utilização de ferramentas apropriadas.

Após o mapeamento das atividades e ferramentas apropriadas ao contexto da fábrica em estudo, optou-se por iniciar a implantação do 5S e pela terceirização de uma atividade específica. Deste modo, e devido também ao grau de conhecimento das equipes envolvidas, a introdução ao tema aconteceu de forma fluida, permitindo a adaptação da equipe aos novos conceitos.

Observou-se que, após algumas semanas de orientação e supervisão mais efetiva por parte da gerência sobre os funcionários de chão de fábrica, a organização do local de produção (armação e concretagem) melhorou substancialmente.

A ferramenta 5S contribuiu na busca desse novo cenário, inclusive melhorando a motivação dos membros da equipe devido a sensação de limpeza (*Seiso*) e organização (*Seiton*). O senso de utilização (*Seiri*), balizou melhor utilização do local de produção

ao passo que, por haver preparação prévia das ferramentas e recursos necessários para aquele dia de trabalho, houve redução no fluxo de pessoas, equipamentos e materiais, pois todos os recursos necessários à produção do dia eram coletados antes do início de cada jornada no almoxarifado da empresa.

Por fim, em futuros trabalhos pretende-se apresentar o resultado da implementação da filosofia enxuta nas demais atividades desta linha de produção e em outras linhas de produção desta empresa. Entre as atividades que serão desenvolvidas, inclui verificar o aumento de satisfação por parte das equipes envolvidas neste processo de mudança através de questionários estruturados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO, ABCIC. www.abcic.org.br. Acesso em: 14 de set de 2019.

BALLARD, G.; ARBULU, R. Making prefabrication lean. Proc. 12 th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean ..., [s. l.], p. 1–14, 2004. Disponível em: http://www.iglc2004.dk/_root/media/13037_004-ballard-arbulu-final.pdf

BALLARD, G e HOWELL, G. **What is Lean Construction**. Conferência Internacional do Grupo de Construção enxuta. 1999.

BENJAORAN, Vacharapoom; DAWOOD, Nashwan; HOBBS, Brian. Flowshop scheduling model for bespoke precast concrete production planning. **Construction Management and Economics**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 93–105, 2005.

CHAN, Wah Ho; LU, Ming. Materials handling system simulation in precast viaduct construction: Modeling, analysis, and implementation. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 134, n. 4, p. 300–310, 2008.

GALLARDO, Carlos Antonio Samaniego; GRANJA, Ariovaldo Denis; PICCHI, Flavio Augusto. Productivity Gains in a Line Flow Precast Concrete Process after a Basic Stability Effort. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 140, n. 4, 2014.

Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento , www.ietcc.csic.es. Acesso em: 29/04/2019.

KHALILI, A.; CHUA, D. K. Integrated prefabrication configuration and component grouping for resource optimization of precast production. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 140, n. 2, p. 1–12, 2014.

KO, Chien Ho; WANG, Shu Fan. Precast production scheduling using multi-objective genetic algorithms. *Expert Systems with Applications*, [s. l.], v. 38, n. 7, p. 8293–8302, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.013>

KOSKELA, Lauri; BALLARD, Glenn; TANHUANPÄÄ, Veli-Pekka. Towards lean design management Proceedings of the 5 th annual conference of the International Group for Lean Construction, 1997. Disponível em: <http://www.iglc.net/papers/details/27>

Lean Institute Brasil. www.lean.org.br. Acesso em: 07/04/19.

LI, Xiaodan; LI, Zhongfu; WU, Guangdong. Lean precast production system based on the CONWIP method. **KSCE Journal of Civil Engineering**, [s. l.], v. 22, n. 7, p. 2167–2177, 2017.

NATH, Tushar et al. Productivity improvement of precast shop drawings generation through BIM-based process re-engineering. *Automation in Construction*, [s. l.], v. 54, p. 54–68, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.014>

ORDONEZ, J. A. F. **Prefabricación: teoría y práctica**. Barcelona: Editores técnicos asociados, 1974, vol 2.

TOMMELEIN, Iris D. Journey toward Lean Construction: Pursuing a Paradigm Shift in the AEC Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 141, n. 6, p. 1–12, 2015.

WOMACK, J. P. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 15 ed., 342 p., 2004.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

ZHAI, Xiaofeng; BJORNSSON, Hans C. SIMULATION-BASED PLANNING FOR PRECAST PRODUCTION WITH TWO CRITICAL RESOURCES. [s. l.], n. 1996, p. 2519–2526, 2008.