



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

LEAN APLICADO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO¹

CUNHA, José Camillo B. da (1); PALHA, Rachel Perez (2)

(1) Universidade Federal de Pernambuco, jose.bcunha@ufpe.br

(2) Universidade Federal de Pernambuco, rachel.palha@ufpe.br

RESUMO

Com o advento da 4ª revolução industrial e a ruptura com os métodos tradicionais de construção, a pré-fabricação de sistemas construtivos nunca foi tão proeminente. A competitividade do setor e a complexidade dos projetos aumentaram substancialmente, de modo que a sobrevivência das empresas desse setor está associada à capacidade de otimizar recursos e diminuir o desperdício de sua produção. Assim, a aplicação dos conceitos de Lean Manufacturing, com foco na redução de desperdícios, apresenta-se como uma alternativa não apenas viável, para fornecer ferramentas de mapeamento e redução de resíduos, mas também desejável, abordando filosoficamente todo o sistema no qual a empresa está inserida, impactando positivamente a cultura da empresa. Este trabalho trata de um estudo de caso, onde foram avaliadas as atividades de uma fábrica de pré-moldados de pequeno porte e aplicados os conceitos e ferramentas da Construção Enxuta para agregar valor ao processo. Para tanto, foram analisadas as etapas de produção, detalhando os macroprocessos de armadura, montagem de formas, concretagem e preparação para embarque, a fim de identificar pontos em que as ferramentas da filosofia enxuta poderiam ser aplicados. (Mestrado – finalizado)

Palavras-chave: Pré-fabricado. Construção Enxuta. Sistemas Construtivos.

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 small 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.

¹ CUNHA, José Camillo B. da; PALHA, Rachel Perez. Lean aplicado em uma linha de produção de estruturas pré-fabricadas de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

Keywords: *Precast. Lean Construction. Building Systems.*

1 INTRODUÇÃO

Os Projetos de Engenharia atuais apresentam níveis de complexidade e detalhamento substancialmente superiores, quando comparados aos projetos de décadas atrás (EASTMAN ET AL, 2014). Aliado a estes pontos, restrições cada vez maiores de implantação em termos de recursos, tais como equipamentos, tempo 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 condicionante para o sucesso dos Empreendimentos (CUNHA, 2019).

Tommelein (2015) afirma que a aplicação de conceitos enxutos na fabricação de produtos feitos sob encomenda, como em concreto pré-fabricado, 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. (2010). Já Gallardo et al. (2014), mostrou que a implementação de práticas do pensamento enxuto como o 5S, podem gerar um ganho de produtividade de até 24%.

O presente artigo trata de um estudo de caso para implantação da Filosofia Enxuta em uma fábrica de pré-fabricados de concreto, onde foram levantados dados sobre o estado inicial do fluxo de trabalho nos macroprocessos armação, *set-up* de fôrmas, concretagem e desforma/expedição, bem como foram identificadas as etapas que deveriam ser eliminadas/otimizadas e as ferramentas mais adequadas para cada etapa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria da construção civil tem sido considerada atrasada quando comparada à outras indústrias. Apresenta, de maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, ociosidade e baixo controle de qualidade (DEBS, 2017). Todavia, princípios Lean tem sido amplamente aplicados para melhorar a produtividade e a eficiência das operações de construção (GOH, M; GOH, Y. M., 2019).

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.

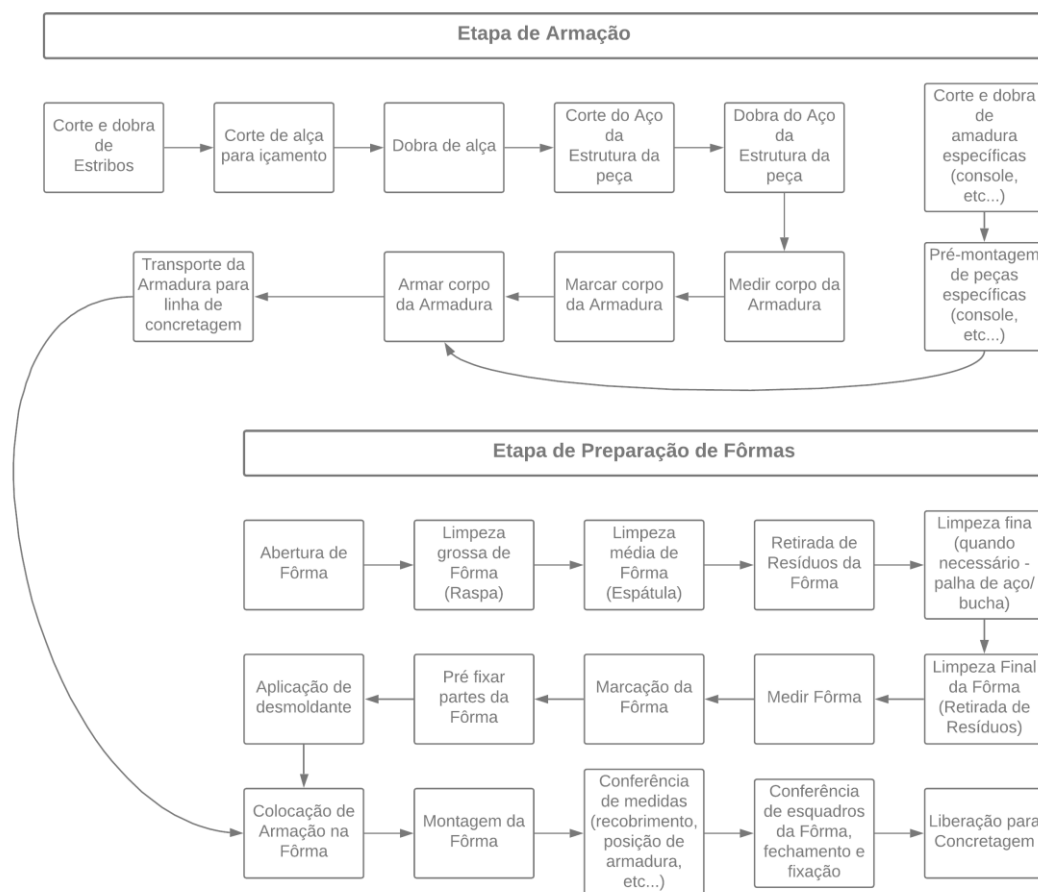
Atualmente, a correlação de Industrialização da construção com Produção enxuta vem sendo defendida por diversos autores. Outros estudos também abordaram a

identificação das atividades que geram valor (CANDIDO et al, 2016), (AZIZ E HAFEZ, 2013), (WU et al, 2010), (PINCH, 2005), e padronização do trabalho (YU et al, 2013).

3.0 MÉTODO DE PESQUISA

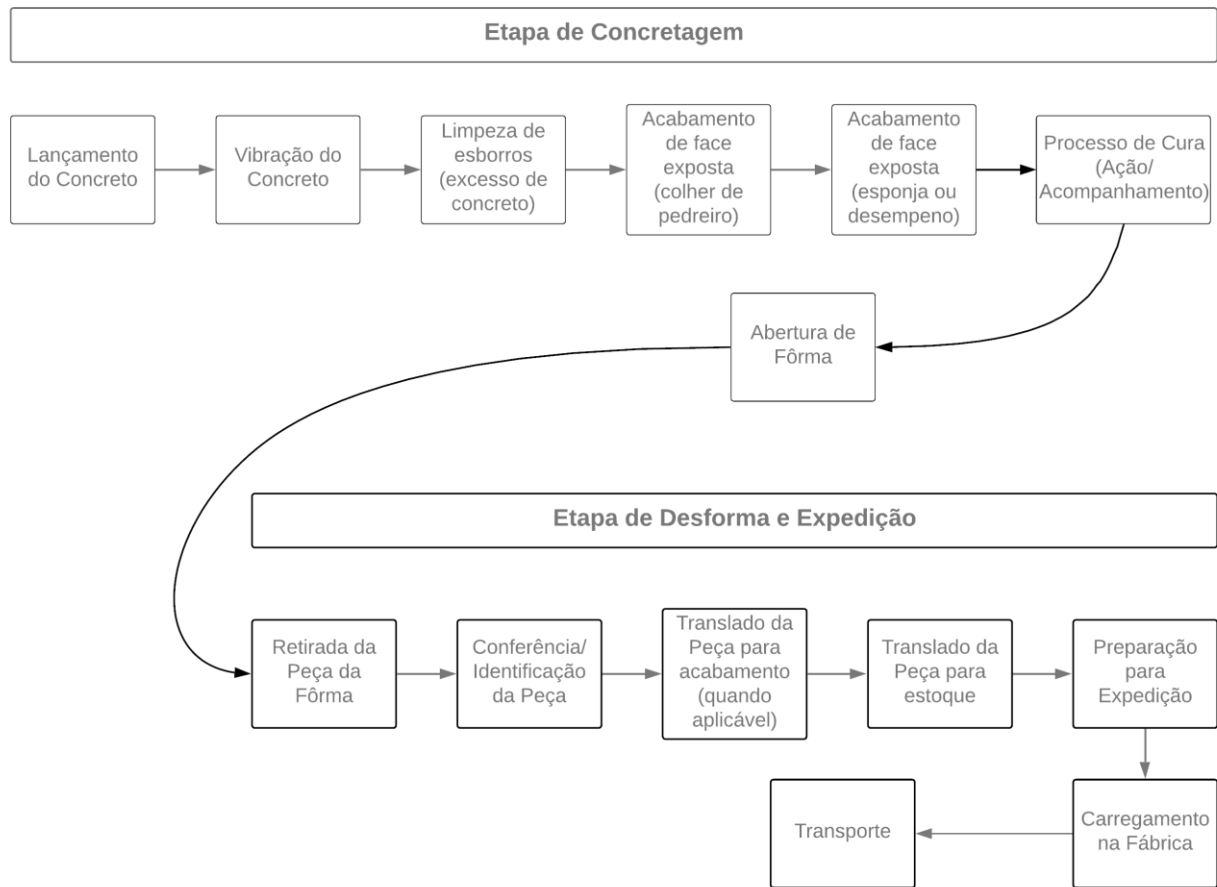
A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, por tratar-se de fenômenos reais contemporâneos sobre os quais os pesquisadores não exerciam controle (Yin, 2001). O foco deste trabalho foi identificar atividades que possuem alto grau de otimização para início de implementação da Filosofia Enxuta, com a utilização de ferramentas apropriadas. Foram mapeados os processos de armação, *set-up* de fôrmas, concretagem e desforma/ expedição de peças em uma indústria de pré-fabricados de concreto na região metropolitana de Recife. Primeiramente, realizou-se um levantamento das etapas de armação, *set-up* de fôrma e concretagem, desforma/expedição. Essas atividades foram divididas em 02 fluxogramas (Figuras 1 e 2), 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.

Figura 1 – Fluxograma de atividades (inicial): Armação e *setup* de fôrmas



Fonte: Os Autores (2020)

Figura 2 – Fluxograma de atividades (inicial): Concretagem



Fonte: Os Autores (2020)

Após o levantamento do estado inicial de execução das atividades e mapeamento dos processos, associou-se as ferramentas enxutas mais apropriadas às respectivas atividades, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Ferramentas Lean x Atividades do macroprocessos analisados

Etapa	Atividade	Ferramentas/ conceitos Lean aplicáveis		
		Sistematizadas/Ji doka	Kanban/Just in time	5S/SMED
Armação	Corte/dobra de estribos	X		
	Corte aço da Estrutura da peça	X		
	Dobra aço da Estrutura da peça	X		
	Transporte Armadura		X	
Setup fôrmas	Limpeza grossa de fôrma			X
	Limpeza média de fôrma			X
	Retirada de resíduos da fôrma			X
	Limpeza final da fôrma			X
Concretagem	Lançamento do concreto			X
	Vibração do concreto			X
	Limpeza de esborros (excesso de concreto)			X
Desforma/ expedição	Retirada da peça da fôrma		X	
	Translado da peça para estoque		X	
	Carregamento na fábrica		X	
	Transporte		X	

Fonte: Os autores (2020)

Para o estudo de caso em epígrafe, optou-se pela inserção de sistematizadas ao processo (terceirizadas) e a utilização da ferramenta 5S pelo potencial de ganho associado a um baixo investimento de implantação. Uma vez que os processos foram mapeados, a equipe de supervisão e pessoal da produção recebeu um treinamento para instruí-los sobre as ferramentas enxutas. Assim, a identificação das atividades que deveriam ser modificadas foram realizadas em conjunto com o pessoal da produção. A fim de realizar uma análise comparativa, foram medidos os Tempos de Realização das Atividades (TRA) escolhidas antes das modificações. O processo todo foi supervisionado e sujeito a auditorias não programadas para orientação e correção dos processos que não estivessem acontecendo conforme o pactuado. Após as modificações, os TRAs foram mais uma vez medidos para fins de comparação. Assim, foi possível quantificar os ganhos gerados na linha de produção nas diversas atividades após a mudança para implementação da filosofia enxuta.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

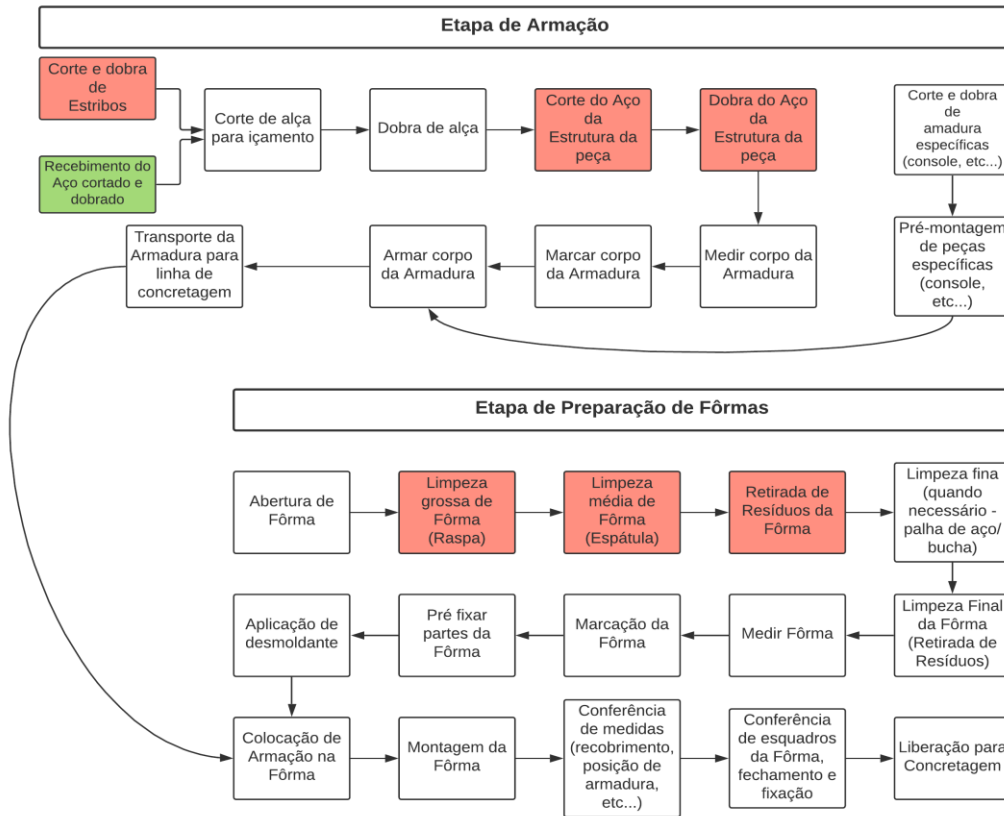
Uma vez que o estado inicial havia sido mapeado e a equipe havia sido treinada nas principais ferramentas associadas ao uso da filosofia enxuta, iniciou-se de fato a inserção de conceitos enxutos. A equipe recebeu um treinamento específico sobre a ferramenta 5S e no dia a dia os encarregados ressaltaram a importância da ação para formação dos hábitos dentro da fábrica. Além disso, a equipe foi supervisionada de modo a corrigir possíveis falhas no processo. A equipe também foi estimulada a discutir quais seriam as melhores formas de melhorar o processo, inclusive através da análise sobre possíveis terceirizações de atividades. Concomitante à inserção de conceitos 5S, foi realizado um estudo de sequenciamento de atividades. À medida que a organização da fábrica melhorava, algumas atividades que existiam anteriormente foram eliminadas e/ou incorporadas a atividades existentes e mantidas.

Os fluxogramas após a implantação dos conceitos enxutos encontram-se nas Figura 3 e 4. Foi utilizada uma notação para ressaltar as atividades que foram eliminadas, onde estas foram representadas na cor “vermelha”. Já as atividades que foram incluídas foram representadas na cor “verde”, como pode ser verificado na Figura 3 que apresenta o fluxograma de armação e setup de fôrmas.

A etapa de preparação das fôrmas foi substancialmente melhorada após a inserção de conceitos 5S. As atividades encontradas na Figura 1 de dois a quatro foram excluídas, assim como as atividades cinco e seis foram condensadas em uma única atividade chamada “Limpeza fina – com bucha ou palha de aço”, como pode ser visualizado na Figura 3. 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%.

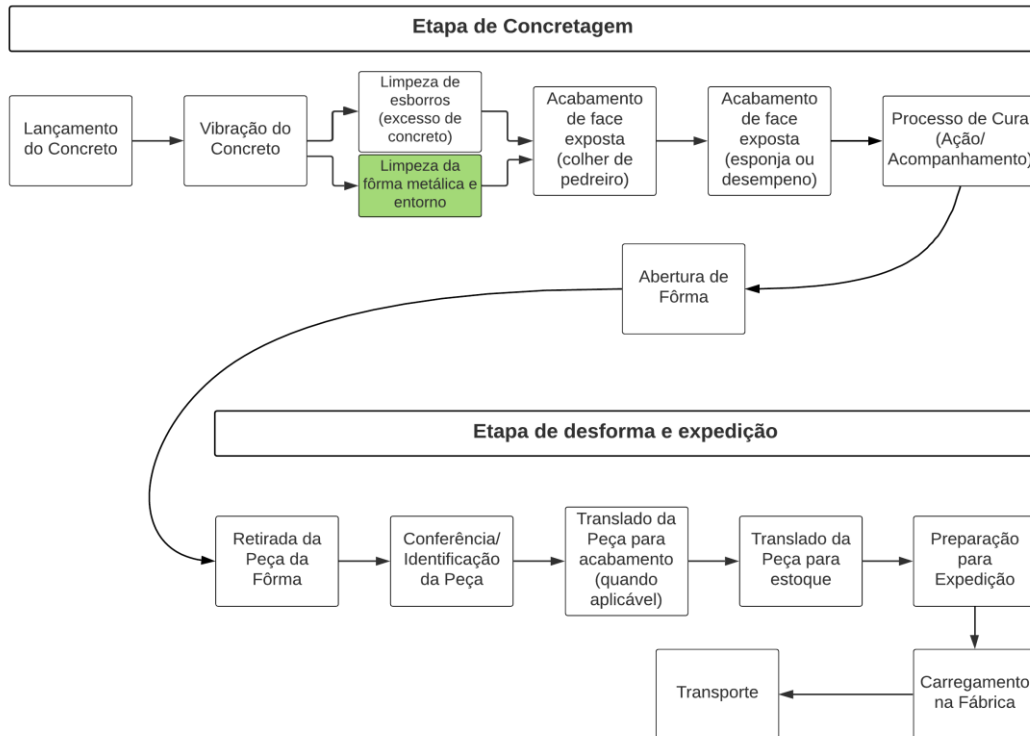
A terceirização do corte e dobra do aço eliminou as etapas de “corte e dobra de estribos”, “corte do aço da estrutura da peça”, “dobra do aço da estrutura da peça” e acrescentou a etapa de “recebimento do aço cortado e dobrado”. Fisicamente, uma parte da área de estoque que separava o aço por bitola, foi disponibilizada para receber o aço cortado e dobrado por lote ou romaneio de entrega.

Figura 3 – Fluxograma final das atividades de Armação e setup de fôrmas



Fonte: Os Autores (2020)

Figura 4 – Fluxograma final das atividades de Concretagem



Fonte: Os Autores (2020)

A etapa de “preparação de fôrmas” foi a mais impactada no tocante à organização e sistemática incorporadas ao processo pela ferramenta 5S. Atividades tais quais “limpeza grossa da fôrma (raspa)”, “limpeza média da fôrma (raspa)” e “retirada dos resíduos da fôrma” puderam ser eliminadas do fluxograma, devido à inserção da tarefa “limpeza da fôrma metálica e entorno” na etapa de concretagem. O comparativo entre os tempos de realização das atividades (TRA's) antes e depois da implantação das ferramentas enxutas é dado na tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo entre TRA's inicial e final

COD. ATIV.	ATIVIDADES	TRA INICIAL	TRA FINAL	% DE VAR.
A	Etapa de armação	17,58	12,08	31,29%
P	Etapa de setup de fôrmas	13,50	10,50	22,22%
C	Etapa de concretagem	13,00	13,50	-3,85%
D	Etapa de desfôrma e expedição	2,50	2,50	0,00%

Fonte: O Autor (2020).

5 CONCLUSÕES

Este trabalho tratou da implementação da filosofia enxuta em uma fábrica de pré-fabricados de concreto. O seu foco foi 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, além de um reestudo de layouts e atividades. 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.

REFERÊNCIAS

- AZIZ, Remon Fayek; HAFEZ, Sherif Mohamed. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria Engineering Journal**, v. 52, n. 4, p. 679–695, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>
- BALLARD, G.; ARBULU, R. **Making prefabrication lean**. Proc. 12 th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean ..., p. 1–14, 2004. Disponível em: http://www.iglc2004.dk/_root/media/13037_004-ballard-arbulu-final.pdf
- BENJAORAN, Vacharapoom; DAWOOD, Nashwan; HOBBS, Brian. Flowshop scheduling model for bespoke precast concrete production planning. **Construction Management and Economics**, v. 23, n. 1, p. 93–105, 2005.

- CÂNDIDO, Luis Felipe; CARNEIRO, Juliana Quinderé; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. Análise da aplicação da técnica de gerenciamento do valor agregado (EVM) em projetos de construção enxuta. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 3, p. 947, 2016.
- CHAN, Wah Ho; LU, Ming. Materials handling system simulation in precast viaduct construction: Modeling, analysis, and implementation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 4, p. 300–310, 2008.
- Eastman, C. M.; Liston, K.; Sacks, R.; Teicholz, P. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de C. G. Ayres Filho et al.; Revisão Técnica de E. T. Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- EL DEBS, M.K. **Concreto Pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Oficina e Textos, 2010.
- EL DEBS, M.K. **Concreto Pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2ª Edição. São Paulo: Oficina e Textos, 2017.
- 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**, v. 140, n. 4, 2014.
- GOH, M.; GOH, Y. M. Lean production theory-based simulation of modular construction processes. **Automation in Construction**, 2019. v. 101, n. June 2017, p. 227–244. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.017>>.
- KHALILI, A.; CHUA, D. K. Integrated prefabrication configuration and component grouping for resource optimization of precast production. **Journal of Construction Engineering and Management**, 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>
- LI, Xiaodan; LI, Zhongfu; WU, Guangdong. Lean precast production system based on the CONWIP method. **KSCE Journal of Civil Engineering**, 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>
- PINCH, Lauren. **Lean Construction: Eliminating the Waste**. Construction Executive, [s. l.], n. November, p. 34–37, 2005. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21174905>
- TOMMELEIN, Iris D. Journey toward Lean Construction: Pursuing a Paradigm Shift in the AEC Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, 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.
- WU, Peng; LOW, Sui Pheng. Lean production, value chain and sustainability in precast concrete factory – a case study in Singapore. **Lean Construction Journal**, p. 92–109, 2010.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.
- YU, Haitao et al. Lean transformation in a modular building company: A case for implementation. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 1, p. 103–111, 2013.
- ZHAI, Xiaofeng; BJORNSSON, Hans C. **SIMULATION-BASED PLANNING FOR PRECAST PRODUCTION WITH TWO CRITICAL RESOURCES**. [s. l.], n. 1996, p. 2519–2526, 2008.