



# SIBRAGEC ELAGEC 2015

## São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

### GESTÃO LOGÍSTICA EM EMPRESAS ENGINEER-TO-ORDER DE PRÉ-FABRICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**TREVISAN, Guilherme dos Santos (1); FORMOSO, Carlos Torres (2)**

(1) e-mail: eng.trevisan@gmail.com (2) UFRGS, (51) 3308-3486, e-mail: formoso@ufrgs.br

#### RESUMO

Sistemas pré-fabricados tem sido uma alternativa utilizada por muitas empresas a fim de se adaptarem a crescente demanda da construção civil. Entretanto esses ganhos têm sido relativamente pontuais, não impactando de forma significativa no montante final dos empreendimentos. Nesse contexto, a gestão logística desempenha um papel crucial para a eficiência e redução do lead time do empreendimento, sendo apontado por grande parte da indústria como um setor pouco eficaz. Em ambientes engineer-to-order (ETO), o ponto de desacoplamento para o início do projeto está ligado ao pedido do cliente, feito conforme as suas necessidades. Isso gera uma grande diversidade entre projetos, fazendo com que a questão logística seja vista como de difícil resolução, devido às suas características singulares. Existem poucos estudos que abordam o aspecto da gestão logística nesse meio, sendo muito voltados a aplicações pontuais. Dessa forma, o trabalho busca desenvolver uma análise dos processos logísticos correlacionados (fábrica, estocagem, carregamento e expedição) em uma empresa de pré-fabricados metálicos. Foram desenvolvidas ferramentas como a padronização do planejamento das cargas, modificação dos locais e formas de carregamento e dispositivos para puxar a produção, reduzindo estoques no pátio e em obra. Além disso, serão implementados indicadores integrados de desempenho que acarretem em uma maior transparência e sincronização dos processos. O estudo utiliza a metodologia do design science research. Serão feitos um estudo exploratório e dois estudos empíricos em obras da empresa e paralelamente uma análise do setor logístico da fábrica. Assim busca-se desenvolver estratégias que possam auxiliar na integração dos processos internos, diminuindo os tempos de ciclo de fabricação, carregamento, e por conseguinte dos empreendimentos, trazendo maior confiabilidade e a satisfação ao cliente final.

**Palavras-chave:** Gestão Logística, Engineer-to-order, Pré-fabricado.

#### ABSTRACT

*Prefabricated systems have been an alternative used by many companies in order to adapt themselves to the increasing demand in the construction industry. However, these gains tend to be very small, with no impacts on the final results of the project. In this context, the logistics management develops an important role for the efficiency and the lead-time reduction of the project, having been pointed as a very inefficient sector by the major part of the construction industry. In engineer-to-order systems, the decoupling point to the beginning of the project is related to the client request, in the design phase. The diversity among projects generates an increase of the complexity, where the logistics question is considered a key factor. Few researchers were focused on the resolution of the logistics management in this environment, and most of them have analyzed its applications to punctual cases. For these reasons, this research intends to better understand the internal logistic process (factory, inventory, loading and shipment) in a steel pre-fabricator company. The study aims to develop practices as the standardization of the loading plan, modifying and triggers to push the production. All these practices aimed to reduce the inventory in the factory and in the sites. Furthermore, integrated performance indicators will be developed for improving the transparency and the synchronization among the internal sectors. The research method used was the design science research. The research will develop one exploratory and two empirical studies in projects of the company and, at the same time, an internal analyze on the logistic sector will be made. Therefore, the research is focused on the development of guidelines to assist the logistics management and improve*

*the integration between the internal sector for decreasing the internal lead-time in order to improve the service to the final customer.*

**Keywords:** Logistics Management, Engineer-to-order, prefabrication.

## 1 INTRODUÇÃO

Com uma média de crescimento de 4,3 % ao ano do setor, nos últimos dez anos, as empresas de construção civil tem procurado métodos construtivos que diminuam cada vez mais o tempo de construção. Dessa forma, a industrialização e a pré-fabricação surgem como alternativas para solucionar essa demanda.

Koskela (2000) aponta que a maior causa de falhas no uso da pré-fabricação é a sua implementação em processos pontuais, tipicamente caracterizando um processo focado na atividade de conversão, com isso os ganhos, em termos de tempo e custo, tendem a ser muito pequenos, considerando o pouco esforço despendido para coordenação dos fluxos de trabalho. Uma gestão eficaz entre as unidades de produção (projeto, manufatura, logística e obra), em empresas de pré-fabricados, é um fator importante para se obter vantagens competitivas e melhoria das operações (Briscoe e Dainty, 2005)

O presente estudo irá abordar empresas engineer-to-order (ETO), onde o início da customização acontece na fase de projeto, após confirmação da ordem do cliente, sendo denominado como Ponto de Desacoplamento da Ordem do Cliente (Gosling and Naim, 2009). Segundo Gosling e Naim (2009), esses ambientes possuem alto grau de customização, com projetos especificados para atender estruturas temporárias, focados no atendimento da obra. Isso acaba por aumentar a incerteza e a complexidade envolvida para o gerenciamento dos processos.

No contexto de pré-fabricados, a gestão logística torna-se essencial para ganho de competitividade garantindo o curto prazo do projeto. Muitos estudos (Cus-Babic et al., 2014; ALA-RISKU e KÄRKÄINEN, 2006; Matt et al, 2014; TOMMELEIN, 1998; SARKER et al., 2011) tem procurado melhorias para gestão logística, explorando a transparência, sincronização e integração entre os macroprocessos: Obra - responsável pela estocagem das peças no canteiro e sua correta instalação; Logística - tendo que embarcar e montar cargas seguras para viagem, sem defeitos de qualidade para que possam ser montadas, no prazo correto e com a quantidade ideal para reduzir estoques em obra e na fábrica; Fábrica - produzindo peças que atendam às necessidades de obra, conforme as especificações de projeto e no prazo programado.

Entretanto a literatura busca solucionar problemas logístico para casos específicos, focando em melhoria dos processos para a logística de um projeto. Gosling e Naim (2009) destacam que são conhecidos poucos trabalhos que discutam a estrutura da cadeia em ambientes ETO. O grande desafio se torna em desenvolver formas de melhorar a gestão logística e entrega para múltiplas obras, mantendo estoques baixos, tanto na fábrica como no canteiro, e aumentando a confiabilidade e flexibilidade dos processos, permitindo mudanças na ordem do pedido a curto-prazo.

Trabalhos realizados anteriormente na empresa identificaram que a logística, quando bem gerenciada, desempenha um papel fundamental para aumento da produtividade em obra e redução do tempo de ciclo dos empreendimentos.

Assim, a presente pesquisa dará continuidade aos estudos nessa empresa ETO de pré-fabricados metálicos. O objetivo é propor um método para melhorar a gestão logística, através da sincronização e integração dos processos da cadeia em ambientes ETO de

pré-fabricados. Dessa forma, o estudo irá buscar responder as seguintes questões: que processos ou ferramentas podem ser desenvolvidos para auxiliar no processo de integração e sincronização da cadeia; E quais indicadores de desempenho e controle podem ser desenvolvidos para auxiliar no processo de tomada de decisão da logística?

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sistema de produção Engineer-to-order**

Ambientes enginner-to-order fornecem um alto grau de customização do produto em volumes pequenos, com o objetivo de atender as especificações do cliente (Hicks et al., 2001). Uma consequência disso é o pouco conhecimento sobre o que produzir e ordenar até que a ordem do cliente esteja pronta e as definições de projeto tenham começado (Bertrand e Muntlang, 1993). Em muitos projetos, a construção começa sem que o projeto tenha sido totalmente detalhado e as especificações de peças definidas, aumentando a incerteza, que se manifestará muitas vezes na fase de execução em obra. (Tommelein, 1998; Bertrand e Muntlang, 1993). Bertrand e Muntlang (1993) e Williams (1999) apontam que esses projetos são definidos pela grande complexidade envolvida, que pode ser gerada por aspectos estruturais e/ou por incertezas.

A complexidade estrutural está relacionada com as duas dimensões de fluxos: o físico, constituído pela produção, transporte e montagem; e o não-físico constituído pelo projeto e engenharia. A correlação entre esses é um fator muito importante para a efetividade do projeto (Bertrand e Muntlang, 1993). É importante destacar que o grande volume de peças pré-fabricadas e a inter-relação entre elas gera um aumento da complexidade estrutural também. O aspecto da incerteza está relacionado ao volume de projetos simultâneos, sendo esses em diferentes momentos de execução, e a grande quantidade de agentes envolvidas em cada projeto que podem ter objetivos conflitantes (Williams, 1999).

Devido a esse ambiente, o planejamento e controle tornam-se mais complexos e difíceis em empresas ETO, sendo prática comum as mudanças no planejamento durante o progresso da construção. Matt, Dallasega e Rausch (2014) salientam que a sincronização entre macroprocessos é essencial para que projetos pré-fabricados tenham sucesso no seu planejamento.

### **2.2 Problemas logísticos relacionados a empresas Engineer-to-order de pré-fabricados na construção civil**

Matt, Dallasega and Rauch (2014) comentam que, tradicionalmente, em empresas ETO a parte da cadeia responsável pela fabricação encontra-se desconectada da montagem. As razões elencadas são a falta de um planejamento confiável e uma comunicação pobre entre as partes envolvidas nesse processo. Dessa forma, a fábrica e o setor logístico devem ser planejadas de forma a serem compatíveis com o planejamento em obra (Cus-Babic et al., 2014).

Um fator competitivo chave para empresas ETO é a performance do seu serviço de entrega (Hicks et al., 2001), sendo necessário um alinhamento dos setores (fábrica/logística/obra) para atender os prazos planejado. Os atrasos na entrega tendem a causar significativos custos provenientes dos equipamentos e mão-de-obra parados. Da mesma forma, a produção e envio antecipados tendem a aumentar os custos de estoque, a complexidade de manipulação de peças em obra e afetam seriamente outros projetos

da empresa, que deixam de receber peças em decorrência dessa priorização da fábrica (Cus-Babic et al., 2014).

Fearne e Fowler (2006) ressaltam que a maioria dos indicadores de desempenho, do setor logístico, se baseiam em aspectos comerciais (exemplo: ton/caminhão). Sendo comum a tentativa de otimização das cargas para melhorar os resultados da área desconsiderando as necessidades em obra,. Essa otimização fragmentada tornou-se prática comum em ambientes de pré-fabricados, o que afeta o fluxo a jusante, sendo a obra responsável por corrigir e adaptar as incompatibilidades decorrentes do processo (Tommelein, 1998).

Em projetos rápidos, como é a proposta dos pré-fabricados, o ganho pela diminuição do tempo, acaba sendo perdida se o processo logístico não conseguir ser eficaz (Pheng e Chuan, 2001). Dessa forma, o presente estudo tentará buscar formas de aprimorar a gestão logística em empresas ETO de pré-fabricados.

### **3 MÉTODO DA PESQUISA**

O método de pesquisa utilizado será o Design Science Research que tem como objetivo o desenvolvimento de um artefato que possa auxiliar na resolução de problemas reais (Holmstrom et al., 2009). O artefato desenvolvido é um método para planejamento e controle de cargas para a melhoria da gestão logística em empresas ETO de pré-fabricados.

Devido ao caráter de interação do pesquisador com o contexto da organização e os ciclos de aprendizado, a pesquisa possui traços de uma pesquisa-ação (Sein et al., 2011). Cole et al. (2005) relatam que as duas pesquisas possuem diversos traços em comum na sua essência. Devido a esse contexto, Sein et al. (2011) sugerem uma action design research, que teria os princípios do design, devendo solucionar uma classe de problema e como resultado uma solução inovadora para ela.

Na figura 1, é possível visualizar o delineamento da pesquisa. A etapa exploratória, envolveu a aplicação de uma ferramenta previamente desenvolvida para planejamento das cargas. Foram realizados 7 planos de carga para a obra e 6 visitas (8 horas/dia) ao setor logístico da empresa nesse período, realizando entrevistas não-estruturadas e observação direta.

Na etapa 1, buscou-se aplicar a ferramenta, com as restrições identificadas, a um novo projeto da empresa, sendo realizado 14 planos de carga e mais 9 visitas ao setor logístico. Nessa fase, foi desenvolvido um método para aplicação do plano de carga. Com a aplicação dessa ferramenta, foram identificadas melhorias nos processos de carregamento das linhas de produção (treliça e estruturas principais).

Com isso, a etapa 2, consistiu no desenvolvimento e adaptação da ferramenta para um novo contexto de carregamento nas linhas de montagem. Esse processo foi estudado de forma específica para as duas linhas de produção. Essa fase contou com mais 8 visitas à fábrica em Nova Bassano.

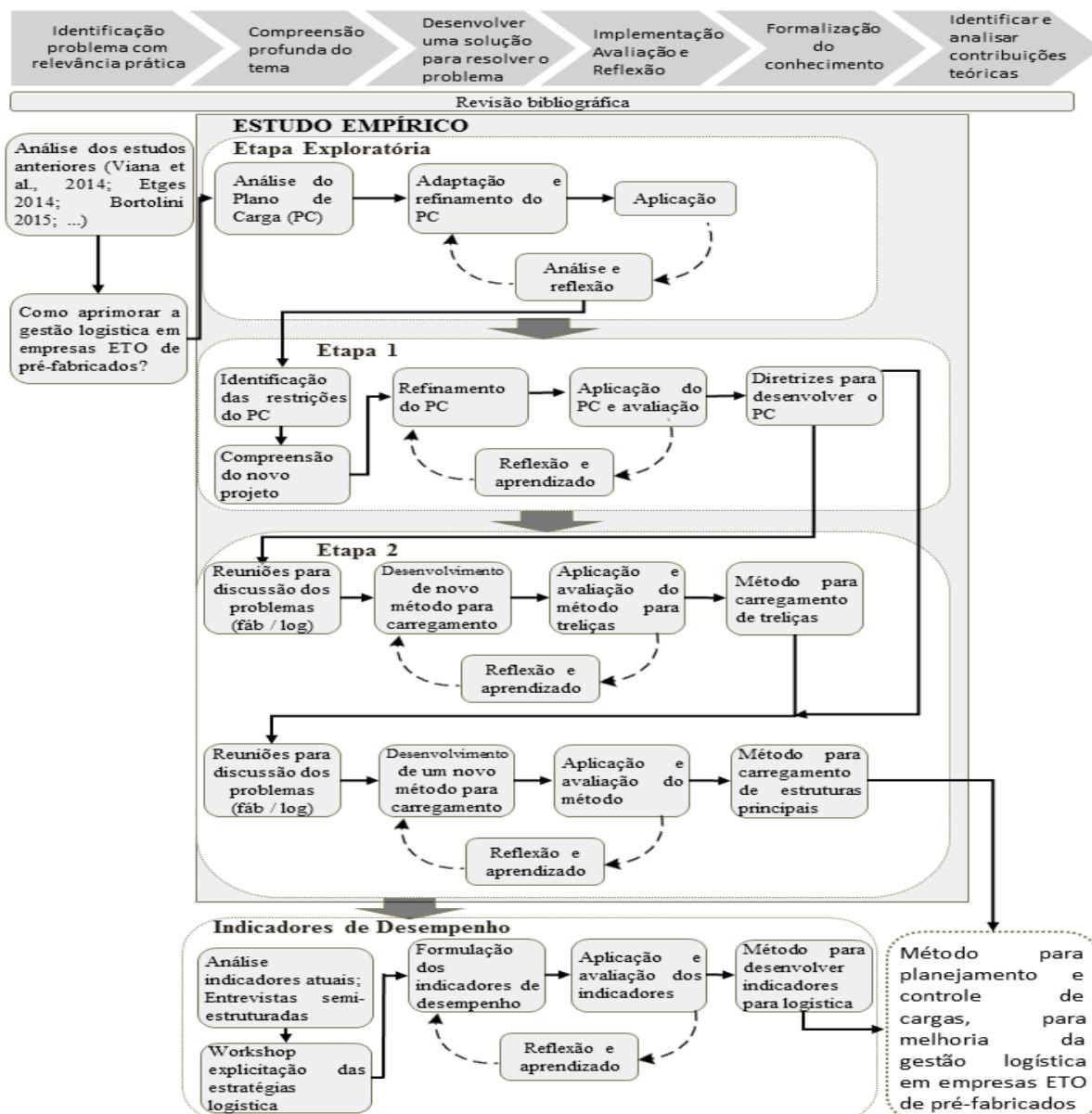
A última etapa do trabalho, consistirá na formulação de indicadores de desempenho mais adequados ao setor logístico. Dessa forma, durante as outras fases alguns indicadores foram monitorados pelo pesquisador e outros serviram de base para a análise das melhorias. Assim, foram feitas entrevistas semiestruturadas com 4 pessoas da empresa (os coordenadores de: logística, inovação e engenharia; e um engenheiro da melhoria contínua), para identificação das estratégias da área. Essas estratégias foram

analisadas, através de um mapa de explicitação de estratégia em um workshop, com outros pesquisadores, que haviam realizado pesquisas na empresa. Esse mapa será posteriormente discutido em um workshop com o setor logístico e os novos indicadores de desempenho selecionados pelo pesquisador serão discutidos e avaliados. Com os conhecimentos adquiridos nas 4 etapas do processo, será desenvolvido um conjunto de diretrizes buscando a melhoria da gestão logística em empresas ETO de pré-fabricados.

### 3.1 Descrição da empresa

A empresa em estudo é a maior empresa de estruturas metálicas do Brasil, com mais de 2000 funcionários e 3 plantas de fabricação (Nova Bassano/RS, Chapecó/SC, Serra/ES) e aproximadamente 200 projetos simultâneos. As fases do empreendimento que ela se responsabiliza podem ser: projeto e engenharia, fabricação, logística e montagem. Desde 2006 a empresa tem experimentado grandes mudanças no processo de produção e na cultura da empresa com relação a implementação da filosofia Lean de produção.

**Figura 1 – Delineamento da pesquisa**



O estudo está sendo realizado na planta de Nova Bassano onde estão localizadas as áreas de projeto, engenharia, fabricação dos elementos pré-fabricados e logística. A área de logística, que será o foco do presente trabalho, é responsável pela estocagem das peças no canteiro da fábrica, seleção das peças para carregamento e expedição das cargas para as obras da empresa.

A construção dos empreendimentos é dividida pela empresa em lotes menores, chamados de etapas da obra. Cada etapa possui uma série de sub-etapas (Pep's), que formam o todo do empreendimento (Chumbação, Treliças, Estrutura principal, escadas, telhas de cobertura, telha de fechamento, calhas, lanternim, zenitais e venezianas).

#### **4 RESULTADOS PARCIAIS DA PESQUISA**

Com as visitas realizadas a empresa foi possível analisar que a fábrica era focada em processo de transformação, sendo suas metas voltadas para quantidade de peso que deveria ser produzido. Era comum a produção de muitas sub-etapas ao mesmo tempo, com objetivo de otimizar as máquinas e produzir as peças mais pesadas antes, para atingir as metas. Essa ação acabava por aumentar o estoque (Work-in-progress) no pátio da fábrica e aumentava os lead-time para produção de uma sub-etapa, pois as peças mais leves que iriam completar a sub-etapa só ficariam disponíveis em um período maior.

Da mesma forma, não havia o alinhamento entre o que havia sido produzido com o que era necessário para as obras. Com objetivo de tentar impedir o aumento do WIP, a empresa colocou uma trava que a logística só poderia começar a carregar um sub-etapa se o material estivesse 99% disponível no pátio. Assim enquanto a fábrica trabalhava com meta de tonelagens, a logística era medida pela quantidade de sub-etapas que conseguia embarcar. Torna-se claro o desalinhamento entre os objetivos e metas dos setores.

Como as peças ficavam estocadas em cavaletes no pátio, o processo de carregamento, para montagem das cargas, era feito na doca, sendo muito ineficiente. A média de espera dos caminhões no pátio da empresa era de 72 horas (junho/2014). Assim nesse contexto, a logística tinha que gerenciar grandes estoques de elementos pré-fabricados no pátio (4000 toneladas em outubro), sendo difícil a sua organização e localização no pátio. Devido a pressão para redução de estoque, ela expedia para obra o que havia sido produzido pela fábrica e não o que seria necessário para obra. Dessa forma, foi possível identificar que grande parte dos problemas logístico não decorriam apenas do setor e sim dos outros setores da cadeia produtiva.

##### **4.1 Resultados preliminares**

O desalinhamento com a obra, fez com que no estudo exploratório fosse aplicado uma ferramenta (plano de carga) para planejamento das cargas e atendimento das necessidades da obra. Foi selecionada uma obra próxima a fábrica (Bento Gonçalves/RS) e priorizou-se o planejamento da sub-etapa de estrutura principal, por ser a mais complexa devido à variedade de tamanho e peso das peças. Assim, como parte da aplicação da ferramenta, foi realizado uma reunião com o engenheiro da obra e definidos os planos de ataque e os componentes necessários para cada fase da obra. Na sequência as peças principais foram desenhadas em 2D no CAD e dispostas em

camadas. Esses planos eram comunicados para a logística e o engenheiro da obra, alinhando-se as necessidades da obra.

Através das reuniões com o coordenador, os líderes da logística e responsáveis pelo carregamento na doca, foi possível definir as principais restrições da ferramenta, que servirão para a padronização do processo de carregamento (Tabela 1).

**Tabela 1. Restrições para o processo de planejamento das cargas**

<b>Dimensão</b>		<b>Peso</b>	
<b>Restrição</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Restrição</b>	<b>Justificativa</b>
Peças com maior comprimento devem permanecer nas camadas inferiores.	Uma peça com maior comprimento sobre outra com menor pode causar desestabilidade e riscos à segurança.	O peso por camada deve ser analisado (peças mais pesadas nas camadas inferiores).	O centro de gravidade próximo ao solo aumenta a estabilidade da carga.
Evitar peças em balanço.	O balanço pode causar a ruptura por cisalhamento das peças.	A centralização do peso dentro de cada camada deve ser considerada.	Essa centralização do centro de gravidade ajuda a prevenir tombamentos.
A disposição das colunas e vigas deve ser pensado primeiro do que as peças secundárias.	As peças secundárias devem ser dispostas de modo a melhorar a fixação das peças principais (Mais pesadas).		
Colunas e vigas com a mesma altura lateral devem estar dispostas na mesma camada.	Aumenta a estabilidade para camada superior e diminui o tempo para colocação das madeiras, que separam cada camada.		

## 5 IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

Com essas informações e análises que vêm sendo executadas no setor logístico serão propostas modificações no processo interno da logística. Serão identificados e testados as possíveis modificações para o processo de carregamento e os impactos nos outros macroprocessos. Assim como, as possibilidades de redução da movimentação interna, do uso de equipamentos e do tempo de caminhão no pátio. Da mesma forma, buscar-se-á definir um lote ideal de trabalho, para que a logística e fábrica trabalhem e quantifiquem as suas operações segundo uma mesma visão, promovendo assim o alinhamento das informações. Complementando o trabalho, serão avaliados e desenvolvidos novos indicadores para suporte e controle a tomada de decisão do setor logístico.

Com isso, o objetivo final será desenvolver diretrizes para a melhoria da gestão logística em empresa ETO de pré-fabricados e propor um método para planejamento e controle

de cargas. O trabalho consistirá em utilizar a logística de maneira mais estratégica, desempenhando um papel fundamental para o processo de sincronização das operações da cadeia de produção. As explicações com relação a esse processo serão melhor explicadas durante a apresentação do trabalho. Como uma contribuição mais ampla se buscará desenvolver diretrizes que possam ser implementadas no setor logístico de empresas de pré-fabricados, do tipo ETO.

## **REFERÊNCIAS**

- ALA-RISKU T.; KÄRKÄNEN M.; Material delivery problems in construction projects: A possible solution. **International Journal of Production Economics**. v.104, p. 19 – 29, 2006.
- BERTRAND J. W. M.; MUNTSLAG, D. R. Production control in engineer-to-order firms. **International Journal of Production Economics**, v. 30. P. 3-22, 1993.
- BRISCOE G.; DAINTY A. Construction supply chain integration: an elusive goal? **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 10 Iss 4, p. 319-326, 2005.
- COLE, R.; PURAO, S.; ROSSI, M.; SEIN M., Being Proactive: Where Action Research Meets Design Research. **ICIS 2005 Proceedings**. Paper 27, 2005.
- CUS-BABIC N.; REBOLJ D.; NEKREP-PERC M.; PODBREZNIK P. Supply-chain transparency within industrialized construction projects. **Computer in Industry**, v. 64, p. 345-353, 2014.
- FEARNE A.; FOWLER N. Efficiency versus effectiveness in construction supply chains: the dangers of “lean” thinking in isolation, **Supply Chain Managements: An International Journal**, V. 11, Iss 4, p. 283 – 287, 2006.
- GOSLING, J.; NAIM, M. M. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. **International Journal of Production Economics**, v. 122(2), p. 741-754, 2009.
- HICKS C.; MCGOVERN T.; EARL C.F., A typology of UK engineer-to-order companies, **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 4, n° 1, 2001.
- HOLMSTROM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A., Bridging practice and theory: A design science approach, **Decision Sciences**, v.40, n.1, 2009.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000.
- MATT D., DALLASEGA P., RAUCH E. Synchronization of the Manufacturing Process and On-Site Installation in ETO Companies, **47<sup>th</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems**, 457-462, 2014.
- PHENG L. S.; CHUEN C.J.; Just-In-Time Management of Precast Concrete Components **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 127, p. 494-501, 2001.
- SEIN M. K.; HENFRIDSSON O.; PURAO S.; ROSSI M.; LINDGREN R. Action Design Research, **MIS Quarterly**, v.35, n°1, p. 37-56, 2011.
- TOMMELEIN, I. D. Pull-drive scheduling for pipe-spool installation of lean construction technique. **Journal of Construction Engineering and Management**, 124(4), p.279-288, 1998.
- WILIAMS, T. M. The need for new paradigms for complex projects. **International Journal of Project Management**, v.17, p.269-273, 1999.