

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Bernardo Martim Beck da Silva Etges

**PROTOCOLO DE AUDITORIA DO USO DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO
ENXUTA**

Porto Alegre
Dezembro de 2012

BERNARDO MARTIM BECK DA SILVA ETGES

**PROTOCOLO DE AUDITORIA DO USO DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO
ENXUTA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Tarcísio Abreu Saurin, Dr. Co-orientadora: Prof^a. Iamara Rossi Bulhões, Dr^a.

Porto Alegre

Dezembro 2012

BERNARDO MARTIM BECK DA SILVA ETGES

PROTOCOLO DE AUDITORIA DO USO DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Tarcísio Abreu Saurin, Dr.

Orientador PPGEP / UFRGS

Prof^a. Iamara Rossi Bulhões, Dr^a.

Co-orientadora PPGEP / UFRGS

Prof^a. Carla Schwengber ten Caten, Dr^a.

Coordenadora PPGEP / UFRGS

Banca Examinadora:

Prof^a. Luciana Ines Gomes Miron, Dr^a. (Faculdade de Arquitetura – UFRGS)

Prof. Eduardo Luis Isatto, Dr. (PPGEC – UFRGS)

Prof. Ricardo Augusto Cassel, Dr. (PPGEP – UFRGS)

Aos que encontram as soluções simples para
Os maiores problemas
(meu pai)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sandra e Roberto, pelo amor; pelas oportunidades; por não deixarem de acreditar. À minha irmã Ana Paula, pelo exemplo de força e determinação.

Aos meus orientadores, Prof. Tarcisio Abreu Saurin e Prof^a. Iamara Rossi Bulhões, pelo conhecimento transmitido, pela dedicação a este trabalho e pela incansável busca pela ciência e conhecimento.

À Univesidade Federal do Rio Grande do Sul e à Escola de Engenharia pela excelência na formação profissional e acadêmica

À empresa do estudo de caso. Agradeço à disponibilidade, interesse e motivação em participar desta pesquisa. Aos engenheiros Gustavo Navarro, Felipe Arnhold, Renata Coelho e Eduardo da Rocha, muito obrigado.

Aos amigos. Enfim terminou.

A todos os leitores deste trabalho.

“É a viga, é o vão, festa da cumeeira”
Antônio Carlos Jobim

RESUMO

A Construção Enxuta (CE) tem sido introduzida, gradativamente, na construção civil através de práticas como controle de perdas, gestão da qualidade e planejamento e controle da produção. Tendo em vista a disseminação da CE na indústria da construção, há a necessidade de medir o nível do seu uso nas empresas, o que permite identificar melhores práticas e oportunidades de melhoria. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um protocolo de auditoria do uso de práticas da CE. Esse método foi desenvolvido ao longo de quatro etapas: (a) uma revisão da literatura para identificar categorias de práticas da CE, tendo como base o material publicado nos anais dos eventos do *International Group for Lean Construction* (IGLC) entre 1993 e 2010; (b) definição de fontes de evidência para avaliar o uso de cada categoria de prática; (c) definição de pesos referentes à importância de cada prática, com base nas opiniões de sete especialistas em CE; e (d) aplicação do protocolo a um empreendimento da construção civil. O protocolo foi inicialmente aplicado como um estudo piloto em um canteiro de obras o que possibilitou melhorias no documento. A versão revisada do protocolo foi então aplicada no mesmo empreendimento em que ocorreu a aplicação piloto, gerando dados que possibilitaram a avaliação do protocolo segundo sua utilidade.

Palavras-chave: construção enxuta, práticas, protocolo, auditoria

ABSTRACT

The Lean Construction (LC) has been introduced gradually in construction through practices such as loss control, quality management, and production and planning control. Given the spread of the LC in the construction industry, there is a need to measure the level of use of LC in the companies, which allows us to identify best practices and improvement opportunities. Thus, this study aims to develop a protocol for the use of audit LC practices. This method was developed over four stages: (a) a literature review to identify LC categories of practice, based on the papers published in the Annual IGLC Conferences between 1993 and 2010, (b) sources of evidences definition to evaluate the use of each category of practice, (c) definition of weights referring to the importance of each practice, based on the opinions of seven LC experts; and (d) the protocol application in a construction site. The protocol was initially implemented as a pilot study on a construction site which led to improvements in the audit document. The revised protocol was then applied in the same project that occurred in the pilot application, generating data that enabled the evaluation of the protocol according to its usefulness.

Keywords: lean construction, practices, protocol, audit

LISTA DE ABREVIATURAS

CC – Controle de Custos

CE – Construção Enxuta

CQ – Controle da Qualidade

CQ – Controle de Custos

FC – Fluxo Contínuo

FP – Fator de Ponderação

GBO – Gráfico de Balanceamento de Operação

GPDP – Gerenciamento de Projetos e Desenvolvimento do Produto

GV – Gerenciamento Visual

IGLC – International Group for Lean Construction

IT – Information Technology

LA – Layout

LC – Lean Construction

LCS – Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

LP – Lean Production

MC – Melhoria Contínua

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PE – Produção Enxuta

PP – Produção Puxada

PPC – Percentual de Pacotes Concluídos

PPC – Production and Planning Control

PPS – Planejamento de Pacotes de Segurança

PT – Padronização do Trabalho

RH – Recursos Humanos

ST – Segurança do Trabalho

STP – Sistema Toyota de Produção

SUS – Sustentabilidade

TFV – Transformação-Fluxo-Valor

TI – Tecnologia da Informação

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

TPM - Total Productive Maintenance

TQC – Total Quality Control

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	12
1. Introdução	12
1.1. Objetivos	14
1.2. Estrutura da dissertação e delineamento da pesquisa	14
1.3. Limitações da pesquisa.....	16
CAPÍTULO II – ARTIGO 1 – Identifying lean construction categories of practices in the IGLC Proceedings	17
CAPÍTULO III – ARTIGO 2 – Protocolo de avaliação do uso de práticas da construção enxuta.....	32
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
4.1. Conclusões	82
4.2. Sugestões para trabalhos futuros	84
REFERÊNCIAS	85

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1. Introdução

A indústria da construção civil vem, cada vez mais, desenvolvendo melhorias gerenciais, principalmente ligadas ao projeto do produto e ao planejamento e controle da produção (SALEM et al. 2006; VALENTE et al. 2012). Apesar das diferenças entre o ambiente da indústria da manufatura e a construção, conceitos, princípios e práticas de gestão originalmente desenvolvidos na manufatura têm sido adaptados e aplicados com sucesso na construção civil (PICCHI, 2003, SALEM et al. 2006). Em um estudo sobre o patamar dos sistemas de gestão da construção frente à evolução das teorias produtivas, principalmente a Produção Enxuta (PE), Koskela (1992) apontou para uma nova filosofia de produção na construção, que passou a ser denominada de Construção Enxuta (CE).

Após o trabalho de Koskela (1992), foi criado, em 1993, o *International Group for Lean Construction* (IGLC), um grupo de profissionais e pesquisadores em engenharia, arquitetura e construção que, naquele momento, perceberam que a prática, a pesquisa e a educação precisavam ser remodeladas de forma a atender aos futuros desafios no cenário da construção. Desde então, o grupo mantém o foco no desenvolvimento da teoria e prática da CE por identificar a carência de pesquisa e aplicação dos fundamentos teóricos como um entrave ao progresso da construção. Neste grupo, desenvolve-se, então, parte importante da inovação em conceitos, princípios e práticas de gerenciamento na construção civil.

Posteriormente, Koskela (2000) apresentou uma importante contribuição ao corpo de conhecimento em CE ao propor que os processos da construção civil sejam entendidos nas dimensões Transformação-Fluxo-Valor (TFV). Estes três conceitos fundamentais da TFV (transformação, fluxo e valor) defendem o aumento da eficiência nas transformações; o controle de perdas nas atividades de fluxo, que não agregam valor; e o foco no valor percebido pelo cliente. Neste aspecto, a TFV retoma um princípio fundamental da PE, de que o cliente determina o que produzir, e, reconhece que a satisfação deste cliente depende do valor associado ao produto (KOSKELA, 2000).

É necessário definir, neste momento, que, no presente trabalho, Sistema Toyota de Produção (STP) será tratado como uma aplicação da PE na empresa Toyota. Desta forma, os princípios abordados pelos autores que descrevem a STP serão extrapolados como princípios aplicados pela PE.

Enquanto os princípios da CE definidos por Koskela (1992) e Koskela (2000) são similares aos princípios da PE (WOMACK e JONES, 1996; LIKER, 2004), as semelhanças não são tão claras quando são levadas em conta as práticas enfatizadas pela PE e pela CE. De um lado, um conjunto de práticas da PE é usado de modo relativamente uniforme na indústria da manufatura, incluindo os sistemas de produção puxada por meio de *kanbans*¹, a troca rápida de ferramentas, a manutenção produtiva total, o trabalho padronizado, dentre outras. De outro lado, na construção civil parece haver uma dificuldade maior de identificação e aplicação

1 Ferramenta da produção enxuta desenvolvida para auxiliary no sistema just-in-time na produção automotiva. O kanban é utilizado como uma técnica de controle do fluxo de materiais e informações nos ambientes produtivos (Jang e Kim, 2007).

das práticas tipicamente associadas à CE. Uma exceção é o sistema *Last Planner*² de controle da produção (BALLARD, 2000), o qual é considerado por diversos autores como um meio de operacionalizar princípios chave da PE na CE, tais como a produção puxada em fluxo contínuo e a melhoria contínua (BALLARD, 1993; BALLARD, 2000).

Apesar da implementação da filosofia enxuta estar associada principalmente ao uso dos princípios, sua absorção pode ser facilitada e ocorrer de forma paralela a introdução de práticas nas rotinas da empresa (SPEAR E BOWEN, 1999; MANN, 2005). Nesse sentido, com o objetivo de avaliar a aplicação da CE em empreendimentos da construção civil, alguns sistemas de avaliação das práticas da CE já foram desenvolvidos (CARVALHO, 2008; HOFACKER et al., 2008; SALEM et al., 2006; VALENTE et al. 2012).

Carvalho (2008) desenvolveu um questionário que avalia os onze princípios de Koskela (1992), com base em entrevistas direcionadas aos representantes de seis grupos envolvidos com a execução do empreendimento: diretoria, engenharia, operários, fornecedores, projetistas e clientes. Hofacker et al. (2008) desenvolveram um método de aplicação simples e rápida para avaliar o nível de aplicação da filosofia enxuta na construção civil. Porém, ambos os trabalhos falham ao não estabelecer vínculos conceituais entre os requisitos de avaliação e os princípios da CE ou PE em que se basearam.

Salem et al. (2006) revisaram na literatura a transferência dos princípios da PE para a CE e analisaram práticas desenvolvidas na manufatura e que tem tido aplicação eficaz na construção. O trabalho foi desenvolvido em um empreendimento com o objetivo de implementar e avaliar o uso de diferentes práticas da CE. Para isso, o desenvolvimento de um protocolo de avaliação foi etapa do trabalho no objetivo de desenvolver sistemas de melhorias internas ao empreendimento. Uma deficiência deste trabalho refere-se à falta de um estudo piloto, que tivesse permitido a identificação de falhas e inconsistências do protocolo antes de sua aplicação definitiva.

Valente et al. (2012) desenvolveram um protocolo de avaliação de práticas da CE no objetivo de implementar a melhoria contínua das práticas enxutas conforme necessidades da empresa onde foi desenvolvido. Da mesma forma que Salem et al. (2006), Valente et al. (2012) não desenvolveram um estudo piloto anterior a utilização do protocolo.

A partir desta análise, percebe-se que para viabilizar a identificação de oportunidades de melhoria nos processos de implantação da CE, é necessário que haja a definição de práticas e categorias de práticas associadas à mesma, as quais sirvam de base para um método de auditoria do uso da CE (VALENTE et al., 2012). Conforme Chiesa et al. (1996), os processos de auditoria proporcionam identificar diferenças entre o desempenho real e o desejado, visualizar onde estão os problemas e necessidades da empresa, e, promover o desenvolvimento de planos de ação.

² Last Planner agrega um componente de controle da produção aos sistemas tradicionais de gerenciamento. O Last Planner incorpora um mecanismo de transformar o que deve ser feito no que pode ser feito, gerando um estoque de atividades que podem ser colocadas em produção (Ballard, 2000).

Neste trabalho, as práticas da CE são definidas como rotinas gerenciais implantadas com certo grau de padronização e sucesso nos empreendimentos de construção civil, baseadas nos princípios da PE e/ou da CE. As práticas devem ser observáveis em termos de sua eficiência e eficácia. Categorias de práticas de CE são rótulos atribuídos a um conjunto de práticas que compartilham os mesmos objetivos (ETGES et al., 2012).

Desta forma, a principal questão da pesquisa tratada nessa dissertação pode ser enunciada conforme segue: como desenvolver um protocolo de auditoria das práticas da CE que permita identificar oportunidades de melhoria nos empreendimentos analisados?

Duas questões secundárias também podem ser enunciadas:

- a) Quais são as práticas da CE que deveriam ser incorporadas no protocolo de auditoria?
- b) Qual a importância relativa de cada prática incluída no protocolo?

Este trabalho avança em relação aos estudos similares anteriores nos seguintes aspectos: (a) a atribuição de pesos a cada prática, com base em opiniões de especialistas; (b) o estabelecimento de vínculos conceituais entre cada prática e princípios enxutos; (c) a seleção das práticas incluídas no protocolo com base em uma revisão sistemática da literatura sobre CE; e (d) a aplicação piloto do protocolo como etapa do processo de desenvolvimento do mesmo.

1.1. Objetivos

Para responder a questão principal de pesquisa, o objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um protocolo de auditoria de práticas da CE. Há ainda, os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar práticas da CE e categorias de práticas da CE;
- b) Estabelecer um sistema de atribuição de pontuação consistente e reflexo dos princípios da CE.

1.2. Estrutura da dissertação e delineamento da pesquisa.

O conteúdo da dissertação está estruturado em formato de artigos científicos. Uma versão do primeiro artigo já foi submetida e publicada nos anais do *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* realizado em junho de 2012 em San Diego, Estados Unidos da América. O artigo apresentado nesta dissertação é uma versão mais completa que a publicada, pois por motivo de número de páginas limitado pelo Congresso, o texto publicado foi mais sucinto. O artigo 1 está apresentado em inglês. O segundo artigo será submetido ao *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.

Seguindo o presente capítulo que apresenta o tema, objetivo, método e limitações da pesquisa, seguem os dois artigos que compõem os capítulos 2 e 3. Cada artigo desenvolve um ou mais objetivos específicos como etapas para atingir o objetivo principal do trabalho. Posteriormente, apresenta-se o capítulo 4 que apresenta considerações finais do trabalho e sugestões para pesquisas futuras. A Figura 1 mostra o delineamento desta pesquisa.

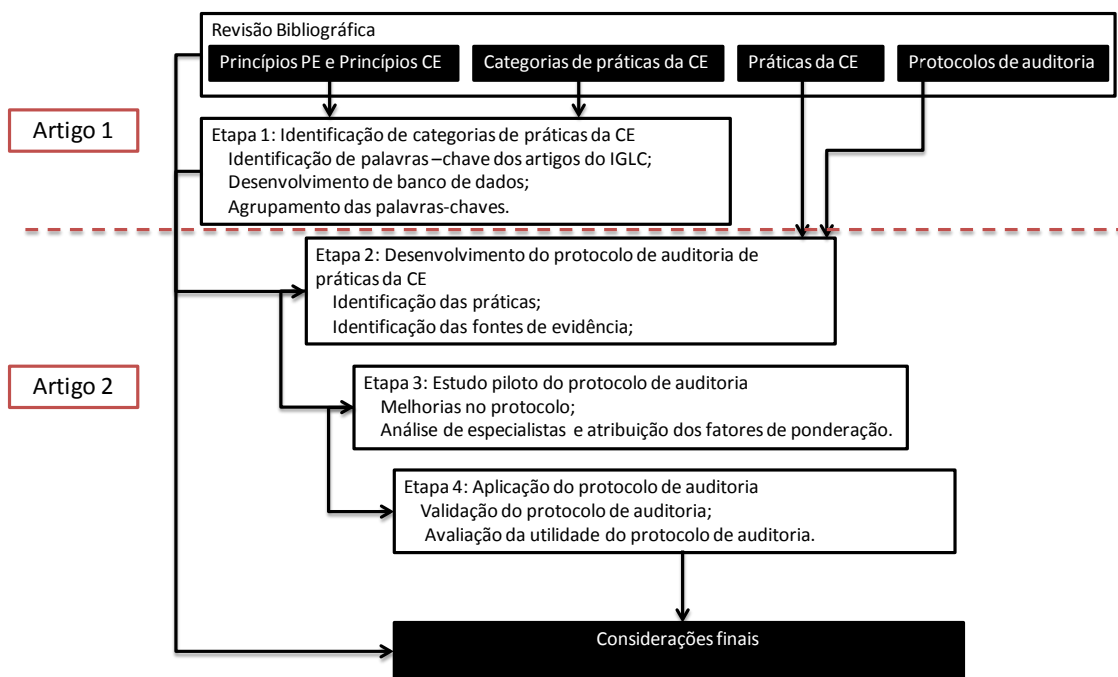


Figura 1: Delineamento de pesquisa

O primeiro artigo desenvolve a etapa 1 deste trabalho e identifica as categorias de práticas mais trabalhadas e pesquisadas no contexto da CE. Para isso, neste trabalho são analisados os artigos publicados no IGLC e identificadas, com base nas palavras-chave, as categorias de práticas da CE.

O segundo artigo desenvolve as etapas 2, 3 e 4 deste trabalho. Parte das categorias de práticas e do banco de dados resultante da análise do primeiro artigo e desenvolve as etapas para a formulação de um protocolo de auditoria de práticas da CE. Como etapa de desenvolvimento do protocolo, é realizada uma aplicação piloto na qual são identificadas deficiências e promovidas melhorias, tais como um sistema de atribuição de pesos a cada prática. A importância desta atribuição de pesos é verificada para diferenciar as práticas de acordo com seu impacto em relação aos princípios da CE. A avaliação de especialistas permitiu verificar que práticas como: “A distribuição interna ao canteiro de obras dos materiais é realizada de acordo com a demanda dos clientes internos” ou “Existe processo de identificação do valor requerido pelo cliente antes do desenvolvimento do produto”, são mais importantes que práticas como: “Existe incentivo a atividades externas ao canteiro de obras tais como esporte, educação, cultura” dentro dos princípios defendidos pela CE. Por fim, foi realizado um estudo de caso em um empreendimento da construção civil de Porto Alegre e foi avaliada a utilidade do protocolo de auditoria.

O detalhamento das etapas descritas na Figura 1 ocorre na descrição do método de pesquisa dos dois artigos. O capítulo 4 revisa as conclusões gerais identificadas e aponta sugestões para próximos trabalhos.

1.3. Limitações da pesquisa

A análise de palavras chaves para identificar as categorias de práticas da CE se limitou a analisar as palavras-chave dos artigos publicados no IGLC no período de 1993 a 2010. O desenvolvimento do protocolo de auditoria foi limitado a um estudo de caso desenvolvido em um único empreendimento. Não foi desenvolvida uma análise de relação conceitual entre as práticas identificadas.

CAPÍTULO II – ARTIGO 1

**IDENTIFYING LEAN CONSTRUCTION CATEGORIES OF PRACTICES IN THE IGLC
PROCEEDINGS**

IDENTIFYING LEAN CONSTRUCTION CATEGORIES OF PRACTICES IN THE IGLC PROCEEDINGS

Bernardo M. B. S. Etges³, Tarcisio A. Saurin⁴; Iamara R. Bulhões⁵

ABSTRACT

The International Group for Lean Construction (IGLC) Annual Conferences have become an important source of both theoretical developments and reports of practical applications concerned with the adaptation of lean production ideas into construction. This paper presents an analysis of the lean practices that have been discussed in IGLC conference papers. It used as a starting point an analysis and classification of 3139 keywords from 672 papers published between 1993 and 2010. A set of practices was identified and classified in categories. More than 50% of the papers were focused on four categories: production planning and control (18.4%), product development (16.4%), logistics and supply chain management (9.7%), and human resources (9.1%). Moreover, the study pointed out that some important lean construction practices have not been emphasized in the papers, such as those related to quality control, standardization and pull production.

Keywords: Lean Construction practices, bibliometry, IGLC

1. Introduction

While the principles of lean construction (LC) defined by Koskela (1992) and Koskela (2000) are similar to the principles of lean production (LP) (Womack et al., 1990; Liker, 2004), the similarities are not as evident when the practices emphasized by LP and LC are taken into account (Salem et al., 2006). In this paper, LC practices are defined as management routines, based on LC principles, implemented with some degree of standardization and success on construction sites. The practices must be observable in terms of efficiency and effectiveness. Categories of LC practices are labels allocated to a set of practices that share similar goals.

On the one hand, a set of LP practices is used in a relatively uniform way in manufacturing industry, such as kanbans and quick setups. On the other hand, the identification of typical LC practices is not so straightforward. A noteworthy exception is the Last Planner system of production planning and control, which has been widely recognized as a mean to operationalize the LC principles (Ballard, 2000).

The lack of clear practices to implement LC creates difficulties, such as those of: (a) assessing to what extent the industry, as a whole, and each company in particular, is advancing towards

3 M.Sc. Student, Postgraduate Program in Production Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brazil, bernardo.m.etges@gmail.com

4 Associate Professor, Postgraduate Program in Production Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brazil, saurin@ufrgs.br

5 Research Fellow, Postgraduate Program in Production Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brazil, iamara@producao.ufrgs.br

a lean system; and (b) supporting companies that wish to adopt LC as a business philosophy. In fact, it is well-known that LP implementation involves the absorption of lean principles by the organizational culture and that the application of practices does not guarantee the use of the principles (Spear and Bowen, 1999). Nevertheless, this absorption is a slow and gradual process, which is facilitated by the introduction of practices (Mann, 2005).

In this context, this paper seeks to identify categories of practices that can be associated with LC as well fields that can be improved in construction industry. Such identification was based mostly on analyzing the papers published in the proceedings of IGLC, although other key studies published elsewhere have also been consulted. The analysis of the IGLC papers was the subject of an earlier work by Alves and Tsao (2007), who investigated the meaning of LC and identified what the main topics researched in the LC community were.

Another literature review on the IGLC papers was conducted by Pasquire and Connor (2011), who tested the hypothesis that the references used in the papers consisted mainly of material developed in the group itself. The results were not conclusive, to the extent that strong evidence was found to support both the hypothesis that the IGLC group has been fairly endogenous and to support the hypothesis that construction theory in the IGLC has drawn on other disciplines as well (Pasquire and Connor, 2011).

2. Research Method

This study was conducted in four stages. The first consisted of a literature review focused on the classical references of LP (Ohno, 1997; Shingo, 1989; Womack et al, 1990; Spear and Bowen, 1999; Liker, 2004) and LC (Ballard and Howell, 1998a; Ballard e Howell, 1998b; Koskela, 1992; Koskela, 2000). Based on this, categories of practices that could be applicable to LC were identified.

In the second stage, all the keywords mentioned in the IGLC papers between 1993 (the first event) and 2010 (the penultimate event) were catalogued. The sample includes 736 papers, of which 672 with keywords. A database compiled information about each paper, including the following categories: the theme in which the paper was classified in the proceedings, the title, the abstract and keywords. In total, 3.139 keywords were worked on. Each keyword was used only once. The identical keywords were grouped, which resulted in 1.507 distinct keywords being identified. Then, these keywords were grouped again by similarity in meaning, resulting in 84 categories of keywords. It is worth noting that 818 (26.1%) keywords were considered unrelated to any practice. Examples of such keywords are: alliance, engineering review, formula, justice and theory.

In the third stage of the study, the groups of keywords were associated with the categories of practices. Thus, it was possible to quantify the number of keywords related to each category of practice. The fourth step consisted of analyzing the results, by discussing the categories of practices most emphasized by IGLC.

3. Results and Discussion

3.1. Identifying the categories of LP practices applicable to construction

Table 1 and table 2 show the categories of lean practices applicable to construction, identified based on the literature review. On the one hand, LP literature mentions two categories of practices that were not identified in the analysis of the keywords of the IGLC material: quick setups and total productive maintenance. On the other hand, LC literature has paid attention to the category of practice referred to as safety and sustainability, which has not been emphasized by classical LP literature.

Table 1: Categories of Practices

Categories of practices	Description	LP References	LC References
Human Resources, Multifunctionality and Job autonomy	Adding value to human resources in the productive sector. Training , team development, motivation, salary policies, behavioral analysis. Multi-functionality and job autonomy aspects are defined by LP as a necessity to meet fluctuations in the product demand.	Liker (2004)	Alarcón (1995), Koskela (1992), Salem et al., (2006)
Continuous Improvement	Problems identification in the process, groups of problems discussion, implementation of activities feedback and internal benchmark development. Further more, organizations should be seen as a place for continuous learning, which identifies problems in the current scene and project future solutions (value stream mapping, PDCA),	Spear and Bowen (1999), Liker, (2004) Womack et al. (1990), Mann (2005)	Alarcón and Mardones (1998), Koskela (2000)
Standardized Work	Use of standard operation cards, measures to avoid waste in productivity and quality. Enable the identification and understanding of the deviations. As standardization is achieved, the product quality, process quality and the labor quality are increased (continuous improvement).	Spear e Bowen (1999), Shingo (1989), Womack et al. (1990).	Koskela (1992), Koskela (2000), Gallardo et al (2006)
Safety and Sustainability	The lack of safety is a major source of waste in construction. Beyond meeting mandatory requirements and legislation, it is expected from construction safety management the development of proactive measures and practices. Application of lean practices is also a way to reduce environmental damages. In reducing wastes in the processes is a way to implement sustainable features.		Camraia et al. (2005), Salem et al. (2006), Bae and Kim (2007), Song and Liang (2011), Koskela (1992)
Pulled Production	One of the main concepts in the LP development is to schedule the production from a customer's need. For this mean some character are necessary: very reliable methods, multidisciplinary labor systems, production and logistics control (kanban), inventory and cycle times control.	Shingo (1989) , Liker (2004),	Koskela (1992), Koskela (2000), Ballard and Howell (1998), Arbulu et al. (2003)
Visual Management and Performance Metrics	Visual management, in LP, is identify the process and verify if there is any deviation from the reference instantly. In construction the visual management operates in management of nine fields: process, performance, knowledge, inventory, maintenance, safety, quality, production and image. For the LP, examples of visual management and control are visual kanban, flow cell unit, andon, standardized work, obeya and performance metrics.	Shingo (1989), Liker (2004), Mann (2005)	Tezel et al. (2010), Alarcón et at. (1999)
Planning and Production Control	Establish methods of production distribution and control it in every step of the process, and, in the same time develop flows an understand the activities connections is essential in LP. One of the most widespread practices in construction aimed at planning and control of production activities is the Last Planner. Existence of an overall schedule, schedule of medium-term to eliminate restrictions and schedule short-term with the definition of activities by staff shall comprise the PPC in construction sites.	Womack et al. (1990), Spear and Bowen (1999), Liker (2004)	Ballard (1993), Koskela (1999), Ballard (2000)
Layout e Flow	Storage locations optimization locations and layouts study in order to reduce transport wastes and dislocations. To observe the internal flows, how people are connected and map delivery of the product for a specific work post at the right time, involves inclusive. the PPC.	Ohno (1997), Spear and Bowen (1999)	Koskela (1992), Alves and Formoso (2000)
Quality Control	Quality in LP is inherently built into the production process. The total quality control (TQC) implies in eliminating waste caused by poor quality as it is perceived, as well as to eliminate wastes caused by physical interruption of flow due to a specific defects or a deviation of the pattern. In manufacturing, quality is directly linked to process control; in construction, it is concerned the compliance of the final product.	Womack et al. (1990), Shingo (1989), Liker (2004),	Koskela (1992), Koskela (2000), Salem et al. (2006)
Logistics and Supply Chain Management	There must be logistics management and and planning in inputs supply to achieve the just in time. The idea of LP at Toyota was to develop a long term partnership between manufacturer, reseller and buyer, the dealer engaging in the production system, and the buyer in the process of product development.	Shingo (1989), Womack e Jones (1997)	Vrijohof and Koskela (1999), Sterki et al. (2007)

Table 2: Categories of Practices – part 2

Categories of practices	Description	LP References	LC References
Information Technology and Communication	Information Technology (IT) works with the production, distribution, storage, usage and safety of all information. In construction, the first uses of IT systems were applied to the flow control of the supply chain and design software. It is also necessary to develop adequate communication systems between productive teams	Liker (2004)	Rischmoller and Alarcón (2005), Atkin (1998), Koskela (2000).
Design Management and Product Development	More than establishing the premises of implementation and compatibility of different designs, the design phase needs, within the LP, capture and transcribe the value perceived by the customer into the final product. For this, are necessary the use of methods of market research, customer satisfaction analysis and feedback analysis, for example.	Womack e Jones (1997), Shingo (1989), Liker (2004)	Formoso et al. (1998), Koskela (2000), Howell et al. (2000)
Costs Control	Cost reduction has been a Toyota's goal since Taiichi Ohno began the movement wastes reduction in Japanese plants. Currently, Toyota has developed the Total Budget Control System, where monthly information are crossed to monitor the budget for all divisions of the company. In constructing measures of target cost management and continuous improvement groups were presented as a measure to reduce wastes and costs	Liker (2004), Shingo (2006)	Koskela (1992), Ballard (2006), Robert and Granja (2006)
Continuous Flow	The continuous flow implementation process has four steps independent of each other: diagnosis, creation of initial conditions, planning, and finally, the control. All these steps are directly linked to the Planning and Production Control and adaptation of tools from LP. Four concepts of LP are critical in the implementation of continuous flow, stability, interdependence, takt time and work elements.	Liker (2004), Rother and Shook (2000)	Picchi and Granja, (2004), Bulhões et al. (2005).
Quick Setup	In LP, the quick setup system enabled the production of multiple models and served the change in customer demand by reducing the time of setups on the assembly line. Quick setup is a characteristic that must be achieved if we are to meet the change in market demand.	Shingo (1989)	
Total Productive Maintenance	Routine and programmed maintenance for tools and equipment to prevent or identify, away from the activity, defects that may come to halt production. There should be a standard procedure for each tool, piece of equipment and function and this should be followed on a daily basis. In civil construction works carried out in some industrial sectors, procedures such as good safety at work practices are used.	Black (2007),	

3.2. Previous LC studies on each category of practice

Table 3 presents the 84 groups of keywords and their association with the 14 categories of LC practices. In the parenthesis beside each category of practice, is the number of keywords related with the category. Figure 1 supplements Table 3, by presenting the percentage of keywords associated with each category of practice.

The predominance of keywords linked to production planning and control (18,4% of the total) results from an extensive spread of the Last Planner system. Indeed, the keyword Last Planner was the most cited one (4.0% of all keywords; 54 papers). Of course, although the keyword Last Planner has been associated only with the category of practice production planning and control, it is also worth noting that Last Planner has implications to a number of other categories of practices, such as design development, supply chain management, and involvement and commitment of the workforce (Sterki et al., 2007, Ballard 1997, Ballard 2000, Heinrich et al., 2005; Sacks and Harel, 2006; Hamzeh et al., 2009; Seppänen et al., 2010). Other examples of studies on the production planning and control category of practice are related to the avoidance of rework (Koskenvesa et al., 2010; Kalsaas, 2010; Liu and Ballard, 2008; Feng et al., 2008) and implementation of continuous flow (Chin, 2010; Liu and Ballard, 2009; Bulhões and Picchi, 2006).

The category of practice referred to as design management and product development (16,4% of the keywords) has also been the subject of a number of studies. In particular, how to draw up a good design has been debated over the years, emphasizing topics such as the

simultaneousness of production activities with the design process, the reduction of the design lead-time, and the means for clash detection (Riley and Horman, 2001; Tzortzoupoulus et al., 2001; Tuholski and Tommelein, 2008; Chua and Hossain, 2008; Jara et al., 2009, Liu and Wang, 2009). There have been other studies with the objective of discussing how to set a target cost and make designs compatible with those costs (Ballard, 2006; Robert and Granja, 2006; Pennanen et al., 2010). Some studies have also been developed on making designs suitable for the use of prefabricated and modular systems (Pasquire and Connolly, 2003; Höök and Stehn, 2005; Simonsson and Emborg, 2007).

Table 3: Categories of Practices identified and related groups of keywords

Human Resources Multifunctionality and Job autonomy (211)	Visual Management and Performance metrics (93)	PPC (427)
Human Resources	Transparency and flexibility	Control
Operation	Visual	Management
Behavior	Performance metrics	Production
Culture	Language	Execution
Coordination	Layout and flow (145)	Reliability
Cooperative network	Flow	Planning
Multidisciplinary workforce	Prefabrication and assembly	Last Planner
Change	Layout	First two dates
Actioners	Location based	Scheduling phases
Relationship	Space	Design Management Product Development (381)
Lean relation	Manufacturing site	Customer
Service Level	Quality Control (51)	Concurrent Engineering
Interaction	Poka Yoke	Tools of concurrent engineering
Solving problems group	Agility	Facilitators of concurrent engineering
Causes analysisi	Quality	Project Management
Continuous Improvement (184)	Logistics and Supply Chain Management (226)	Product Development
Assessment	Supply Chain	Developments
Improvement	Contracts	CAD
Strategy	Logistics	Product Development System
Innovation	Shopping	Product Specification
Benchmarking	Negotiation	Safety and Sustainability (79)
Brokers of innovation	Materials	Safety
Learning	Specification of materials	Sustainability
Capacity	Point recharging	Continuous Flow (74)
Perception	Information Technology Communication (209)	Unit lot
Standardized Work (101)	IT System	Value Stream mapping
Process	Communication	Delivery
Standardization	Computational modeling	Requirements
Pull Production (76)	Software	Lot size
Kanban	Algorithm	Costs Control (64)
JIT	Search	Economy
Pull intensity	Technology	

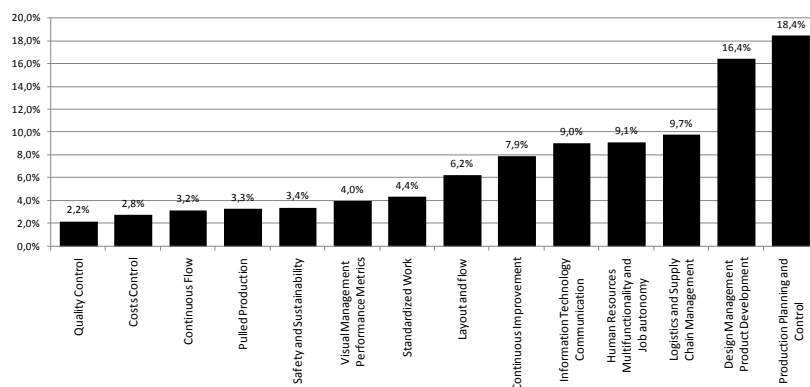


Figure 1: Distribution of the keywords into the categories of LC practices in percentage terms

This category of practice has contributed to emphasizing two important concepts into the evolution of LC theory: the clients' requirements and value for client. Many papers have proposed methods for capturing and meeting clients requirements and incorporating them into design (Miron and Formoso, 2003; Whelton and Ballard, 2003; Leite et al., 2005; Lima et al., 2008). Reports of capturing and transforming clients' requirements into a design that satisfy them have been presented (Codinhoto et al., 2008; Parrish et al., 2008; Kim and Lee, 2010). Such requirements have been sometimes identified based on post-occupancy evaluations (Bordass and Leaman, 2007; Way and Bordass, 2007). Computational tools such as CAD, BIM and 3D drawings have been gradually incorporated in the product development process (Tuholski and Tommelein, 2008; Pennanen et al., 2010).

The category of practices related to logistics and supply chain management (9,7%) is essential to reduce waste (Vrijohef and Koskela, 1999). Some examples of studies on this subject are: logistic systems design, internal and external logistics to the construction sites, kanbans applications, logistics centers managed with standard references (Khafan et al., 2008; Elfving et al., 2010; Hamzeh et al., 2007); analysis of the inter-relationship of supply chains and possible improvements in its management (Sterki et al., 2007; Isatto and Formoso, 2006, Zimmer et al., 2008); thorough studies of the supply chain of construction materials, such as those related to wooden frames, metal pipes, steel frame, pipe supports (Melo and Alves, 2010; Alves and Tommelein, 2006; Huang et al., 2004; Arbulu and Tommelein, 2002.)

The category of practice referred to as human resources, multi-functionality and job autonomy was associated with 9.1% of the keywords. As examples of the focus of those studies, some of them have been developed on which skills a manager implementing LC needs to develop (Pavez and Alarcón, 2006; Pavez and Alarcón, 2007; Pavez and Alarcón, 2008; Polesie, 2010), while others have emphasized motivation policies and incentives to foster commitment to the production goals (Garcia et al., 2006, Miranda et al., 2007). The development of skills to deal with uncertainty has been investigated by Abdelhamid et al. (2009), Chin (2009) and Christensen and Christensen (2010).

Information technology and communication is a category of practice which was associated with 9.0% of the keywords. There were reports on developing computer models to control supply chain flows and design management softwares (Atkin, 1998). Rischmoller and Alarcón (2005) analyzed computer visualization tools based on lean principles with the aim of improving communication. Much of this technology has been developed with a view to better managing the product development process (Kagioglou et al., 2003) and the construction processes (Izaguirre and Alarcón, 2006).

In the range of 4.0% to 8.0% of keywords are the categories of practices referred to as visual management and performance indicators (4.0%), standardized work (4.4%), layout and flow (6.2%), and continuous improvement (7.9%). Below 4.0%, there are five categories of practices: safety and sustainability, pull production, continuous flow, cost control, and quality control.

4. Discussion and Conclusions

On the one hand, the analysis of the distribution of the keywords in the LC categories of practices points out an emphasis on production planning and control, and design management and product development. In fact, for those two categories there seems to be effective adaptations of practices adopted in the manufacturing industry to the construction environment. In the case of Last Planner, the abstraction from manufacturing reached a high level, as a specific set of planning mechanisms (e.g. first-run studies) and vocabulary (e.g. work packages) was devised (Ballard e Howell, 1998a; Ballard e Howell, 1998b; Ballard, 2000).

On the other hand, categories of practices fairly well disseminated in manufacturing, such as pull production and standardization, have not yet been extensively discussed in the LC community. Concerning pull production, its implementation requires reliability and stability of suppliers, both internal and external to the construction site. If these requirements are not in place, the upstream processes are not able to supply the downstream processes at the right time and at the right quantity. In fact, since complying with these requirements may be easier in the more controlled environment of a production system external to the construction site, pull production has been often investigated in the prefabrication industry (Gallardo et al., 2006).

Nevertheless, pull production often happens in a construction site due to the very nature of its processes and technologies. For example, mortar and concrete have to be produced just-in-time to supply other processes, otherwise the materials would deteriorate. However, the lack of explicit use of pull principles brings drawbacks, such as the absence of work-in-process caps and the lack of visual communications between suppliers and clients. Also, there seems to be room for extending pull production to the relationships between the construction site and its external suppliers of materials consumed in high-volumes and in high-frequency (e.g. bricks during the masonry construction phase). In this case, as it happens in manufacturing, visual controls could be used for triggering replenishment of materials, reducing reliance on bureaucratic centralized controls (Smalley, 2004).

Concerning standardized work, the high amount of rework and quality problems in construction sites indicate the necessity for this category of practice. An underlying cause for the few studies on standardized work in construction can lie on the very nature of the LP prescriptions on how to design standard work. Indeed, the practical guidance offered by LP on work standardization is focused on repetitive tasks, subject to little variation and with short cycle times (see, for example, Rother and Harris, 2001). Of course, a number of tasks in a construction site have precisely the opposite characteristics, so the adaptation to construction is not straightforward. As a possible alternative, LC researchers and practitioners should pay more attention on the prescriptions for designing procedures in complex socio-technical systems (see, for example, Dekker, 2003). According to Ballard and Howell (1999), while in manufacturing it is possible to standardize one standard product, in construction, it is necessary to develop standard procedures for project planning and management. For example, it should be realized by LC literature that procedures could be less prescriptive on how to do a task, placing more emphasis on the goals to be achieved and in the provision of the resources to carry out a task (Blakstad et al., 2010).

It is also worth noting that very little emphasis have been placed by LC literature on the training of construction workers. Although the category of practice human resources, multi-functionality and job autonomy was the fourth most often associated with the keywords, the studies are mostly focused on developing the skills of higher hierarchical ranks, rather than front-line workers. This is a major drawback, as it is well-known that a major requirement for a truly lean company is the development of a highly capable workforce (Liker, 2004). On the one hand, researchers and practitioners may be resigned with the systemic drawbacks of construction industry, such as the high turnover and low educational levels of most front-line workers. On the other hand, this may reflect deeper assumptions on the nature of construction. Indeed, the proliferation of formal planning and control practices, of which Last Planner is exemplary, takes for granted that front-line workers know how to do the tasks on a micro level. While this is of course true, this does not mean that tasks in the front-line do not include waste due to a more qualified workforce. From a broader perspective, it seems that LC practices have consistently provided more of the same, in the sense that formal planning and control methods (e.g. Last Planner and BIM), while providing gains not yet fully exploited by industry, have neglected the design of means to take advantage of front-line workers skills (training was a keyword that represented 0,8% the total). This is in contrast with research conducted in other domains, such as medicine and aviation, which are far more advanced than construction in terms of training practices for dealing with complexity (Patterson and Miller, 2010).

Also, two categories of practices that have been fully neglected in the LC literature are certainly applicable to construction sites: total productive maintenance (TPM) and quick setups. TPM could support waste control in construction sites, which can have a number of major (e.g. cranes) and small equipment (e.g. saws) subjected to maintenance routines. Of course, maintenance of such equipment already takes place in construction sites without TPM programs, but this is often due to the requirements of regulations. However, an explicit use of TPM could be insightful, since, for example, greater emphasis could be placed on issues such as autonomous maintenance (i.e. basic routine maintenance carried out by the operators of the equipment), visual warnings on the maintenance status of equipment, as well as a holistic view of their production, safety and environmental impact.

Likewise, the core idea of quick setups, which is the externalization of tasks that hinder flow, could be more systematically adopted in construction sites. Indeed, as it happens with pull production, these ideas have been adopted implicitly. For example, gangs set up and sort out the areas in which concreting will occur, before the arrival of the concrete mixer trucks that bring manufactured concrete. In this case, the concreting is likely not be delayed and interrupted due to tasks that could have been anticipated. An explicit use of the principles of quick setups could lead to the application of the same ideas elsewhere in the construction sites, as well as providing additional gains in the tasks it has been already implicitly adopted.

The drawbacks of the LC literature discussed in this item may be drawn, in part, to the hypothesis raised by Pasquire and Connor (2011) that the LC relies too much on internal developed material. While those authors found ambiguous evidence for supporting that hypothesis, the lack of a mature set of LC practices can reflect the need for drawing attention to a broader literature. Two examples discussed in this section concern the literature on the

management of procedures in complex systems and the literature on workforce training. Concerning opportunities for future studies, resulting from this article, it is possible to stress: (a) the development of new practices to implement LC principles, based on LP practices that have successfully adopted in manufacturing; (b) the development of a protocol on evaluating LC practices, which can help practitioners and researchers to monitor the extent to which a construction company is really lean; and (c) the development of a thorough literature review on the state of the art of LC, which could shed light on the main theoretical gaps and the extent to which theory has been applied in practice. In this respect, an analysis could be specifically made on the IGLC papers written by authors from industry.

5. References

- Abdelhamid, T.; Schafer, D.; Mrozowski, T.; Jayaraman, V.; Howell, G.; Mohamed, A. (2009). Working through unforeseen uncertainties using the ooda loop: a approach for self-managed construction teams. In: 17th IGLC, Taiwan. 573 – 582.
- Alarcon, L. (1997). Lean Construction. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Alarcón, L., Mardones, D. (1998). "Improving the design-construction interface". Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil.
- Alarcón, L.; Rivas, R.; Serpell, A. (1999). "Evaluation and Improvement of the Procurement Process in Construction Projects". Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, USA. 219 – 230.
- Alves, T. and Tsao, C. (2007). "Lean Construction – 2000 to 2006", Lean Construction Journal, Vol. 3. April 2007, 46-70.
- Alves, T.; Formoso, C. (2000). "Guidelines for managing physical flows in construction sites". Proc. of the 8th Conference of the International Group for Lean Construction. Brighton, UK
- Alves, T.; Tommelein, I. (2006). "Investigation of buffer dynamics in sheet metal ductwork supply chains." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 309 – 315.
- Arbulu, R.; Ballard, G.; Harper, N. (2003). "Kanban in construction". Proc. of the 11th Conference of the International Group for Lean Construction, Virginia, USA.
- Arbulu, R.; Tommelein, I. (2002). "Value stream analysis of construction supply chains: case study on a pipe supports used in power plants." Proc. of the 10th Conference of the International Group for Lean Construction. Gramado, Brazil. 183 – 195.
- Atkin, B. (1998). "Unravelling the Value Chain in Construction". Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction. Guarujá, Brazil.
- Bae, J.; Kim, Y. (2007). "Sustainable value on construction project and applications of lean construction methods". Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction, Michigan, USA. 312 – 321.
- Ballard, G.; (1997). "Lookahead planning: the missing link in production control." Proc. of the 5th Conference of the International Group for Lean Construction, Gold Coast, Australia. 13 – 26.
- Ballard, G. (2000). "The last planner™ system of production control." Thesis (Ph.D.), School of Civil Engineering, The University of Birmingham, 192 pp.
- Ballard, G.. (2006). "Rethinking project definition in terms of target costing". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 77 – 89.
- Ballard, G.; Howell, G. (1998a). "What kind of production is construction?" Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil
- Ballard, G.; Howell, G. (1998b) "Shielding Production: Essential Step in Production Control", Journal of Construction Engineering and Management, 124(1):11-17.

- Ballard, G.; Howell, G. (1999). "Bringing Light to the Dark Side of Lean Construction: A Response to Stuart Green." Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA. 33 – 38.
- Black, J.T., 2007. Design rules for implementing the Toyota Production System. International Journal of Production Research.
- Blakstad, H.; Hovden, J.; Rosness, R. (2010). Reverse invention: an inductive bottom-up strategy for safety rule development. A case study of safety rule modification in the Norwegian railway system. Safety Science, 48, 382-394.
- Bordass, B.; Leaman, A. (2007). "Making *feedback* and post-occupancy evaluation routine 1: A portfolio of *feedback* techniques". Building Research & Information. Vol. 33. 347 – 352.
- Bulhões, I.; Picchi, F.; Folch, A. (2006). "Actions to implement continuous flow in the assembly of pre-fabricated concrete structure." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 407 – 419.
- Bulhões, I.; Picchi, F.; Granja, A. (2005). "Combining value stream and process levels analysis for continuous flow implementation in construction". Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 99 – 107.
- Codinhoto, R.; Tzortzopoulos, P.; Rooke, J.; Koskela, L. (2008). "Facilitators and barriers to the integration of healthcare service and building design." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 425 – 434.
- Cambraia, F. B.; Saurin, T. A.; Formoso, C. T. (2005). "Quase-acidentes: conceito, classificação e seu papel na gestão da segurança". In: Encontro Nacional dos Engenheiros de Produção, Porto Alegre, 15pp.
- Chin, C. (2009). "Identifying root causes of long review times for engineering shop drawings." Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan. 557 – 572.
- Chin, C. (2010). "Increasing on-time delivery by selecting the appropriate job-sequencing order." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 457 – 466.
- Christensen, R.; Cristensen, T. (2010). "Lean construction facilities learning on all organisational levels?" Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 406 – 414.
- Chua, D.; Hossain, A. (2008). "Reduced Duration of the design projects with the concept of early estimation of design tasks." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 485 – 494.
- Dekker, S. (2003). Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safety. Applied Ergonomics, 34, 233–238.
- Elfving, J.; Ballard, G.; Talvitie, U. (2010). "Standardizing Logistics at the corporate level towards lean logistic in construction". Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 222 – 231.
- Feng, P.; Tommelein, I.; Booth, L. (2008). "Modeling the effect of rework timing: case study of mechanical contractor." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 691 – 702.
- Formoso, C.; Tzortzopoulos, P.; Jobim, M.; Liedtke, R. (1998). "Developing a Protocol For Managing the Design Process in the Building Industry". Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction. Guarujá, Brazil.
- Gallardo, C.; Granja, D.; Picchi, F. (2006). "Stabilization and Standardization of precast production process". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago do Chile, Chile. 205 – 213.
- Garcia, S.; Romero, A.; Diaz, H. (2006). "Incentive plans for Mexican construction workers." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago do Chile, Chile. 525 – 532.

- Hamzeh, F.; Ballard, G.; Tommelein, I. (2009). "Is the last planner system applicable to design? A case study." Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan. 165 – 176.
- Hamzeh, F.; Tommelein, I.; Ballard, G.; Kaminsky, P. (2007). "Logistics centers to support project based production in the construction industry". Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction, Michigan, USA. 181 – 191.
- Heinrich, G.; Tilley, P.; Koskela, L. (2005). "Context of production control in construction." Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 189 – 198.
- Höök, M.; Stehn, L. (2005). "Connecting lean construction to prefabrication complexity in swedish value element housing." Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 317 – 325.
- Howell, G.; Koskela, L.; Tech, Dr. (2000). "Reforming project management: the role of lean construction". Proc. of the 8th Conference of the International Group for Lean Construction. Brighton, UK
- Huang, C.; Seong, J.; Russel, J. (2004). "Time study on two-echelon supply chain for steel framing construction by using networking simulation model." Proc. of the 12th Conference of the International Group for Lean Construction. Copenhagen, Denmark.
- Isatto, E.; Formoso, C. (2006). "The inter-firm coordination of construction project supply chain". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 293 – 308.
- Izaguirre, I.; Alarcón, L. (2006). "Multidimensional modeling: a mechanism for improving construction project management." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 355 – 368.
- Jara, C.; Alarcón, L.; Mourgues, C. (2009). "Accelerating interactions in project design through extreme collaboration and commitment management – a case study." Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan. 477 – 488.
- Kagioglou, m.; Wu, S.; Aouad, G.; Lee, A.; Cooper, R.; Fleming, A. (2003). "An IT tool for managing the product development process." Proc. of the 11th of the International Group for Lean Construction. Virginia, USA.
- Kalsaas, B. (2010). "Work-time waste in construction." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 507 – 517
- Khalfan, M.; McDermott, P.; Oyegoke, A.; Dickinson, M.; Lis, X.; Neilson, D. (2008). "Applications of kanban in the UK construction industry by public sector clients". Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 347 – 358.
- Kim, Y.; Lee, H. (2010). "Analysing user costs in a hospital: methodological implication of space syntax to support whole-life target value design." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 93 – 102.
- Koskela, L. (1992). "Application of the New Production Philosophy to Construction", Technical Report No. 72, CIFE, Stanford University, CA.
- Koskela, L. (1999). "Management of Production in Construction: A Theoretical View". Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA. 241 – 252.
- Koskela, L. (2000) "An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction". Ph.D. Dissertation, VTT Publications 408, Espoo, Finland, 296 pp.
- Koskenvesa, A.; Koskela, L.; tolonen, T.; Sahlstedt, S. (2010). "Waste and labor productivity in production planning case finnish construction industry." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 477 – 486
- Leite, F.; Miron, L.; Formoso, C. (2005). "Opportunities for client requirements management in low-income house building projects in Brazil." Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 333 – 341.

- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. 14 Management principles from the world greatest manufacturer. 1 ed. United States of America: McGraw-Hill. 352 p.
- Lima, I.; Formoso, C.; Echevestre, M. (2008). "Client requirements processing in low-income house-building using visual displays and the house of quality." *Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction*. Manchester, UK. 459 – 470.
- Liu, J.; Wang, W. (2009). "Simulation-based scheduling model for multiple design projects." *Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction*. Taipei, Taiwan. 523 – 532.
- Liu, M.; Ballard, G. (2008). "Improving labor productivity through production control." *Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction*. Manchester, UK. 657 – 666.
- Liu, M.; Ballard, G. (2009). "Factors affecting work flow reliability – a case study ." *Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction*. Taipei, Taiwan. 177 – 186.
- Mann, D. (2005). "Creating a lean culture: tools to sustain lean conversion." New York: Productivity Press.
- Melo, R.; Alves, T. (2010). "Investigation of the supply chain of prefabricated wooden doors." *Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction*. Technion, Haifa, Israel. 192 – 201.
- Miranda, A.; Costa, J.; Heineck, L. (2007). "Exploiting motivation in the change towards automation in construction projects." *Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction*. Michigan, USA. 442 – 452
- Miron, L.; Formoso, C. (2003). "Client requirement management in building projects." *Proc. of the 11th of the International Group for Lean Construction*. Virginia, USA.
- Ohno, Y. (1997), *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Bookman, Porto Alegre.
- Parrish, K.; Wong, J.; Tommelein, I.; Stojadinovic, B. (2008). "Value propositions for set-based design of reinforced concrete structures." *Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction*. Manchester, UK. 495 – 506.
- Pasquire, C. and Connor, P. (2011). "Where does the Theory Informing the International Group for Lean Construction Come From?"
- Pasquire, C.; Connolly, G. (2003). "Design for manufacture and assembly." *Proc. of the 11th of the International Group for Lean Construction*. Virginia, USA.
- Patterson, E.; Miller, J. (2010). *Macro-cognition Metrics and Scenarios: design and evaluation for real-world teams*. Burlington: Ashgate.
- Pavez, I.; Alarcón, L. (2006). "Qualifying to support lean construction in contractor organizations." *Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction*. Santiago, Chile. 513 – 524.
- Pavez, I.; Alarcón, L. (2007). "Lean construction professional's profile (LCPP): understanding the competences of lean construction professional." *Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction*. Michigan, USA. 453 – 464.
- Pavez, I.; Alarcón, L. (2008). "Lean construction professional's profile (LCPP): implementation in Chilean contractor organizations." *Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction*. Manchester, UK. 231 – 240.
- Pennanen, A.; Ballard, G.; Haahtela, Y. (2010). "Designing to a target costing process." *Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction*. Technion, Haifa, Israel. 161 – 170.
- Picchi, F.A.; Granja, A. D. (2004). "Construction Sites: Using Lean Principles To Seek Broader Implementations" *Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction*, Elsinore, Denmark.

- Polesie, P. (2010). "Lean construction philosophy and individual freedom." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 376 – 385.
- Riley, D.; Horman, M. (2001). "The effects of design coordination on project uncertainty." Proc. of the 9th Conference of the International Group for Lean Construction. Singapore.
- Rischmoller, L.; Alarcón, L. (2005). "Using lean principles as a framework to study information technology in construction". Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 171 – 178.
- Robert, G.; Granja, A. (2006). "Target and kaizen costing implementation in construction". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 91 – 105.
- Rother, M.; Harris, R. (2001). *Creating Continuous Flow: an action guide for managers*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute.
- Rother, M.; Shook, J. (2000). *Learning to see*. Brookline, Massachusetts, USA, 100 pp.
- Sacks, R.; Harel, M. (2006). "How last planner motivates subcontractors to improve plan reliability – a game theory model." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 443 – 454
- Salem, O.; Solomon, J.; Genaidy, A.; Minkarah, I. (2006). "Lean Construction: From Theory to Implementation." *ASCE, Journal of Management in Engineering*, October, 168-175.
- Seppänen, O.; Ballard, G.; Pesonen, S. (2010). "The combination of last planner system and location-based management system." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 467 – 476.
- Shingo, S. (1989). "A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint". Portland, OR: Productivity Press.
- Simonsson, P.; Emborg, M. (2007). "Industrialization in Swedish bridge engineering: a case study of lean construction." Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction. Michigan, USA. 244 – 253.
- Smalley, A. (2004). *Creating Level Pull*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute.
- Song, L.; Liang, D. (2011). "Lean construction implementation and its implication on sustainability: a contractor's case study". *Journal of Civil Engineering*. Published by NRC Research Press. 350–359.
- Spear, S. and Bowen, H.K. (1999). *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Harvard Business Review, September, 97–106.
- Sterki, M.; Isatto, E.; Formoso, C. (2007). "Integrating strategic project supply chain members in production planning and control". Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction. Michigan, USA. 159 – 169.
- Tezel, A.; Koskela, L.; Tzotopoulos, P. (2010). "Visual Management in Construction – Study Report in Brazilian Cases". SCRI Research Report 3. University of Salford, Salford, England. 28pp.
- Tuholski, S.; Tommelein, I. (2008). "Design structure matrix (DSM) implementation on a seismic retrofit." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 471 – 484.
- Tzotopoulos, P.; Formoso, C.; Betts, M. (2001). "Planning the product development process in construction: an exploratory case study." Proc. of the 9th Conference of the International Group for Lean Construction. Singapore.
- Vrijhoefi, R.; Koskela, L. (1999). "Roles of Supply Chain Management in Construction". Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA. 133 – 146.
- Way, M.; Bordass, B. (2007). "Making *feedback* and post-occupancy evaluation routine 2: Soft landings – involving design and building teams in improving performance." *Building Research & Information*. Vol. 33. 353 – 260.

- Whelton, M.; Ballard, G. (2003) "Dynamic states of project purpose: transitions from customer needs to project requirements – Implications for adaptative management." Proc. of the 11th of the International Group for Lean Construction. Virginia, USA.
- Womack, J.; Jones, D.; and Roos, D (1990).The machine that changed the world, Rawson Associates, New Youk. 323pp.
- Womack, J. and Jones, D (1997). "Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation". New York: Simon and Schuster
- Zimmer, E.; Salem, O.; Genaidy, A.; Shell, R.; (2008). "Case study: lean supply chain management in construction projects." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction.Manchester, UK. 381 – 388.

CAPÍTULO III – ARTIGO 2

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO USO DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO USO DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

RESUMO

As práticas da Construção Enxuta (CE) têm sido, gradativamente, disseminadas no setor da Construção Civil. Deste modo, são necessários mecanismos que permitam avaliar o uso de práticas da CE, tendo em vista facilitar a identificação dos pontos fortes e fracos do processo de implantação da CE no setor. Neste sentido, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protocolo de avaliação de práticas da CE, que tem as características de originalidade: (a) a atribuição de fatores de ponderação a cada prática, segundo o seu grau de importância atribuído por percepções de especialistas; (b) o estabelecimento de vínculos conceituais entre cada prática e princípios enxutos; (c) a seleção das práticas incluídas no protocolo com base em uma revisão sistemática da literatura sobre CE; e (d) a aplicação piloto do protocolo como etapa do processo de desenvolvimento da auditoria. O protocolo foi validado por meio de sua aplicação em um empreendimento residencial, o que permitiu identificar benefícios da utilização e a análise quanto a sua utilidade.

Palavras-chave: construção enxuta; produção enxuta; auditoria; protocolo

ABSTRACT

The Lean Construction (LC) practices has gradually spread in the Construction Industry. Accordingly, mechanisms are necessary to evaluate the use of LC practices, to facilitate the identification of the strengths and weaknesses of the LC implementation process. In this sense, this paper presents the development of a protocol for assessing LC practices, which has the characteristics of originality: (a) assigning weighting factors to each practice, according to their degree of importance attributed by perceptions of experts, (b) the establishment of conceptual links between each practice and lean principles, (c) the selection of the practices included in the protocol based on a systematic review of the LC literature, and (d) the application of the protocol as pilot stage of the development process of the audit. The protocol was validated through its application in a residential project, which allowed its analysis of usefulness.

Keywords: lean construction; lean production; audit; protocol

1. Introdução

A necessidade da construção civil em aumentar sua capacidade produtiva, a qualidade do seu produto e reduzir perdas e custos, tem levado o setor a desenvolver melhorias no gerenciamento de seus processos. Assim, utilizar sistemas de Produção Enxuta (PE) se tornou uma alternativa para as empresas construtoras. Contudo, uma vez que a PE tem sua origem na manufatura, é necessário adaptar a mesma às particularidades da construção civil, tarefa que iniciou com o trabalho de Koskela (1992), que cunhou o termo Construção Enxuta (CE) e desenvolveu um conjunto específico de princípios enxutos para a construção civil.

Tais princípios, por sua vez, têm sido operacionalizados por meio de práticas. Por exemplo, o sistema Last Planner de Controle da Produção é tido como um meio de implantar o princípio da produção puxada na construção civil (BALLARD, 1993; BALLARD, 2000). A gradativa disseminação de práticas como essa, associadas aos resultados positivos obtidos por muitas empresas, tem levado a um crescente interesse das construtoras pela CE. Em função desse cenário, há a necessidade de desenvolver ferramentas que permitam auditar os processos de implantação da CE, tendo em vista identificar oportunidades de melhorias e boas práticas que sirvam de referência para outras empresas. Uma auditoria, de acordo com Chiesa et al. (1996), identifica lacunas entre o desempenho atual e o desejado para, assim, fornecer informações que possam ser utilizadas no desenvolvimento de planos de ação para a melhoria.

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar a aplicação de princípios e práticas da CE (CARVALHO, 2008; HOKACKER et al., 2008; SALEM et al., 2006; VALENTE et al. 2012). Carvalho (2008) propõe um questionário que possibilita avaliar os onze princípios propostos por Koskela (1992), com base nas percepções de representantes da diretoria, engenharia, operários, fornecedores, projetistas e clientes. Porém não é realizada uma análise da escolha de cada questão em relação a literatura ou aos princípios.

Hofacker et al. (2008) desenvolveram um método de aplicação simples e rápida para avaliar o nível de aplicação da filosofia enxuta na construção civil. Contudo, o método não avalia diversas práticas reconhecidamente importantes, tais como o uso de indicadores de desempenho. Além disso, similarmente ao trabalho de Carvalho (2008), os vínculos conceituais entre os requisitos de avaliação e os princípios da CE ou PE não são explícitos.

Salem et al. (2006) desenvolveram uma revisão da literatura sobre a transferência dos princípios da PE para a construção e fazem uma análise da aplicação de técnicas desenvolvidas na manufatura aplicadas na CE. O trabalho foi desenvolvido em um empreendimento com o objetivo de implementar e avaliar os valores de diferentes técnicas da CE. Para isso uma das etapas do trabalho foi o desenvolvimento de um protocolo de auditoria que possibilitou identificar uma sensível melhoria no desempenho do empreendimento após três rodadas de avaliação. Uma deficiência apontada pelos próprios autores refere-se à falta de um estudo piloto, que tivesse permitido a identificação de falhas e inconsistências antes da aplicação definitiva e da obtenção de resultados do protocolo.

Valente et al. (2012) desenvolveram um protocolo de avaliação de práticas da CE preparado de acordo com as necessidades e aplicações específicas da empresa onde foi implantado. Foi desenvolvido com o objetivo de motivar a melhoria contínua das práticas enxutas já

incorporadas na empresa. Contudo, como o desenvolvimento do trabalho teve por objetivo avaliar uma única empresa houve ênfase em algumas práticas em detrimento de outras que não eram usadas ou não eram relevantes no caso em questão. A argumentação acerca da escolha das práticas também foi pouco aprofundada no trabalho, não sendo explicitados os vínculos entre as práticas e os princípios teóricos que as justificassem. Da mesma forma que Salem et al. (2006), o estudo de Valente et al. (2012) também não envolveu aplicação piloto. Vale salientar que um aspecto comum aos quatro trabalhos citados (CARVALHO, 2008; HOKACKER et al., 2008; SALEM et al., 2006; VALENTE et al. 2012) diz respeito à falta de avaliação da importância dos atributos (práticas ou princípios da CE), em relação a teoria da CE. Os resultados quantitativos atribuídos aos empreendimentos analisados nos trabalhos decorrem da média aritmética do conjunto de questões propostas.

Além disso, também há estudos cujo propósito foi o desenvolvimento de métodos para auditar práticas específicas da CE. O protocolo de avaliação de boas práticas do planejamento e controle da produção é um exemplo (BERNARDES, 2001; BULHÕES e FORMOSO, 2005; RECK, 2010)

Desta forma, o presente trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de um protocolo de auditoria de práticas da CE, o qual avança em relação aos estudos similares anteriores nos seguintes aspectos: (a) a atribuição de pesos a cada prática, com base em opiniões de especialistas; (b) o estabelecimento de vínculos conceituais entre cada prática e princípios enxutos; (c) a seleção das práticas incluídas no protocolo com base em uma revisão sistemática da literatura sobre CE; e (d) a aplicação piloto do protocolo como etapa do processo de desenvolvimento da auditoria. Em termos práticos, o protocolo visa a contribuir para a identificação da maturidade das práticas da CE, bem como identificar lacunas e oportunidades de melhoria. Como limitações do trabalho ocorrem: (a) o desenvolvimento e aplicação piloto, bem como o estudo de caso em um único empreendimento de forma a validar o protocolo; e (b) as relações conceituais entre as práticas definidas para o protocolo não serão avaliadas.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Princípios da PE

A literatura apresenta diversas definições de princípios, conceitos e práticas para a PE e CE. Ambas as teorias evoluíram em suas descrições desde suas primeiras publicações. Shingo (1989) afirmou que seria um erro simplesmente copiar as características externas da PE ressaltando que o sistema não pode ser corretamente aplicado sem uma compreensão geral dos princípios sobre os quais está embasado. No STP se não houver compreensão dos elementos básicos, não haverá compreensão do todo. (SHINGO, 1989). A partir do trabalho de Koskela (1992) a PE começou a ser adaptada à construção.

Os primeiros princípios publicados estabelecidos para a PE foram de Shingo (1988, 1989) que acredita na necessidade da sincronização da produção e redução de estoques (*kanban* e JIT), da redução de tempos de set-up (sistemas de troca rápida de ferramenta), da garantia da qualidade e da autonomia. Posteriormente, na PE, trabalhos de Womack e Jones (1996), Spear e Bowen (1999), Liker (2004) reavaliaram os princípios desta teoria priorizando foco no

valor e no cliente, além de aprimorar as ideias de fluxo, qualidade e redução de perdas. Womack e Jones (1996) foram um dos primeiros autores a formalizar o foco no valor para o cliente como princípio na PE e determinaram os objetivos da PE com base em cinco princípios: especificar o valor para o cliente, fluxo de valor (eliminar perdas), fluxo, puxar e melhoria contínua (perfeição).

Na CE, a aplicação da nova filosofia de produção apontada por Koskela (1992), que define os onze princípios que embasaram a aplicação da PE na construção, os desenvolve sobre o modelo de fluxo de produção nos canteiros de obra, tornando evidentes perdas oriundas de atividades que não agregam valor, bem como o próprio processo produtivo. Posteriormente, Koskela (2000) reavaliou a teoria da produção na indústria e na construção e estabelece 12 novos princípios que definem a produção na indústria da construção. O autor argumenta a necessidade de especificar, medir e garantir o valor ao cliente. O foco na identificação e tratamento das perdas e no gerenciamento de fluxo dos processos produtivos são os principais argumentos que diferenciam a CE dos métodos tradicionais de gerenciamento da construção (BALLARD e HOWELL, 1994; BALLARD, 1993). Este foi o foco da CE até 2000 quando Koskela (2000) propõe a teoria Transformação, Fluxo e Valor (TFV) que incorpora princípios de especificar, produzir e garantir valor para o cliente.

2.2. Práticas da CE

No nível das categoria de práticas foi utilizado o agrupamento identificado no trabalho de Etges et al. (2012) que avaliou as palavras chaves dos artigos publicados pelo *International Group for Lean Construction* (IGLC) entre 1993 e 2010 e as agrupou em 14 categorias de práticas. Estas categorias de práticas e o referenciamento teórico são apresentados nos Tabelas 2 e 3. Artigos do IGLC publicados anteriormente a 1996 estão compilados em Alarcón (1997). Segundo Salem et al. (2006) as práticas são projetadas e testadas através de tentativa e erro, até que cheguem a um estágio de refinamento em que os seus benefícios sejam reconhecidos pela organização. Neste trabalho, as práticas da CE são definidas como rotinas gerenciais implantadas com certo grau de padronização e sucesso nos empreendimentos de construção civil. As práticas devem ser observáveis em termos de sua eficiência e eficácia. Categorias de práticas de CE são rótulos atribuídos a um conjunto de práticas que compartilham os mesmos objetivos (ETGES et al., 2012).

Tabela 2: Categorias de práticas – adaptado de Etges et al. (2012)

Categoria de Prática	Descrição	Referências PE	Referências CE
Recursos Humano (RH)	Valorização dos recursos humanos no setor produtivo, treinamentos, capacitação e desenvolvimento de equipes; motivação, políticas de remuneração, análise comportamental, multi-funcionalidade e autonomia da mão de obra são aspectos, definidos pela PE, necessários para atender a flutuação da demanda pelo produto.	Liker (2004)	Alarcón (1995), Koskela (1992), Salem et al., (2006)
Melhoria Contínua (MC)	Identificação dos problemas nos processos, grupos de discussão de problemas, aplicação de feedback das atividades e benchmarking interno. Além disso, as organizações devem ser vistas como local de contínuo aprendizado, onde se identifica problemas no cenário atual e se projeta soluções futuras (mapeamento do fluxo de valor, PDCA).	Spear and Bowen (1999), Liker, (2004) Womack et al. (1990), Mann (2005)	Alarcón e Mardones (1998), Koskela (2000)
Padronização do Trabalho (PT)	Utilização de cartas de operação padrão, medidas para evitar perdas na produtividade e na qualidade. Possibilitar a identificação e compreensão dos desvios. A medida que a padronização é alcançada a qualidade do produto, do processo e da mão de obra aumentam (melhoria contínua).	Spear e Bowen (1999), Shingo (1989), Womack et al. (1990).	Koskela (1992), Koskela (2000), Gallardo et al (2006)

Tabela 3: Categorias de práticas – adaptado de Etges et al. (2012) – continuação

Categoria de Prática	Descrição	Referências PE	Referências CE
Segurança do Trabalho e Sustentabilidade (ST)	A falta de segurança é uma grande fonte de perda na construção. Além de atender aos requisitos normativos e da legislação, espera-se que sejam desenvolvidas medidas pró-ativas de gerenciamento da segurança. Aplicações de práticas enxutas já é uma maneira de reduzir impactos ambientais, pois reduzir perdas nos processos é uma maneira de implementar características sustentáveis.		Cambraia et al. (2005), Salem et al. (2006), Bae e Kim (2007), Song e Liang (2011), Koskela (1992)
Produção Puxada (PP)	Um dos principais conceitos no desenvolvimento da PE é a determinação da produção a partir de uma necessidade do cliente. Para isso são aplicados métodos com elevada confiabilidade, mão de obra multidisciplinar, sistemas de controle da produção e deslocamentos (kanbans), controle de estoques e tempos de ciclo.	Shingo (1989), Liker (2004),	Koskela (1992), Koskela (2000), Ballard and Howell (1998), Arbulu et al. (2003)
Gerenciamento visual (GV)	Gerenciamento visual, na PE, é identificar o processo e verificar se há algum desvio do padrão instantaneamente. Na construção civil o gerenciamento visual opera em 9 campos de gestão: do processo, de performance, do conhecimento, de inventário, de manutenção, da segurança, da qualidade, da produção e da imagem. Para a PE exemplos de gerenciamento e controle visual são o kanban, células de fluxo unitário, andon, trabalho padronizado, obeya e indicadores de desempenho.	Shingo (1989), Liker (2004), Mann (2005)	Tezel et al. (2010), Alarcón et al. (1999)
Planejamento e Controle da Produção (PCP)	Estabelecer métodos de nivelar a produção e controlá-la a cada etapa do processo, assim como desenvolver fluxos e entender as conexões das atividades, é essencial na PE. Uma das práticas mais difundidas na construção civil que visa o planejamento e controle das atividades produtivas é o Last Planner. Existência de um cronograma geral, cronograma de médio prazo para eliminar restrições e cronograma de curto prazo com a definição das atividades por equipe devem compor o PCP nos canteiros de obra.	Womack et al. (1990), Spear and Bowen (1999), Liker (2004), Womack e Jones (1996)	Ballard (1993), Koskela (1999), Ballard (2000)
Layout (LA)	Otimização dos locais de armazenamento e dos layouts de forma a reduzir perdas por transportes e deslocamentos. Estudar os fluxos internos, como as pessoas estão conectadas e mapear a entrega do produto para uma posto específico no momento correto, baseado, inclusive, no PCP.	Ohno (1997), Spear and Bowen (1999)	Koskela (1992), Alves e Formoso (2000)
Controle da Qualidade (CQ)	A qualidade, na PE, não é uma etapa, mas é construída inerente ao processo produtivo. O controle de qualidade total (TQC) implica em eliminar perdas por má qualidade no momento que é percebida, assim como, eliminar perdas por interrupção de fluxo físico, devido a uma especificação deficiente, ou um desvio do padrão. Na manufatura, qualidade é diretamente ligada ao controle do processo, na construção, ela é voltada à conformidade do produto final.	Womack et al. (1990), Shingo (1989), Liker (2004),	Koskela (1992), Koskela (2000), Salem et al. (2006)
Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (LCS)	É necessário haver o gerenciamento da movimentação (logística) e planejamento no fornecimento (suprimentos) de insumos para se atingir o Just in time. A idéia da PE na Toyota era desenvolver uma relação de longo prazo entre montadora, revendedora e comprador, encaixando a revendedora no sistema de produção, e o comprador no processo de desenvolvimento do produto.	Shingo (1989), Womack e Jones (1996)	Vrijhof e Koskela (1999), Sterki et al. (2007)
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Tecnologia de Informação (TI) trabalha com a produção, distribuição, armazenamento, utilização e segurança da informação. Na construção civil, as primeiras utilizações de sistemas de TI foram aplicadas no controle de fluxo da cadeia de suprimentos e em softwares de projeto. É, também, necessário, o desenvolvimento de sistemas de comunicação adequados entre as frentes produtivas.	Liker (2004)	Rischmoller e Alarcón (2005), Atkin (1998), (Koskela, 2000).
Gerenciamento do projeto e desenvolvimento do produto (GPDP)	A fase de projeto, além de estabelecer as premissas de execução e compatibilização dos diferentes projetos, precisa, dentro da PE, captar e transcrever o valor percebido pelo cliente no produto final. Para isso utilizam-se métodos de pesquisa de mercado, análise de satisfação dos clientes, análise de feedback.	Womack e Jones (1996), Shingo (1989), Liker (2004)	Formoso et al. (1998), Koskela (2000), Howell et al. (2000)
Controle de custos (CC)	A redução de custos foi uma paixão da Toyota desde que Taiichi Ohno iniciou a eliminação de perdas de movimento nas fábricas. Atualmente, a Toyota desenvolveu o Total Budget Control System, no qual, mensalmente, informações são cruzadas para monitorar o orçamento de todas as divisões da companhia. Na construção, medidas de gerenciamento de custo alvo e grupos de melhoria contínua foram apresentados como medida pra reduzir perdas e custos.	Liker (2004), Shingo (1989)	Koskela (1992), Ballard (2006), Robert and Granja (2006)
Fluxo Contínuo (FC)	O processo de implementação de fluxo contínuo possui quatro etapas independente entre si: diagnóstico, criação de condições iniciais, planejamento e por fim, o controle. Todas estas etapas estão diretamente ligadas ao Planejamento e Controle da Produção e à adaptação de ferramentas da PE. Quatro conceitos da PE são fundamentais na implementação do fluxo contínuo: estabilidade, interdependência, tempo takt e elemento de trabalho.	Liker (2004), Rother and Shook (2000)	Picchi and Granja, (2004), Bulhões et al. (2005), Bulhões (2009)

2.3. Protocolos de avaliação da CE desenvolvidos em estudos anteriores

Como mencionado na seção anterior, alguns trabalhos já foram desenvolvidos com o objetivo de desenvolver protocolos de avaliação de princípios e práticas da CE. A Tabela 1 mostra as características principais destes trabalhos.

O trabalho de Carvalho (2008) dividiu a avaliação em seis questionários aplicados a diferentes representantes envolvidos na cadeia de valor das empresas avaliadas: diretoria, engenharia, operários, fornecedores, projetistas e clientes. Todos os questionários foram desenvolvidos no objetivo de avaliar a percepção que o interveniente tem sobre a construtora em relação aos princípios de Koskela (1992).

Tabela 1: Tabela resumo de trabalhos que desenvolveram protocolos de avaliação da CE

	Carvalho (2008)	Hofacker et al. (2008)	Salem et al. (2006)	Valente et al. (2012)
Quanto à avaliação de práticas	Não. Questões elaboradas a partir dos princípios adotados.	Não. Questões elaboradas a partir dos princípios adotados.	Sim. Questões elaboradas com base em práticas da CE.	Sim. Questões elaboradas conforme características das práticas aplicadas na empresa.
Quanto à avaliação dos princípios	Sim, Koskela (1992)	Sim, Koskela (1992) e Womack e Jones (1996).	Não há definição de princípios específicos a serem seguidos.	Sim, Womack et al. (1990) e Koskela (1992)
Quanto à avaliação de importância das práticas aos princípios.	Não aplicado	Não aplicado	Não aplicado	Não aplicado
Desenvolvido para uma empresa específica	Não	Não	Sim	Sim
Aplicação piloto	Sim	Sim	Não	Não
Escala de avaliação	Quatro níveis (zero a três)	Sete níveis (zero a seis)	Seis níveis (não aplicado até muito alto)	Cinco níveis (zero a três + NA)
Número de aplicações	Quatro aplicações	Não determinado. Diversas aplicações em empreendimentos na Alemanha e Brasil	Três aplicações no mesmo empreendimento	Aplicações mensais em quatro empreendimentos. Dezesesseis aplicações no total
Avalia práticas específicas ou o sistema da CE em geral	Avalia o sistema da CE e os princípios de Koskela (1992).	Avalia o sistema da CE de maneira rápida.	Avalia as práticas definidas para o protocolo.	Avalia as práticas definidas para o protocolo e o sistema da CE.

O trabalho de Hofacker et al. (2008) foi desenvolvido em parceria entre centros de pesquisa da Alemanha e do Brasil, com base em modelos de avaliação da PE propostos em estudos anteriores: a avaliação rápida da planta (Goodson⁶, 2002, apud Hofacker et al., 2008) e a avaliação do nível de aplicação da produção enxuta (Soriano-Meier, Forrester, 2001⁷, apud Hofacker et al., 2008). O trabalho baseou-se nos princípios de Womack e Jones (1996) e de Koskela (1992). Estes princípios foram distribuídos em 6 categorias: foco no cliente; consciência de perdas; qualidade; fluxo de materiais; organização, planejamento, fluxo de informações; e melhoria contínua.

⁶Goodson, E., (2002) Eine Fabrik unter die Lupe nehmen – schnell und effizient, (Rapid-Assessment-Plant) Harvard Business, Vol 6.

⁷Soriano-Meier, H., Forrester, P.L. (2002) A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms, Journal of Integrated Manufacturing Systems, Vol 13/2, page 104-109

Salem et al. (2006) revisaram os princípios da PE e CE de forma geral, sem se basear em autores específicos, e desenvolveram um protocolo de avaliação de seis práticas da CE: *Last Planner*, qualidade a prova de falhas (*fail safe for quality*), 5S, visualização, reuniões participativas (*huddle meetings*), *first-run studies*. A definição destas seis práticas ocorreu com base em quatro características da PE que, segundo os autores, podem ser transferidas e aplicadas na CE: variabilidade de fluxo, variabilidade de processo, transparência, melhoria contínua.

Valente et al. (2012) avaliaram sete práticas na empresa foco do estudo: gerenciamento e planejamento da produção; *kanbans*; fluxo; produção; transparência; limpeza, organização e segurança. Percebe-se neste trabalho a relação existente entre nível de aplicação das práticas com o estágio físico da obra. Os autores apontam que não é possível comparar resultados da avaliação com obras em estágios distintos de evolução física, pois algumas ferramentas avaliadas não estão aplicadas em todas as fases do empreendimento devido às características das atividades. Por exemplo, atividades de mobilização e desmobilização possuem limitações à aplicação de ferramentas padronizadas, se comparadas ao ciclo executivo de alvenarias e estrutura entre pavimentos tipo. Porém, os autores apontam uma linha de evolução dos resultados a ser comprovada na utilização do checklist em um único empreendimento.

3. Método de pesquisa

3.1. Delineamento da pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas principais: (a) elaboração do protocolo de avaliação de práticas da CE, com base em uma pesquisa bibliográfica; e (b) aplicação do mesmo em uma empresa da construção civil.

A elaboração do protocolo foi dividida em 3 subetapas: (a) definição das práticas a serem avaliadas (etapa 1A); (b) definição das fontes de evidências que permitiriam a avaliação das práticas (etapa 2A); e (c) definição de um sistema de pontuação para avaliação das práticas com base na opinião de especialistas (etapa 3A).

A aplicação do protocolo também foi dividida em 3 subetapas: (a) aplicação piloto a um empreendimento de uma construtora, tendo em vista identificar necessidades mais evidentes de melhorias no protocolo (etapa 1B); (b) aplicação da versão refinada do protocolo (etapa 2B); e (c) reunião de apresentação dos resultados, na qual também foi entrevistado um gerente da empresa onde foi realizado o estudo, acerca da utilidade de uso do protocolo (etapa 3B).

3.2. Elaboração do protocolo

3.2.1. Etapa 1A – Definição de práticas

As categorias de práticas a serem avaliadas foram definidas com base nos resultados do estudo de Etges et al. (2012) que analisaram as palavras chaves dos artigos publicados no IGLC entre 1993 e 2010 e as agruparam em 14 categorias (Tabelas 2 e 3). Esse estudo fez uma ampla revisão do material publicado sobre categorias de práticas e inovações na CE e identificou lacunas que necessitam maior aprofundamento de estudo e aplicação. Para esse

trabalho, a avaliação do conjunto das categorias de práticas levou à separação da categoria de prática Segurança do Trabalho (ST) da de Sustentabilidade (SUS).

A aplicação das práticas identificadas foram resultado da pesquisa na literatura, principalmente nos artigos que compuseram o banco de dados do trabalho de Etges et al. (2012). Este banco de dados relacionou, além das palavras-chaves, os autores, título, ano e seção da publicação nos anais do IGLC. Foram analisados, principalmente, artigos de caráter prático que desenvolveram a aplicação de conceitos da PE e da CE nos processos construtivos. Alguns exemplos de artigos com aplicações práticas são Misfeldt e Boken (2004), em controle da qualidade; Bulhões et al. (2005 e 2006) em seu estudo focado em aplicar fluxo contínuo; Arbulu et al. (2003) com o uso de *kanbans* na categoria de produção puxada; Saurin et al. (2002) em segurança do trabalho e Tezel et al. (2010) em gerenciamento visual; Alves e Formoso (2000) em layout; Chin (2009) e os grupos de solução de problemas em melhoria contínua; Miranda et al. (2007) tratando sobre motivação como fonte de autonomia na categoria de recursos humanos; Vrijhoef e Koskela (1999) que traçam diretrizes para o gerenciamento da cadeia de suprimentos na construção em logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Na categoria denominada planejamento e controle da produção, a definição das práticas a serem avaliadas teve como base o protocolo de avaliação definido por Reck (2010), que possui 15 práticas. A utilização do trabalho de Reck (2010) ocorreu devido a já apresentar aplicações em diversos canteiros de obra, o que possibilita comparações.

Outra maneira de justificar a escolha das práticas foi vinculá-las aos cinco princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996) sendo explicitados os motivos do vínculo. A utilização dos princípios defendidos por Womack e Jones (1996) decorre dos mesmos capturarem características essenciais da filosofia enxuta de maneira sucinta em cinco princípios. Os objetivos de vincular as práticas selecionadas aos princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996), estão em justificar a utilização das práticas com a teoria e possibilitar uma avaliação da aplicação dos princípios teóricos nos empreendimentos avaliados.

As aplicações da nova filosofia de produção na construção apontadas por Koskela (1992) não define o que é o valor percebido e determinado pelo cliente. A partir da teoria TFV (KOSKELA, 2000), são incorporados cinco princípios que determinam a utilização de valor na CE (garantir que todas as especificações foram capturadas, assegurar que os requerimentos do cliente não se percam nos processos, compreender os requerimentos dos clientes em cada etapa produtiva, garantir a capacidade produtiva do sistema, e medir o valor). A teoria da TFV se baseou no trabalho de Womack e Jones (1996) para estabelecer seus princípios. Segundo Koskela (2000), Womack e Jones (1996) abordam princípios ou práticas cruciais ao conceito de fluxo, incorporam o conceito de valor aos princípios da PE, porém o conceito de transformação é abordado de forma superficial, mas ainda assim sintetizaram características fundamentais da PE em seus princípios (KOSKELA, 2000).

Na avaliação quanto aos princípios da PE, a Figura 1 apresenta o percentual de práticas vinculadas a cada princípio de Womack e Jones (1996). O vínculo estabelecido para cada prática pode ser verificado no Apêndice A. Percebe-se o foco do protocolo nos princípios de Especificar Valor e Melhoria Contínua (30% e 24% das práticas que compõem o protocolo,

respectivamente), seguidos de Fluxo de Valor, Fluxo e Puxar com 19%, 16% e 11% das práticas relacionadas, respectivamente.

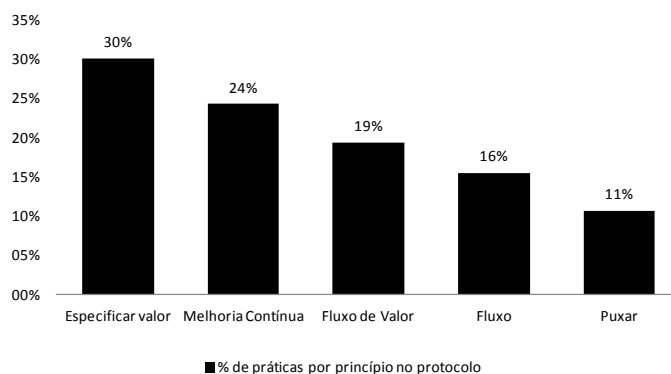


Figura 1: Percentual de distribuição de práticas por princípios de Womack e Jones (1996) no protocolo

Como exemplo do vínculo estabelecido entre as práticas e os princípios segue a Tabela 4. A tabela mostra os vínculos estabelecidos para as práticas da categoria de Padronização do Trabalho.

Tabela 4: Vínculo estabelecido entre as práticas e os princípios de Womack e Jones (1996) para a categoria de prática de Padronização do Trabalho

	Prática	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)
PADRONIZAÇÃO DO TRABALHO			
1	Há um protótipo físico e/ou virtual de produto final atendendo aos requisitos esperados.	Especificar valor	Desenvolver modelo que aplique todos os requisitos especificados em projeto.
2	Existe a definição de um fluxo geral de atividades para o empreendimento que define quais as atividades que precedem outras.	Fluxo	Planejar o empreendimento como um fluxo de atividades.
3	Existe documento de padronização do trabalho.	Especificar valor	Determinar o padrão a ser seguido nas atividades.
4	Existe treinamento sobre os documentos de padronização do trabalho a todos os funcionários envolvidos.	Especificar valor	Treinar equipes a atender aos padrões especificados.
5	Existe avaliação periódica dos documentos de padronização do trabalho.	Melhoria contínua	Aplicar melhoria contínua nos processos de padronização.

3.2.2. Etapa 2A – Definição das fontes de evidências a serem coletadas

A revisão da literatura permitiu identificar, além das práticas, as fontes de evidências para avaliar a ocorrência destas práticas nos empreendimentos onde aplicadas. Três tipos principais de fontes de evidência foram usados: (a) observações da prática; (b) análise de documentação da prática; (c) entrevistas com responsáveis pela realização da prática. Além disso, conforme diretrizes da ISO 19011, foram escolhidas fontes de evidências de acesso ao auditor no local da

auditoria. Esta característica determinou a divisão da coleta de dados para avaliação do empreendimento em uma etapa no canteiro de obras e outra etapa no escritório, onde é possível aferir fontes de evidências das categorias de gerenciamento de projetos e controle de custos. A Tabela 5 mostra as práticas associadas à Produção Puxada, com as respectivas fontes de evidências e referências bibliográficas que justificam a utilização da prática.

Tabela 5: Práticas e fontes de evidência para a categoria de prática de Produção Puxada

	Prática	Fontes de evidências	Referências
PRODUÇÃO PUXADA			
1	Existe identificação visual dos pontos de reposição de estoques.	* Observar se existe demarcação de limite mínimo dos estoques que sinalizam ponto de reposição no local de estocagem.	Arbulu et al. (2003), Sterki et al. (2007).
2	São utilizadas comunicações visuais para controlar a produção e o transporte (kanban).	*Entrevistar o engenheiro sobre a utilização de kanbans no canteiro de obras; *Observar se existe cartões que estabelecem o início das atividades de transporte e atividades de produção; * Observar se a atividade só inicia após o recebimento do cartão que determine seu início; * Observar se o deslocamento de materiais é coordenado por troca de cartões entre as equipes clientes e os locais de armazenamento de materiais; *Entrevistar equipe de produção e operador de elevador cremalheira/grua sobre o procedimento de solicitação e entrega de materiais.	Arbulu et al. (2003), Khalfan et al. (2008), Jang e Kim (2007), Tezel et al. (2010), Brodetskaia et al. (2010), Nagakawa (2005).
3	A distribuição interna ao canteiro de obras dos materiais é realizada de acordo com a demanda dos clientes internos.	* Observar se existe quadro ou documento com a programação de entrega de materiais interna ao canteiro; * Observar se existem cartões kanban que sinalizam a necessidade de materiais pelos clientes internos.	Ballard (1997), Ballard (2000).
4	Existe relação de tarefas suplentes sem restrições no médio prazo que são postas e produção no curto prazo.	*Verificar documento com uma lista de atividades sem restrições resultado do lookahead.	Ballard (1997), Ballard (2000).
5	Existe desenvolvimento de uma rede de fornecedores, para alguns itens de produção, que atuam JIT através da utilização de kanban de entrega de materiais.	* Entrevistar engenheiro sobre JIT com fornecedores externos; * Verificar documento que controla os pedidos e entrega de materiais pelos fornecedores externos.	Khalfan et al. (2008), Hamzeh et al. (2007).

3.2.3. Etapa 3A – Definição do sistema de pontuação

O protocolo estabelece que a avaliação de cada prática pode ser expressa quantitativamente, em três níveis: nota zero para não aplicado; nota 0,5 para parcialmente aplicado e nota 1,0 para totalmente aplicado. Também é possível a atribuição de não aplicabilidade para a prática quando as características do empreendimento não requerem ou não possibilitam o uso da mesma, ou ainda a aplicação da prática, depende de uma prática prévia já não utilizada. Exemplos de práticas que podem ser não aplicáveis são: “Existe treinamento sobre documentos padronização do trabalho a todos os funcionários envolvidos.”, “Existe avaliação periódica dos documentos de padronização do trabalho.” quando não existe documento de padronização do trabalho (avaliado na prática precedente as duas mencionadas). Ou ainda “Existe quadro de avaliação da obra e subcontrados.”, quando a obra não possui mão de obra terceirizada.

Após a aplicação piloto (etapa 1B), foi percebida a inconsistência do sistema de pontuação adotado. Havia práticas de grande importância para os princípios da construção enxuta com mesmo impacto no resultado final do que práticas de notória menor importância. De fato, a utilização de média aritmética não permitia a distinção de relevância de algumas práticas em detrimento de outras.

De forma a melhorar o sistema de pontuação, o protocolo foi submetido à avaliação de um grupo de especialistas em CE com o objetivo de atribuir um fator de ponderação (FP) para cada prática de acordo com a importância julgada pelos especialistas da prática em relação à teoria da CE. Este grupo foi selecionado com base no conhecimento destes profissionais. Todos possuem titulação de mestrado ou doutorado em áreas correlatas a CE ou algum de seus princípios, possuindo publicações a nível internacional. Todos possuem vínculo acadêmico com alguma instituição de ensino nacional ou internacional, seja como doutorandos ou professores.

O protocolo foi enviado a um grupo de 18 especialistas para atribuírem um valor de zero a quatro para cada prática de acordo com a importância da mesma em relação aos princípios da CE, conforme segue: 0 para prática sem relação com os princípios da CE (esta prática poderia ser eliminada do protocolo); 1 para prática com pouca relação com os princípios da CE; 2 para prática com média relação com os princípios da CE; 3 para prática com grande relação com os princípios da CE; e 4 para prática determinante para a aplicação dos princípios da CE. O fator de ponderação resultou da média dos resultados obtidos a partir do retorno de sete especialistas. Ao final da etapa 1B foi obtido o FP para cada prática com base nas avaliações de sete especialistas. Também foi estabelecida a fórmula de cálculo para a atribuição de uma nota de desempenho a cada categoria de prática, categoria de prática ou para todo o empreendimento, conforme equação 1.

$$\text{Nota de desempenho} = \frac{\sum DP_i \times FP_i}{\sum DP_i \times FP_i - \sum \text{práticas } NA_i \times FP_i}$$

Equação 1

Onde:

DP_i = Desempenho obtido na prática (0; 0,5 ou 1);

FP_i = Fator de ponderação da prática;

$\text{práticas } NA_i$ = práticas não aplicáveis.

O valor do desempenho de cada categoria de prática ou do empreendimento será demonstrado em valor percentual, considerando a razão entre os pontos obtidos na avaliação e os pontos máximos possíveis para aquela categoria de prática ou empreendimento. Os pontos máximos possíveis decorrem da soma dos FPs das práticas aplicáveis nas categorias de práticas ou no empreendimento.

O FP obtido para as práticas foi utilizado também na análise da aderência do empreendimento aos cinco princípios da PE utilizados Womack e Jones (1996). Desta forma, outro resultado viabilizado pelo protocolo é a verificação da aderência do empreendimento e da empresa a estes princípios.

3.3. Estudo de caso

Depois de concluído o desenvolvimento teórico do protocolo, o mesmo era constituído de 15 categorias de práticas e 105 práticas, com um conjunto de evidências estabelecido e vínculo

com os princípios defendidos por Womack e Jones (1996). A partir disso foi realizado contato com uma empresa construtora com sede em Porto Alegre e de atuação nacional, que possui ferramentas de gerenciamento de obras avançadas e que demonstrou disponibilidade e interesse no assunto deste trabalho. O contato com a empresa foi realizado através de um dos gerentes que já havia desenvolvido mestrado na área de gerenciamento da construção no NORIE-UFRGS. Através deste contato foi viabilizada a visita a obra e demais etapas que serão descritas nos próximos itens.

3.3.1. Descrição da empresa e do empreendimento analisado

A empresa onde foi aplicado o protocolo é uma empresa incorporadora e construtora com 38 anos de atuação em Porto Alegre. Em 2004 recebeu a certificação do seu sistema de gerenciamento de qualidade em conformidade com os requisitos da norma NBR-ISO 9001:2000 e também do PBQP-H nível A.

A empresa vem desde 1995 desenvolvendo métodos para aprimorar o seu sistema de gestão. Em 1999, a partir do trabalho de uma empresa de consultoria, foi elaborada a primeira versão dos procedimentos de gestão da qualidade e produção da empresa. Neste período, a empresa focou esforços no desenvolvimento de fornecedores de materiais e capacitação de fornecedores de mão de obra dentro dos padrões de produto e qualidade por ela estabelecidos. A partir de 2000 foi estruturado um trabalho com ênfase no Planejamento e Controle da Produção e ferramentas como a linha de balanço e o *Last Planner*. Posteriormente, foram desenvolvidos sistemas de *kanban* internos nos canteiros de obra. Em 2002, todos os engenheiros fizeram um treinamento através de uma consultoria interna sobre Sistema Toyota de Produção que gerou algumas soluções e alguns programas que ainda são aplicados na empresa. Ao longo deste histórico de aprimoramento dos seus processos, a empresa mantém uma boa relação de troca de experiências com as universidades, na qual, invariavelmente, segundo foi relatado, sempre resultou em ganhos para a empresa.

Mesmo havendo todo o trabalho de desenvolvimento de um sistema de gerenciamento dos processos internos da empresa, não existe o objetivo e a determinação de aplicar a CE de maneira sistemática e explícita. Observou-se, inclusive, certo desconhecimento dos conceitos fundamentais da teoria nas entrevistas realizadas com os profissionais na obra e no escritório. O gerente da empresa ressaltou que, no momento, “aplicar a construção enxuta não é um objetivo da empresa.”

Porém, segundo informações coletadas na etapa 3B e observações realizadas nas visitas e entrevistas conduzidas no empreendimento analisado, percebe-se que alguns conceitos e algumas ferramentas da construção enxuta são incorporados em alguns dos processos construtivos, mas como uma maneira focalizada de se reduzir perdas e obter ganhos naquele processo; como aconteceu com o *kanban* de alvenaria e o *Last Planner* para o gerenciamento, por exemplo. Apesar de a empresa reconhecer os benefícios reais da aplicação de algumas ferramentas da CE identificando ganhos de produção e redução de perdas nos processos onde foram aplicadas, ainda não houve a movimentação em aplicar a CE como diretriz de seu sistema interno de gerenciamento de obra.

O empreendimento analisado foi iniciado em janeiro de 2012 e tem previsão de 24 meses de duração. É constituído de dois prédios verticais com área total de 22.189 m²; uma torre possui 16 pavimentos com 4 apartamentos por andar e a outra 14 pavimentos com 6 apartamentos por andar. No período da avaliação (setembro e outubro de 2012), havia 25 funcionários próprios e 95 funcionários subcontratados sob forma de empreitada. Neste período empreendimento encontrava-se em fase de estrutura de concreto armado e elevação de alvenarias, respeitando o intervalo necessário entre as duas atividades. Em conjunto com as alvenarias eram desenvolvidas as instalações elétricas e hidráulicas nos pavimentos. Eram realizadas, também, fundações profundas das garagens no entorno das torres. É um empreendimento financiado por agente bancário e segue o cronograma de medições de andamento físico estabelecido.

3.3.2. Etapa 1B – Aplicação piloto do Protocolo

O empreendimento selecionado para aplicação piloto do protocolo foi o canteiro de obra que vinha apresentando melhores desempenhos nas avaliações internas da empresa. Esta avaliação das obras é realizada mensalmente pela equipe de qualidade da empresa.

A aplicação piloto teve o objetivo de avaliar o protocolo, quanto a disponibilidade das evidências solicitadas, formulação textual das práticas e fontes de evidências, e tempo consumido para sua aplicação. O protocolo foi aplicado no canteiro de obras com a participação do engenheiro residente e responsável pela execução do empreendimento. As fontes de evidências foram acessadas tanto no escritório da obra quanto no canteiro de obras.

A aplicação piloto, considerando a coleta de todos os dados necessários, consumiu cerca de 2,5 h. Além do engenheiro, foram entrevistados funcionários da execução de alvenaria, o almoxarife, o operador de cremalheira e o auxiliar administrativo.

Como resultados da aplicação piloto foram verificadas deficiências no protocolo. Assim, foram excluídas duas práticas, uma na categoria de SUS e outra na categoria de LA. Estas práticas foram excluídas, por já possuírem evidências capturadas em outras práticas ou por participarem com evidências em duas categorias de práticas. Quinze práticas tiveram descrição ou fontes de evidências reformuladas. Sete práticas da categoria de DPGP, duas práticas da categoria de CC e uma prática da categoria CQ possuem fontes de evidências que devem ser verificadas externamente ao canteiro de obras. Desta forma, conforme estabelece Chiesa et al. (1996) foi verificada a necessidade de dividir o protocolo em uma avaliação no canteiro de obras e outra etapa de avaliação aplicada ao escritório da empresa nos setores de projetos e orçamento. De forma a melhor caracterizar o empreendimento, também foram incorporadas ao protocolo questões sobre a empresa e sobre o empreendimento analisado. Além disso, conforme já citado, a aplicação piloto permitiu a identificação de deficiências no sistema de pontuação que levou a definição de fatores de ponderação para cada prática.

3.3.3. Etapa 2B – Aplicação da versão refinada do protocolo

Concluída a etapa de melhorias no protocolo, foi realizada a segunda aplicação prática na mesma empresa e obra. Esta etapa, no entanto, foi dividida em aplicação do documento no canteiro de obras e no escritório da empresa. O documento final possui 15 categorias de

práticas com 103 práticas vinculadas a referências da literatura e aos cinco princípios de Womack e Jones (1996) e com os respectivos FPs definidos. O documento completo do protocolo com as práticas, fontes de evidências, vínculo aos princípios da PE e FPs obtidos após a análise dos especialistas pode ser visualizado no Apêndice A.

No canteiro de obras, foi novamente agendada uma visita com o engenheiro residente. Esta visita foi guiada pelo próprio engenheiro, com auxílio de um dos estagiários a ter acesso à documentação solicitada como fonte de evidência das práticas. As práticas foram avaliadas na mesma sequência em que elas são apresentadas no protocolo.

Na avaliação da documentação de segurança do trabalho, foi envolvido o técnico de segurança responsável pela obra, bem como na etapa de análise da documentação referente ao recebimento de materiais (LCS) foi envolvido o auxiliar administrativo. Após a coleta e análise das evidências no escritório da obra, foi realizada uma visita ao canteiro onde foram verificados itens como gerenciamento visual, comunicação, organização do canteiro, fluxo de obra. Foram entrevistados funcionários de elevação de alvenaria, operador de cremalheira, almoxarife, serventes e encarregado sobre evidências que exigiam entrevistas, tais como: *kanban* de alvenaria, controle de estoques, movimentação de materiais, políticas de RH, por exemplo. Foram evidenciados sinalizações das inspeções de qualidade. Foi verificado se o cronograma da obra representava o que estava em execução, assim como a aferição do layout do canteiro em relação ao estudo. Nesta visita foram feitos registros fotográficos das fontes de evidências. Toda a aplicação do protocolo durou 2,5h.

No escritório da empresa, foi solicitada uma reunião com representantes do Desenvolvimento do Produto e do Projeto da obra visitada, bem como representante do setor de Custos responsável pelo controle do empreendimento em questão. As reuniões foram agendadas após a aplicação do protocolo no canteiro. Com Desenvolvimento do Produto e Desenvolvimento do Projeto, foram envolvidos um responsável de cada área aos quais foram expostas as 7 práticas da categoria DPGP e uma prática de CQ que é atribuída a qualidade do produto entregue. A entrevista de verificação das evidências durou 45 minutos. Com o representante do setor de Orçamento e Controle de Custos, foram expostas as 2 práticas de CC, para as quais foi descrito o procedimento de concepção de orçamento e de controle dos custos incorridos na obra. Para esta entrevista foram necessários 30 minutos.

3.3.4. Etapa 3B – Reunião de apresentação dos resultados e verificação da utilidade do protocolo

A avaliação da utilidade do protocolo é etapa fundamental para trabalhos com o objetivo de desenvolvimento de protocolos de avaliação. A reunião de apresentação dos resultados e verificação da utilidade do protocolo aconteceu com o gerente de obras da empresa, com quem, anteriormente, foi agendada a primeira visita e conduzido o agendamento de todas as etapas da aplicação piloto e do estudo de caso.

A etapa 3B teve três objetivos: (a) compreender os objetivos da empresa em aplicar a CE; (b) apresentar os resultados da aplicação do protocolo na empresa destacando boas práticas e pontos de melhoria; (c) questionar sobre a utilidade percebida deste protocolo. Um meio de avaliar a utilidade do protocolo é a partir do número de oportunidades de melhoria

identificadas através do mesmo. O roteiro da entrevista da utilidade do protocolo é visualizado no Apêndice A.

4. Resultados

A seguir serão apresentados os resultados obtidos neste trabalho quanto a avaliação de especialistas; avaliação das práticas e princípios de Womack e Jones (1996) no estudo de caso; e quanto a utilidade do protocolo.

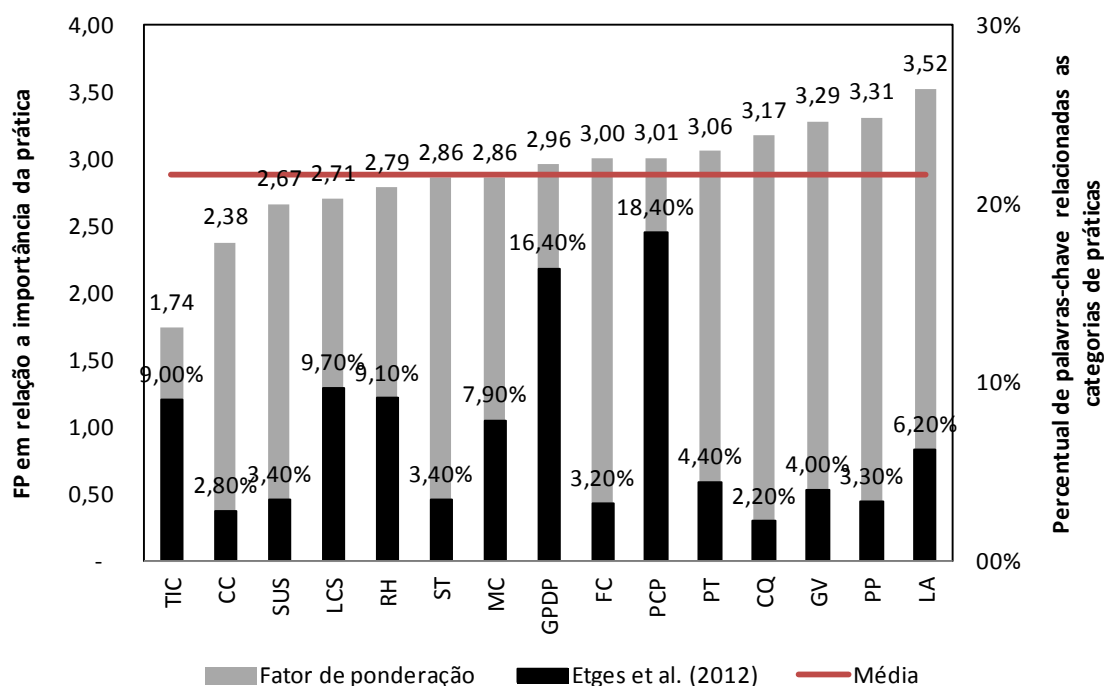
4.3. Ponderação das práticas pelo grupo de especialistas

Os fatores de ponderação obtidos para cada prática são um importante resultado deste trabalho. A avaliação dos especialistas reflete a importância de cada prática em relação aos princípios da CE. A Figura 2 mostra os valores médios obtidos para cada categoria de prática. A linha horizontal demonstra o valor médio obtido para o conjunto de práticas do protocolo de 2,89, ou 72,3% (considerando que 4,00 representam 100% do FP identificado) de importância em relação aos princípios da CE.

Percebe-se que as categorias de práticas LA, PP, GV e CQ são as identificadas como de maior importância. De outro lado, as práticas que compõem as categorias de TIC, CC e SUS são as que, segundo os especialistas, tem menor importância com relação aos princípios da CE.

Na avaliação de Etges et al. (2012) as categorias de práticas com maior número de palavras-chave a elas relacionadas foram PCP, GPDP, LCS e RH, com 18,4%, 16,4%, 9,7% e 9,1% respectivamente (eixo da direita Figura 2). Tal resultado, segundo Etges et al. (2012), indica que estas são as categorias de práticas mais trabalhadas e pesquisadas no conjunto de artigos analisado. Quando comparados com a importância atribuída às práticas, em relação aos princípios da CE, pelos especialistas aqui analisados, verifica-se que PCP, GPDP, LCS e RH correspondem a sexta, oitava, décima segunda e décima primeira categorias de práticas, respectivamente. Em que pese o pequeno número de especialistas questionados, a análise proposta neste trabalho aponta uma discordância em relação ao que mais se pesquisa e o que foi considerado importante no âmbito da prática da CE. Assim, propõem-se um questionamento: o que vem sendo estudado pela comunidade do IGLC representa o que, de fato, é mais importante para os princípios da CE? É possível que algumas práticas não venham sendo muito estudadas, apesar de importantes, por serem mais tradicionais e já haver bastante conhecimento acumulado sobre as mesmas, tais como o layout do canteiro de obras. Porém, pode-se aceitar que estudos focados nestas categorias de prática já estão pelnamento estruturados, sem haver mais necessidade de estudos focados?

Na análise individual das práticas, percebe-se que a grande importância atribuída à identificação do valor para o cliente e a avaliação da satisfação do cliente com relação ao produto entregue (práticas com fator de ponderação de 4,00 e 3,71, respectivamente). Além das práticas acima citadas, estudo de layout, desenvolvimento de autonomia e multifuncionalidade dos funcionários, utilização do PCP, 5S, *kanbans* e identificação de causas raiz, foram as práticas com maior importância identificadas pelos especialistas. A Tabela 6 mostra as dez práticas consideradas mais importantes do protocolo conforme análise dos especialistas.



CQ	Controle da qualidade	GV	Gerenciamento visual	RH	Recursos Humanos
CC	Controle de custos	PT	Padronização do trabalho	LCS	Logística e cadeia de suprimentos
FC	Fluxo contínuo	LA	Layout		Gerenciamento de projetos e
PP	Produção puxada	MC	Melhoria contínua	GPDP	desenvolvimento do produto
ST	Segurança do trabalho	TIC	Tecnologia da Informação e	PCP	Planejamento e controle da Produção
SUS	Sustentabilidade		comunicação		

Figura 2: FPs obtidos por categoria de prática comparados com percentual de palavras-chave identificadas em cada categoria de prática em Etges et al. (2012)

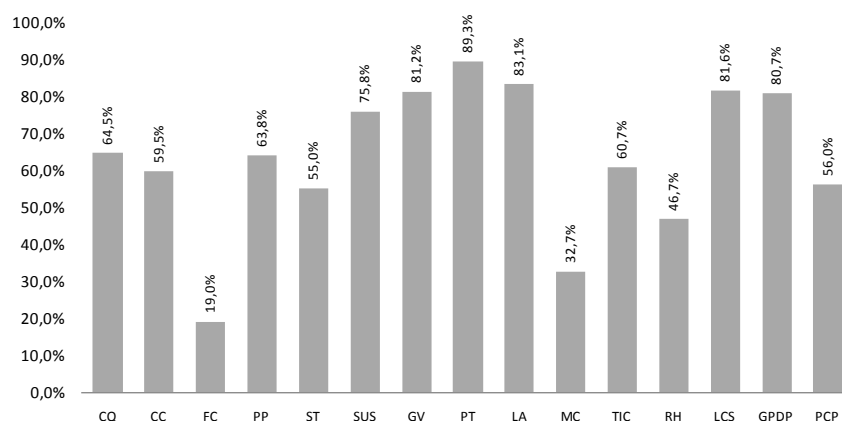
Tabela 6: Práticas consideradas mais importantes segundo os especialistas

Categoria de Prática	Prática	FP
MC	As causas raiz identificadas nos grupos de solução de problemas entram em um ciclo de PDCA para sua melhoria	3,57
RH	Existem mecanismos para desenvolver funcionários multifuncionais	3,57
PCP	Existe mapeamento com determinação das atividades de cada equipe em cada dia de trabalho, designando local de trabalho e insumos necessários	3,57
PCP	São identificados e analisados problemas do não cumprimento do PPC e são aplicadas ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos	3,57
PP	A distribuição interna ao canteiro de obras dos materiais é realizada de acordo com a demanda dos clientes internos.	3,71
GV	Existe aplicação de 5S.	3,71
RH	Trabalhadores são capacitados para identificar falhas e tem autonomia para paralisar produção para corrigi-las	3,71
GPDP	Existe feedback de satisfação do cliente final em relação ao projeto (áreas, inovações incorporadas, materiais especificados)	3,71
LA	Existe estudo do layout do canteiro de obra considerando as evoluções construtivas do empreendimento	3,86
GPDP	Existe processo de identificação do valor requerido pelo cliente antes do desenvolvimento do produto	4,00

4.4. Resultados do estudo de caso

4.4.2. Avaliação do nível de uso da CE no empreendimento quanto as práticas

A Figura 3 mostra os valores percentuais obtidos na avaliação do empreendimento objeto deste trabalho para cada categoria de prática. Os resultados são apresentados na sequência de avaliação das categorias de práticas pelo protocolo (da esquerda para direita). Os valores percentuais decorrem da razão entre o somatório da pontuação obtida para cada prática e do total possível para cada categoria de práticas. Desta forma, para melhoria contínua, por exemplo, o valor máximo possível era de 14,00 (devido a soma dos FPs aplicáveis) e foi obtido 4,57 (soma do produto entre o desempenho verificado e o respectivo FP), ou seja, 32,7%.



CQ	Controle da qualidade	GV	Gerenciamento visual	RH	Recursos Humanos
CC	Controle de custos	PT	Padronização do trabalho	LCS	Logística e cadeia de suprimentos
FC	Fluxo contínuo	LA	Layout		Gerenciamento de projetos e desenvolvimento do produto
PP	Produção puxada	MC	Melhoria contínua	GPDP	
ST	Segurança do trabalho	TIC	Tecnologia da Informação e comunicação	PCP	Planejamento e controle da Produção
SUS	Sustentabilidade				

Figura 3: Avaliação por categoria de prática

A análise dos resultados das categorias de práticas, ilustrados na Figura 3, mostra FC, MC e RH com desempenho inferior a 50% (19%, 32,7% e 46,7% respectivamente). Para FC, isso ocorre por não haver aplicação do mapeamento do fluxo de valor para a obra ou para as atividades principais, nem GBO e a tabela do trabalho padronizado combinado. De maneira a melhorar o desempenho nesta categoria de prática, sugere-se mapear o fluxo de valor das principais atividades da obra no estado atual, como ferramenta de diagnóstico e posteriormente estabelecer o mapa de fluxo de valor do estado futuro destas atividades, no qual devem estar identificados os processos que podem ocorrer em fluxo contínuo. Após esses passos fazem-se os estudos detalhados desses processos, elabora-se o GBO e por fim implementa-se o fluxo contínuo através do trabalho padronizado. Na categoria de fluxo contínuo, foi evidenciado o uso do tempo *takt* (conceito importante que estabelece a velocidade com que os processos precisam ser executados) para as principais atividades do cronograma físico, o que garantiu a pontuação na categoria. A empresa utiliza uma ferramenta, chamada de escadinha, na qual no eixo horizontal são descritas as principais atividades a serem executadas e no eixo vertical estão definidas as datas de início e fim calculado para sua execução. Porém, foi percebido o

desconhecimento do conceito de tempo *takt* pela equipe de obra. Somente o gerente tinha conhecimentos da terminologia e da função desempenhada pela ferramenta.

Em relação à MC, não foram identificadas práticas de análise e solução dos problemas percebidos na obra, nem no que diz respeito à identificação e investigação de causas do não cumprimento de requisitos de prazo, qualidade ou segurança. Diferentemente do sugerido por Alarcón (1996), não foi evidenciado rotina de identificação e difusão das melhores práticas. Boas soluções percebidas são divulgadas, informalmente, ou seja, sem rotina ou tempo dedicado para este tema, nas reuniões mensais da empresa. Em relação à prática de RH, há oportunidade de aprimorar a sistemática de avaliação dos funcionários da equipe administrativa de obra, bem como proporcionar *feedback* de suas avaliações. Diferentemente do que defende o trabalho de Miranda et al. (2007) e Christensen e Christensen (2010), não é objetivo da empresa o desenvolvimento de funcionários multifuncionais, prática que se destaca como oportunidade de melhoria (Tabela 7), até porque a forma de contratação dos subcontratados dificulta esta característica. O pagamento da mão de obra por produção leva a uma especialização da mão de obra para o desempenho de uma única atividade que restringe a formação de mão de obra multifuncional.

Em contrapartida, percebem-se as práticas envolvidas com PT, LA, LCS e GV, bastante evoluídas no empreendimento analisado (89,3%, 83,1%, 81,6% e 81,2% respectivamente). Em relação à rotina de padronização do trabalho, há grande aderência às práticas que envolvem a utilização, treinamento e avaliação dos procedimentos de padronização do trabalho. Percebe-se a definição de um estudo de layout para avaliar os locais de armazenamento e transporte para cada frente de trabalho. Quanto à LCS, há boa integração entre o processo de aquisição de suprimentos e o plano de médio prazo, que dispara o cronograma de contratações para a obra. Além disso, a relação com os fornecedores é próxima, o que garante a confiabilidade nos prazos e na qualidade dos serviços e materiais contratados. Isso ocorre pela atitude da empresa em desenvolver e capacitar fornecedores locais para melhorar seus processos internos e por manter uma relação de longo prazo com estas empresas. Quanto ao gerenciamento visual, a empresa atende todas as práticas, a exceção da utilização dos 5S. Há um quadro com indicadores de desempenho no canteiro de obra. Tal quadro possui informações de segurança, áreas de circulação de estoque, de acesso restrito, bem como informações relacionadas as atividades de produção.

Quanto ao PCP, a avaliação indicou problemas quanto ao envolvimento da equipe na formalização dos planos. O plano de curto prazo não envolve os encarregados das equipes subcontratadas e o plano de médio prazo não inclui a eliminação das restrições das atividades. Conforme percepções do gerente entrevistado, as falhas no plano de médio prazo são a maior deficiência do PCP da empresa, pois não há conhecimento da maioria dos engenheiros da importância desta ferramenta como maneira de eliminar restrições. Na categoria de prática de CC, não há identificação nem controle de perdas indiretas às atividades produtivas.

O uso de *kanban* nos processos de alvenaria é uma prática de destaque, que envolve funcionários com conhecimento no processo da ferramenta e nos ganhos obtidos com ela. A produção puxada, da qual o *kanban* é uma ferramenta, inicia a partir do planejamento semanal da obra que define os locais em que as alvenarias serão executadas. Os materiais

necessários para a execução da alvenaria, somente serão entregues ao pavimento após a solicitação do profissional que irá executar a atividade. Esta solicitação é feita por meio do cartão *kanban* (Figura 4) entregue ao operador de cremalheira. Esse operador, por sua vez, entrega o cartão *kanban* a dois funcionários responsáveis por montar os kits de cada paginação e assim enviá-los ao pavimento. Qualquer material adicional que venha a ser solicitado só será entregue com autorização do engenheiro. Inclusive foi evidenciada, durante a visita ao canteiro, a solicitação realizada por um destes funcionários ao engenheiro, sobre a necessidade de envio de mais blocos cerâmicos para atender a determinada paginação. Com este tipo de fluxo de informação, é possível estabelecer controle sobre perdas de materiais decorrentes de problemas executivos. Verifica-se, com a aplicação do *kanban*, o cliente interno (pedreiro de alvenaria) puxando a produção a partir da programação estabelecida pelo PCP (engenharia).

O sistema *First In First Out* no controle de estoques de materiais ensacados também se destaca na categoria de prática de PP. Esta prática ocorre a partir da identificação visual (com spray) dos ensacados que estavam estocados, quando ocorre reabastecimento de material. Esta marcação evidencia a sequencia de fluxo de utilização dos ensacados, uma vez que o material em estoque é sinalizado para ser utilizado antes do novo material entregue. Este procedimento é visualizado na Figura 4.

A empresa destaca-se por desenvolver capacitação da mão de obra em diversas práticas tais como: procedimentos padrão (PT), nos requisitos de qualidade (CQ) e nas diretrizes de segurança (ST). Em ST destaca-se ainda, a utilização da ferramenta de planejamento de pacotes de segurança (PPS) integrada com o PPC e envolvendo a gerência da obra. Tal ferramenta estabelece semanalmente quais são as atividades de segurança que devem ser realizadas para viabilizar a produção. Normalmente o PPS abrange proteções coletivas ou dispositivos de isolamento a riscos identificados.

Também se destacam positivamente as práticas de relacionamento com o cliente, como a pesquisa de satisfação em relação à qualidade do produto (CQ) e a pesquisa de satisfação quanto ao produto entregue (GPDP), ambos os resultados gerando para o desenvolvimento de novos produtos (Karna et al., 2004; Tzortzopoulos et al. 2004). Destaca-se também o *Lookahead* de suprimentos com vínculo estabelecido com as datas das atividades determinadas no cronograma físico da obra (LCS e LA) (Vrijhoef e Koskela, 1999; Sterki et al., 2007). Além disso, a relação duradoura com os fornecedores e o comprometimento estabelecido entre fornecedor e empresa atinge elevado patamar de desenvolvimento (LCS), bem como o desenvolvimento de políticas de motivação e premiação para os fornecedores (RH e LCS). O processo de pré-montagem de instalações hidráulicas (GPDP) e sistemas de gerenciamento visual (GV) (Tezel et al., 2010) também foram práticas em destaque no empreendimento e são ilustrados na Figura 4.



Figura 4: em sentido horário a partir do canto superior esquerdo: Sistema de *kanban* de alvenaria; Sistema de identificação *First In First Out*; Pré-montagem dos kits hidráulicos; Sistema de gerenciamento visual do escritório

4.4.3. Avaliação do nível de uso da CE no empreendimento quanto aos princípios

A Figura 5 evidencia o grau de uso dos princípios de Womack e Jones (1996) no empreendimento analisado.

É verificado o foco da empresa em atender as necessidades de especificação de valor para os clientes externos e internos, percebido na maturidade dos procedimentos implementados (CQ, DP, PT), bem como no fluxo de produção, percebidos em práticas de LCS e LA. Princípios nos quais a empresa atingiu desempenho de 78% e 74% (Especificar valor e Fluxo, respectivamente), das práticas correlatas.

Em contrapartida, Fluxo de valor foi o princípio com pior desempenho na avaliação quanto aos princípios, com 45%, pelo fato da empresa não ter procedimentos dentro das práticas de FC (mapeamento do fluxo de valor no estado presente e futuro, GBO, tabela de trabalho padronizado combinado) e por não apresentar rotina e padronização do processo de PCP que envolva as equipes subcontratadas. Cabe salientar que as práticas envolvidas com fluxo contínuo, mapeamento de fluxo de valor, GBO e trabalho padronizado são de extrema dificuldade de implantação. Alguns trabalhos acadêmicos já foram desenvolvidos em parcerias com empresas no objetivo de aplicar o mapeamento de fluxo de valor em alguma empresa ou atividade do empreendimento. Trata-se de um processo longo, gradativo e que exige grande conhecimento por parte dos profissionais envolvidos.

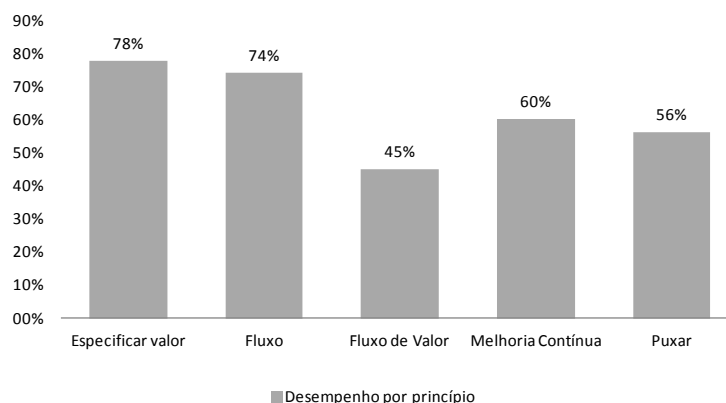


Figura 5: Avaliação quanto ao princípio da PE por Womack e Jones (1996).

Melhoria contínua é princípio que pode desenvolver grandes avanços no momento em que a empresa introduzir sistemas de avaliação de suas equipes e processos em suas rotinas gerenciais. Avaliar a equipes de obra, equipe de Suprimentos e equipe de Projeto bem como fornecer *feedback* destas avaliações são práticas que a empresa ainda não aplica de maneira plena. Nesta avaliação, a empresa obteve desempenho de 60% nas práticas referentes a este princípio.

O princípio de Puxar a produção é o que agrega menor número de práticas do protocolo (11 no total), portanto maior o peso de cada prática neste princípio. No objetivo de melhorar o desempenho da obra neste princípio (56%) é sugerido o foco em melhorar o processo de PCP no médio prazo no que tange a eliminação de restrições de atividades, que permitam gerar um banco de tarefas suplentes que possam ser colocadas em produção no curto prazo.

4.4.4. Avaliação quanto à utilidade e facilidade de aplicação do protocolo

Na reunião de fechamento da etapa prática (etapa 3B), foram apresentados os resultados e oportunidades de melhoria para o gerente da empresa. Os pontos destacados a partir do protocolo estão demonstrados na Tabela 7. Ao final, foi avaliada a utilidade percebida deste protocolo; a possibilidade de aplicação na empresa; e quais os ganhos que poderiam decorrer da aplicação do protocolo na empresa.

O entrevistado percebe e destaca um grande potencial de utilização do protocolo, argumentando que a utilidade deste tipo de avaliação permite identificar oportunidades de melhorar e aprimorar os processos de gerenciamento internos (foram apresentadas 24 oportunidades para melhoria dos processos do empreendimento). O entrevistado destacou o interesse em estender a aplicação deste protocolo a todas as suas obras de forma a obter um panorama geral dos empreendimentos e dos diversos setores da empresa que interagem diretamente com as obras. Ele salientou que os resultados apresentados no estudo de caso já iriam repercutir em possíveis mudanças nos sistemas gerenciais da empresa, tais como: (a) desenvolvimento de um trabalho direcionado a disseminar melhores práticas; (b) melhorias no processo de avaliação e *feedback* aos funcionários; (c) melhoria nos processo de PCP, principalmente no médio prazo; e (d) envolvimento dos subcontratados no desenvolvimento dos planos de curto prazo.

Tabela 7: Boas práticas e oportunidades de melhorias verificadas com a aplicação do protocolo

Categoria de prática	Práticas de destaque	Oportunidades de melhoria
Controle de Qualidade	Existência e aplicação das fichas de padrões de trabalho envolvendo critérios de qualidade do produto entregue; Treinamento da equipe quanto aos critérios de qualidade exigidos nos procedimentos; Verificação de satisfação do cliente quanto a qualidade do produto entregue.	Desenvolver um plano de ação sobre não conformidades de qualidade percebidas no controle das atividades executadas; Somente considerar as atividades 100% concluídas no cronograma físico e financeiro após removidas todas as pendências de qualidade;
Produção Puxada	Sistema FIFO para controle de estoques e identificação visual dos estoques; Kanban de alvenaria bastante desenvolvido na obra. Equipe aplica e sabe o motivo da aplicação dos procedimentos.	Desenvolver uma lista de tarefas suplentes que pudessem ser colocadas em produção no curto prazo; Melhorar o sistema de entrega de materiais com fornecedores externos que possam trabalhar em JIT com a obra.
Segurança do Trabalho	Aplicação do PPS para planejar os itens de segurança necessários para o desenvolvimento das atividades; Envolvimento e comprometimento da gerência de obra com o PPS.	Retomar o trabalho de gestão sobre os quase-acidentes que já era utilizado na empresa
Fluxo Contínuo	Prática de controle e definição de um tempo <i>takt</i> para as atividades macros.	Introduzir prática de ferramenta de mapeamento do fluxo de valor para as principais atividades; Detalhar o tempo <i>takt</i> das atividades a nível das operações.
Gerenciamento Visual	Existe indicação de visual com informações de produção (kanban, traços de argamassa); Áreas de circulação de pessoas e equipamentos estão bem identificadas; Informações de desempenho das subcontratadas, índices de desempenho da obra evidenciados em um quadro de avaliação.	Implantar o trabalho sobre a prática dos 5S.
Padronização do Trabalho	Desenvolvimento de um apartamento protótipo para aplicar todos os serviços da obra pela primeira vez e verificar possíveis incompatibilidades; Definição do fluxo de atividades padronizado para estrutura e alvenaria; Treinamento dos funcionários dentro dos padrões estipulados.	Desenvolver rotina, com frequência estabelecida, para a revisão dos procedimentos padrão.
Layout	Lookahead de Suprimentos que define o lead time de entrega dos materiais, necessários para o planejamento do canteiro de obra.	Revisar layout do canteiro conforme evolução da obra. Estudo de layout do canteiro não representava a situação no momento da coleta de dados.
Melhoria Contínua	Há a busca por incorporar inovações tecnológicas no canteiro de obras, seja como soluções construtivas ou ferramentas para melhorar o desempenho da gestão da obra.	Desenvolver grupo de solução de problemas para trabalhar sobre não conformidades encontradas na obra. Formalizar o desenvolvimento de melhores práticas.
Recursos Humanos	Existe políticas motivacionais para os funcionários que ultrapassam os insentivos salariais.	Desenvolver sistema de avaliação dos funcionários (mestres, encarregados, estagiários, administrativos); Dar feedback da avaliação para estes funcionários; Estabelecer metas de desempenho para estes funcionários. Capacitar os funcionários para desenvolverem autonomia em identificar e corrigir falhas no processo produtivo.
Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos	Existe procedimento para recebimento, manuseio e estoque dos materiais; Existe relação duradoura com os fornecedores; A empresa desenvolveu grande parte das empresas prestadoras de serviço, desta forma há o comprometimento com exigências de qualidade nos procedimentos; Desenvolvimento de um plano de médio prazo para as contratações – Lookahead de suprimentos – vinculado ao planejamento executivo da obra.	Desenvolver sistema de avaliação de suprimentos pela obra quanto: -qualidade do produto/serviço contratado, -atendimento ao custo previsto, -atendimento ao prazo, -condições de entrega e descarga do material.
Gerenciamento de Projeto e Desenvolvimento do Produto	Existe procedimentos de qualidade e compatibilidade que são aplicados antes da finalização e entrega dos projetos; Procuram-se alternativas modularizadas ou pré-montadas para alguns itens; Existe pesquisa de satisfação do cliente quanto às características do produto entregue.	Desenvolver Last Planner de projeto em horizonte de curto prazo atribuindo responsabilidade aos coordenadores de projeto e equipes projetistas; Desenvolver procedimento de feedback da obra em relação ao projeto e utilizar esta informação no desenvolvimento de novos projetos: -número de problemas de incompatibilidades de projeto; -número de solicitação de alterações de projeto.
Planejamento e Controle da Produção	Existe planejamento macro, atualizado semanalmente; Existe planejamento de médio prazo; O planejamento de curto prazo determina a atividade, local da atividade, equipe responsável e prazo para a execução; Existe um relatório periódico da obra que apresenta indicadores de andamento físico e produtividade da obra. Este relatório é apresentado mensalmente para a diretoria da empresa.	Aplicar reuniões de planejamento de curto prazo envolvendo encarregados de obra e das equipes subcontratadas em horário e local fixo com frequência semanal; Discutir nas reuniões de curto prazo a causa do não cumprimento de atividades programadas, programar novas atividades e avaliar interferências entre as equipes; Formalizar o processo de PCP – médio e curto prazo desenvolvidos juntamente com a equipe de obra; Utilizar o cronograma de médio prazo de forma a gerar uma lista de atividades suplentes, sem restrições, que possam ser colocadas em produção no curto prazo; Aplicar processo de remoção de restrições das atividades a nível do médio prazo para colocá-las como suplentes do curto prazo.

Ele vê a aplicação do protocolo na empresa como uma oportunidade de medir o desempenho em relação a CE, gerar programas de desenvolvimento de melhorias e programas de treinamento e capacitação de seus engenheiros dentro dos princípios e das práticas da CE, pois

foi reconhecida pela empresa a falta de conhecimento de grande parte de seus profissionais na teoria da CE. Muitas das ferramentas já aplicadas na empresa podem sofrer melhorias a partir de lacunas identificadas. Foi destacado o caráter prático do trabalho de mestrado e sua imparcialidade ao avaliar as práticas independentemente de características de uma empresa em particular.

Além disso, o protocolo permite identificar oportunidades de fácil aplicação e que podem reverter em ganhos substanciais rapidamente. Isto, ainda, vinculado a importância de cada prática dentro dos princípios da CE. Um exemplo é desenvolver a rotina do planejamento de curto prazo envolvendo todas as equipes da obra (considerando que já é aplicado o PPC semanal, porém, sem envolvimento das equipes), ou em desenvolver sistemas de avaliação do setor de projetos pela obra (práticas com FP de 3,57 e 3,43, respectivamente). Em contrapartida, ficam evidentes, também, oportunidades com ganhos de longo prazo, tais como detalhar a ferramenta do tempo *takt* ao nível das operações e a aplicação de um cronograma de médio prazo maduro, com FP de 3,29 e 2,86, respectivamente.

Foi percebida nesta etapa que para facilitar a utilização do protocolo, poderia ser desenvolvida uma lista de documentos e fontes de evidências que precisam ser coletadas e visualizadas no canteiro de obras, de maneira a permitir que o avaliador siga a ordem de avaliação das práticas, sem esquecer-se de verificar as fontes de evidências necessárias a cada prática. Esta lista poderia ser inclusive apresentada ao avaliado para ele possa selecionar a documentação necessária antecipadamente.

Destaca-se ainda, a abrangência do protocolo. O resultado pode ser analisado separadamente para um conjunto de práticas ou categoria de práticas, bem como estabelecer um resultado geral para todo o empreendimento com relação à aplicação das práticas e princípios da filosofia enxuta. Por esta sua abrangência não é um protocolo de aplicação rápida como de Hofacker et al. (2008). Nesse estudo de caso, a coleta de dados consumiu cerca de 4 horas: entrevista com o engenheiro de obras por 2:30h, entrevista com o responsável de projetos por 45 minutos e entrevista com o responsável de custos por 30 minutos. Além disso, houve um período necessário para a apresentação dos resultados e avaliação de utilidade do protocolo de auditoria que levou 2:00h e o tempo necessário para análise da documentação coletada após a coleta de evidências na obra (cerca de 1:00h).

5. Considerações Finais

Considerando as limitações do presente trabalho em aplicá-lo a somente a um empreendimento de uma empresa e não desenvolver um estudo das relações conceituais entre as práticas é possível dizer que os objetivos propostos foram alcançados. A partir dos resultados explanados na seção anterior, o produto final é um documento de auditoria consistente e abrangente, que reflete o que é prática da CE difundida na literatura, vinculado aos princípios teóricos e ponderado conforme a importância identificada em cada prática pelo grupo de especialistas questionado. Sua utilização é viável em diferentes empresas, em empreendimentos com diferentes características e utilidades e em diferentes ramos da atuação. Com sua aplicação é possível caracterizar o grau de implantação das práticas e princípios da CE nos empreendimentos analisados bem como identificar oportunidades de melhoria nos processos. Estas oportunidades de melhorias sempre deverão repercutir em na

redução de perdas, atendimento aos prazos e na satisfação dos clientes. Estas características diferenciam este trabalho em relação aos demais protocolos de avaliação já desenvolvidos no objetivo de avaliar práticas e princípios da CE.

A aplicação do protocolo, da maneira como foi desenvolvido, permitiu identificar boas práticas e deficiências nas ferramentas de gestão do empreendimento. Foi percebida que a descrição das práticas e das fontes de evidência está de acordo com o que é aplicado e com o que pode ser aplicado no empreendimento. Porém, é essencial o avaliador ter conhecimento dos princípios e das práticas da CE. Além disso, é percebida a dificuldade de se identificar empresas da construção civil que tenha a CE aplicada que sua aplicação seja um objetivo da organização.

O fator de ponderação atribuído às práticas, após a avaliação dos especialistas, permitiu definir a importância de cada prática em relação aos princípios da teoria da CE. Este fator de ponderação oferece maior consistência na avaliação das práticas inseridas nos princípios da CE. Além disso, foi possível compreender a importância de cada categoria de prática e o próprio protocolo. Foi verificado que o protocolo apresenta 72,3% de aderência das práticas que o compõem em relação à CE.

Através da sua aplicação prática como estudo de caso, foi possível validar sua utilidade como ferramenta de caracterização do empreendimento quanto ao grau de maturidade das práticas e princípios da CE nos canteiros de obra, bem como ferramenta que permite identificar lacunas e oportunidades de melhoria. Ao final do estudo de caso, foi salientado o caráter prático do trabalho e sua imparcialidade. Além disso, no estudo prático, foi apontada a utilidade deste documento de auditoria como uma ferramenta de treinamento e capacitação dos engenheiros, da empresa analisada, na CE.

A divergência entre os percentuais de distribuição de palavras chave de Etges et al. (2012) e a avaliação da importância das práticas dada pelos especialistas apresentada neste trabalho levanta o questionamento sobre o teor do que vem se estudado e praticado nos artigos do IGLC em relação aos princípios da CE. De forma a dar mais consistência a este resultado, sugere-se ampliar o número de especialistas consultados a avaliar as práticas deste protocolo.

Quanto a melhorias no protocolo e em sua aplicação são sugeridas que: (a) a etapa inicial da aplicação do protocolo desenvolva a avaliação da empresa sobre o uso e sobre o entendimento da empresa sobre a CE, o que só ocorreu na etapa 3B da aplicação descrita; (b) que seja desenvolvida uma lista das fontes de evidências que devem ser coletadas e observadas para facilitar a sequência da avaliação; e (c) que somente práticas que possam ser não aplicáveis tenham esta possibilidade de avaliação para não distorcer os resultados ao se considerar práticas que não são aplicadas no empreendimento, como não aplicáveis.

Como sugestão para próximos trabalhos, fica a identificação das relações conceituais existentes entre as práticas e aplicar o protocolo a um conjunto de empreendimentos e empresas para que seja desenvolvido um banco de dados possível de comparação. Estes resultados podem gerar o desenvolvimento de grupos de melhoria e aplicação das práticas da CE nos canteiros de obra em determinada região.

7. Referências Bibliográficas

- Abdelhamid, T.; Schafer, D.; Mrozowski, T.; Jayaraman, V.; Howell, G.; Mohamed, A. (2009). "Working through unforeseen uncertainties using the ooda loop: a approach for self-managed construction teams." Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan. 573 – 582.
- Abdelhamid, T. S.; Patel, B.; Howell, G. A.; Mitropoulos, P. (2003). "Signal detection theory: enabling work near de edge". Proc. of the 11th of the International Group for Lean Construction. Virginia, USA.
- Akel, N. G.; Tommelein, I. D.; Boyers, J. C. (2004). "Application of lean supply chain concepts to a vertically-integrated company: a case study." Proc. of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Alarcón, L. (editor) (1997). Lean Construction. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 497 pp.
- Alarcón, L. F.; Diethelm, S.; Rojo, O.;Calderon, R. (2005). "Assessing the impacts of implementing lean construction." Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 387 – 393.
- Alarcón, L., Mardones, D. (1998). "Improving the design-construction interface". Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil.
- Alarcón, L.; Rivas, R.; Serpell, A. (1999). "Evaluation and Improvement of the Procurement Process in Construction Projects ". Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, USA. 219 – 230.
- Alves, T.; Formoso, C. (2000). "Guidelines for managing physical flows in construction sites". Proc. of the 8th Conference of the International Group for Lean Construction. Brighton, UK
- Alves, T.; Tommelein, I. (2006). "Investigation of buffer dynamics in sheet metal ductwork supply chains." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 309 – 315.
- Arbulu, R.; Ballard, G.; Harper, N. (2003). "Kanban in construction". Proc. of the 11th Conference of the International Group for Lean Construction, Virginia, USA.
- Arbulu, R.; Tommelein, I. (2002). "Value stream analysis of construction supply chains: case study on a pipe supports used in power plants." Proc. of the 10th Conference of the International Group for Lean Construction. Gramado, Brazil. 183 – 195.
- Atkin, B. (1998). "Unravelling the Value Chain in Construction". Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction. Guarujá, Brazil.
- Bae, J.; Kim, Y. (2007) . "Sustainable value on construction project and applications of lean construction methods". Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction, Michigan, USA. 312 – 321.
- Ballard, G. (2000). "The last planner™ system of production control." Thesis (Ph.D.), School of Civil Engineering, The University of Birmingham, 192 pp.
- Ballard, G.. (2006). "Rethinking project definition in terms of target costing". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 77 – 89.
- Ballard, G.; Howell, G. (1998). "What kind of production is construction?" Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil
- Ballard, G.; (1997). "Lookahead planning: the missing link in production control." Proc. of the 5th Conference of the International Group for Lean Construction, Gold Coast, Australia. 13 – 26.
- Bernardes, M. M. S. (2001). "Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção." 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- Brodetskaia, I.; Sacks, R.; Shapira, A. (2010). "Implementation of pull control in finishing works with re-entrant flow." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 274 – 284.
- Bulhões, I. R.; Formoso, C. T. (2005). "O papel do planejamento e controle da produção em obras de tipologias diferentes." In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4., 2005, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC.
- Bulhões, I.; Picchi, F.; Folch, A. (2006). "Actions to implement continuous flow in the assembly of pre-fabricated concrete structure." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 407 – 419.
- Bulhões, I.; Picchi, F.; Granja, A. (2005). "Combining value stream and process levels analysis for continuous flow implementation in construction". Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 99 – 107.
- Cambráia, F. B.; Saurin, T. A.; Formoso, C. T. (2005). "Quase-acidentes: conceito, classificação e seu papel na gestão da segurança". In: Encontro Nacional dos Engenheiros de Produção, Porto Alegre, 15pp.
- Carvalho, B. S. (2008) "Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta". (in Portuguese) 2008. Master's thesis. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil.
- Chang, A. S.; Lee, K. P. (2004). "Nature of construction technology." Proc. of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Chiesa V, Coughlan P, Voss C. (1996) Development of a technical innovation audit. Journal of Production and Innovation Management; 13:105–36.
- Chin, C. (2009). "Identifying root causes of long review times for engineering shop drawings." Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan. 557 – 572.
- Christensen, R.; Cristensen, T. (2010). "Lean construction facilities learning on all organisational levels?" Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 406 – 414.
- Elfving, J.; Ballard, G.; Talvitie, U. (2010). "Standardizing Logistics at the corporate level towards lean logistic in construction". Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 222 – 231.
- Etges, B. M. B. S.; Saurin, T. A.; Bulhões, I. R.; (2012). "Identifying lean construction categories of practices in IGLC Proceedings." Proc. for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA.
- Feng, P. P.; Ballard, G. (2008). "Standard work from a lean theory perspective". Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 703 – 712.
- Formoso, C.; Tzotzopoulos, P.; Jobim, M.; Liedtke, R. (1998). "Developing a Protocol For Managing the Design Process in the Building Industry". Proc. of the 6th Conference of the International Group for Lean Construction. Guarujá, Brazil.
- Gallardo, C.; Granja, D.; Picchi, F. (2006). "Stabilization and Standardization of precast production process". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago do Chile, Chile. 205 – 213.
- García, S.; Romero, A.; Díaz, H. (2006). "Incentive plans for Mexican construction workers." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago do Chile, Chile. 525 – 532.
- Granja, A. D.; Picchi, F. A.; Robert, G. T. (2005). "Target and kaizen costing in construction". Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 227 – 233.
- Hamzeh, F.; Tommelein, I.; Ballard, G.; Kaminsky, P. (2007). "Logistics centers to support project based production in the construction industry". Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction, Michigan, USA. 181 – 191.

- Heineck, L.; Leite, M.; Pereira, P.; Rocha, F. (2002). "Technological interventions in the control of services in a lean environment." Proc. of the 10th Conference of the International Group for Lean Construction. Gramado, Brasil.
- Hofacker, A.; Fernandes, B.; Gehbauer, F.; Carmo Duarte Freitas, M.; Mendes, R.; Santos, A.; Kirsch, J. (2008). "Rapid lean construction - quality rating model." Proc. Of the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction Manchester, UK. 241 – 250.
- Howell, G.; Koskela, L.; Tech, Dr. (2000). "Reforming project management: the role of lean construction". Proc. of the 8th Conference of the International Group for Lean Construction. Brighton, UK
- ISO 19011. Guidelines for quality and/or environmental management systems auditing. International Organization for Standardization; 2002.
- Izaguirre, I.; Alarcón, L. (2006). "Multidimensional modeling: a mechanism for improving construction project management." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 355 – 368.
- Jang, W.; Kim, Y. W. (2007). "Using the kanban for construction production and safety control." Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction. Michigan, USA. 518 – 528.
- Jensen, P.; Hamon, E.; olofsson, T. (2009). "Product development through lean design and modularization principles." Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan. 465 – 474.
- Kalsaas, B. (2010). "Work-time waste in construction." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 507 – 517
- Kärnä, S.; Junnonen, J. M. (2005). "Project *feedback* as a tool for learning". Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 47 – 55.
- Kärnä, S.; Junnonen, J.; Kankainen, J. (2004). "Customer satisfaction in construction". Proc. of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Kemmer, S, L.; Saraiva, M. A.; Heineck L. F. M.; Pacheco, A. V. I.; Novaes, M. V.; Mourão, C. A. M. A.; Moreira, L. C. R. (2006). "The use of andon in a high rise building". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago do Chile, Chile. 575 – 582.
- Khalfan, M.; McDermott, P.; Oyegoke, A.; Dickinson, M.; Lis, X.; Neilson, D. (2008). "Applications of kanban in the UK construction industry by public sector clients". Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 347 – 358.
- Khanzode, A.; Fischer, M.; Reed, D. (2005). "Case study of the implementation of the lean project delivery system (LPDS) using virtual building technologies on a large healthcare project." Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 153 – 160.
- Kim, Y.W.; Ballard, G. (2001). "Activity-based costing and its application to lean construction". Proc. of the 9th Conference of the International Group for Lean Construction. Singapore.
- Koskela, L. (1992). "Application of the New Production Philosophy to Construction", Technical Report No. 72, CIFE, Stanford University, CA.
- Koskela, L. (1999). "Management of Production in Construction: A Theoretical View". Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA. 241 – 252.
- Koskela, L. (2000) "An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction". Ph.D. Dissertation, VTT Publications 408, Espoo, Finland, 296 pp.
- Liker, J. K. (2004). The Toyota Way. 14 Management principles from the world greatest manufacturer. 1 ed. United States of America: McGraw-Hill. 352 p.

- Liu, M.; Ballard, G.(2008). "Improving labor productivity through production control." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 657 – 666.
- Liu, M.; Ballard, G.(2009). "Factors affecting work flow reliability – a case study ."Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan. 177 – 186.
- Mann, D. (2005). "Creating a lean culture: tools to sustain lean conversion." New York: Productivity Press.
- Marchesan, P. R. C.; Formoso, C. T. (2001). "Cost management and production control for construction companies." Proc. of the 9th Conference of the International Group for Lean Construction. Singapore.
- Marosszeky, M.; Karim, K.; Davis, S.; Naik, N. (2004). "Lessons learnt in developing effective performance measures for construction safety management". Proc. of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Miranda, A.; Costa, J.; Heineck, L. (2007). "Exploiting motivation in the change towards automation in construction projects." Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction. Michigan, USA. 442 – 452
- Misfeldt, E.; Bonke, S.; (2004). "Quality control in lean construction". Proc. of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Mitropoulos, P.; Howell, G. A.; Reiser, P. (2003). "Workers at the edge; hazard recognition and action". Proc. of the 11th of the International Group for Lean Construction. Virginia, USA.
- Morrey, N.; Pasquire, C.; Dainty, A. (2010). "The impact of path dependencies on lean implementation within a construction company." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 425 – 434.
- Nakagawa, Y.; Shimizu, Y. (2004). "Toyota production system adopted by building construction in Japan."Proc. of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Negakagawa, Y. (2005). "Importance of standard operating procedure documents and visualization to implement lean construction". Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 207 – 215.
- Ohno, Y. (1997), O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Bookman, PortoAlegre.
- Pasquire, C.; Connolly, G. (2003). "Design for manufacture and assembly." Proc. of the 11th of the International Group for Lean Construction. Virginia, USA.
- Pavez, I.; Alarcón, L. (2008). "Lean construction professional's profile(LCPP): implementation in Chilean contractor organizations." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 231 – 240.
- Pennanen, A.; Ballard, G.; Haahtela, Y. (2010). "Designing to a target costing process." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 161 – 170.
- Picchi, F. (2001) "System view of lean construction application opportunities".Proc. of the 9th Conference of the International Group for Lean Construction. Singapore.
- Picchi, F.A.; Granja, A. D. (2004). "Construction Sites: Using Lean Principles To Seek Broader Implementations" Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Poleise, p.; Frödell, M.; Josephson, P. E. (2009). "Implementing standardization in medium-sized construction firms: facilitating site managers' feeling of freedom through a bottom-up approach." Proc. of the 17th Conference of the International Group for Lean Construction. Taipei, Taiwan. 317 – 326.
- Reck, R. H. (2010). "Aplicação do Índice de Boas Práticas de Planejamento em Empresas Construtoras da Região Metropolitana de Porto Alegre". 94f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- Rischmoller, L.; Alarcón, L. (2005). "Using lean principles as a framework to study information technology in construction". Proc. of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction. Sidney, Australia. 171 – 178.
- Robert, G.; Granja, A. (2006). "Target and kaizen costing implementation in construction". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 91 – 105.
- Rother, M.; Shook, J. (2000). Learning to see. Brookline, Massachusetts, USA, 100 pp.
- Sacks, R.; Harel, M. (2006). "How last planner motivates subcontractors to improve plan reliability – a game theory model." Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile. 443 – 454.
- Saffaro, F. A.; de Paula, E. C. P. (2002). "Formulating the work flow plan for horizontal projects – case study." Proc. of the 10th Conference of the International Group for Lean Construction. Gramado, Brazil. 513 – 526.
- Saffaro, F. A.; Trescastro, M. G.; Rodrigues, A. A.; Schramm, F. K.; Formoso, C. T.; Heineck, L. F. (2006). "Prototyping contributions for production management in construction". Proc. of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago do Chile, Chile. 421 – 429.
- Salem, O.; Solomon, J.; Genaidy, A.; Minkarah, I. (2006). "Lean Construction: From Theory to Implementation." ASCE, Journal of Management in Engineering, October, 168-175.
- Santos, A.; Powell, J.; (1999). "Potencial of poka-yoke devices to reduce variability in construction". Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA. 51 – 62.
- Saurin, T. A.; Formos, C. T.; Guimarães, L. B. M.; Soares, A. C. (2002). "Safety and production: na integrated planning and control model". Proc. 10th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Gramado, Brazil.
- Seppänen, O.; Ballard, G.; Pesonen, S. (2010). "The combination of last planner system and location-based management system." Proc. of the 18th Conference of the International Group for Lean Construction. Technion, Haifa, Israel. 467 – 476.
- Shingo, S. (1988). "Non-stock production". Productivity Press, Cambridge, Ma. 454 p.
- Shingo, S. (1989). "A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint". Portland, OR: Productivity Press.
- Simonsson, P.; Emborg, M. (2007). "Industrialization in Swedish bridge engineering: a case study of lean construction." Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction. Michigan, USA. 244 – 253.
- Song, L.; Liang, D. (2011). "Lean construction implementation and its implication on sustainability: a contractor's case study". Journal of Civil Engineering. Published by NRC Research Press. 350–359.
- Spear, S. and Bowen, H.K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. Harvard Business Review, September, 97–106.
- Sterki, M.; Isatto, E.; Formoso, C. (2007). "Integrating strategic project supply chain members in production planning and control". Proc. of the 15th Conference of the International Group for Lean Construction. Michigan, USA. 159 – 169.
- Tezel, A.; Koskela, L.; Tzotzopoulos, P. (2010). "Visual Management in Construction – Study Report in Brazilian Cases". SCRI Research Report 3. University of Salford, Salford, England. 28pp.
- Tommelein, I. D. (2008). "'Poka yoke' or quality by mistake proofing design and construction systems". Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 195 – 205.
- Tuholski, S.; Tommelein, I. (2008). "Design structure matrix (DSM) implementation on a seismic retrofit." Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 471 – 484.

- Tzortzopoulos, P.; Formoso, C.; Betts, M. (2001). "Planning the product development process in construction: an exploratory case study." Proc. of the 9th Conference of the International Group for Lean Construction. Singapore.
- Tzortzopoulos, P.; Sexton, M.; Cooper, R.; Kagioglou, M. (2004). "Evaluation of product development process models focusing on their implementation". Proc. of the 12th Annual Conference of the International Group for lean Construction, Elsinore, Denmark.
- Valente, C.; Novaes, M.; Mourão, C. A.; Neto, J. (2012). "Lean monitoring and evaluation in a construction site: a proposal of lean audits." Proc. for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA.
- Vrijhoefi, R.; Koskela, L. (1999). "Roles of Supply Chain Management in Construction". Proc. of the 7th Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA. 133 – 146.
- Wettig, R. M.; Mansilla, D. R.; Alarcón, L. F. (2008). "Organizational improvement methodology for Chilean construction industry". Proc. of the 16th Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK. 211 – 219.
- Womack, J.; Jones, D.; and Roos, D (1990). The machine that changed the world, Rawson Associates, New Youk. 323pp.
- Womack, J. and Jones, D (1996). "Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation". New York: Simon and Schuster

APENDICE A

Caracterização da empresa e empreendimento	
Empresa:	
Empreendimento:	
Endereço:	
Entrevistados:	

Descrição da empresa:

Qual o ramo de atuação da empresa?

Existe na empresa o objetivo de utilização da teoria da CE?

Há quanto tempo a empresa aplica a teoria da CE?

Quais os ganhos verificados com a utilização da teoria da CE?

Como se desenvolveu o sistema de gestão interno?

Anos de atuação da empresa?

Possui certificação de qualidade? Quais?

Descrição do empreendimento

Caracterização do empreendimento (área, número de pavimentos, utilização futura)

Qual a data de início e prazo da obra?

Qual o número de funcionários próprios?

Qual o número de funcionários contratados?

Qual o regime de contratação?

Dependente de financiamento?

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
CONTROLE DE QUALIDADE						
1	Os documentos de padronização do trabalho incluem os requisitos de qualidade do produto.	*Verificar documentos de padronização do trabalho.	Misfeldt e Boken (2004), Nakagawa e Shimizu (2004).	Especificar valor	Especificar o valor através dos requisitos de qualidade .	3,57
2	O atendimento aos padrões de qualidade é avaliado através de checklist.	*Verificar documento de verificação dos padrões de qualidade.	Misfeldt e Boken (2004), Nakagawa e Shimizu (2004).	Especificar valor	Medir os requisitos de qualidade para garantir o valor especificado.	2,14
3	Os funcionários são treinados a executar os procedimentos levando em conta os requisitos de qualidade.	*Verificar documentos de treinamento nos requisitos de qualidade; *Entrevistar funcionários sobre treinamentos dos critérios de qualidade.	Misfeldt e Boken (2004).	Especificar valor	Transmitir o valor especificado aos funcionários que executam a atividade.	3,29
4	Há feedback a todas as partes interessadas, acerca do desempenho em termos de qualidade e monitoramento do plano de ação de não conformidades.	*Entrevistar responsável da obra sobre o procedimento de feedback dos itens de qualidade inspecionados.	Misfeldt e Boken (2004).	Melhoria contínua	Desenvolver a melhoria continua por meio da identificação e disseminação de não conformidades.	2,86
5	Existem dispositivos visuais para identificar locais onde há não conformidades de qualidade.	*Observar dispositivos visuais para sinalizar itens de qualidade	Tezel et al (2010), Kemmer et al. (2006), Nagakawa (2005).	Especificar valor	Garantir que o valor especificado seja atingido através de instrumentos visuais	3,00
6	Uma atividade somente é considerada 100% concluída no cronograma, após eliminadas todas as não conformidades de qualidade.	*Entrevistar engenheiro da obra sobre interferências das inspeções de qualidade com o controle do cronograma; *Verificar documento de planejamento da obra; *Observar atividades do canteiro e se estas estão sem itens de desvio de qualidade.	Misfeldt e Boken (2004), Kalsaas (2010).	Fluxo de valor	Garantir que não ocorra perda no valor do produto no fluxo das atividades.	3,43
7	Os empregados são encorajados a controlar a qualidade da própria atividade e corrigir os desvios dos padrões.	*Entrevistar engenheiro da obra se existe motivação dos funcionários a controlar e corrigir a desvios de qualidade de suas atividades; *Entrevistar funcionários como eles procedem ao identificar algum desvio de qualidade.	Misfeldt e Boken (2004).	Especificar valor	Capacitar a mão de obra garantir o valor especificado dentro de suas atividades.	3,57
8	Existe a utilização de poka-yokes para controle da qualidade.	* Observar se existem dispositivos de poka-yoke no canteiro de obras.	Tezelet al. (2010), Santos e Powell (1999), Tommelein (2008).	Fluxo	Garantir que o fluxo se mantenha sem perdas ou erros.	3,43
9	Existe avaliação da satisfação do cliente final com a qualidade do produto.	ESCRITÓRIO * Verificar se existe documento para pesquisa de satisfação do cliente após a entrega final do produto.	Karna et al. (2004).	Especificar valor	Verificar se o valor especificado atende as expectativas.	3,29

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
CONTROLE DE CUSTOS						
1	Existe quantificação monetária das perdas referentes a transporte de materiais, armazenamento e inspeções de qualidade.	*Entrevistar engenheiro de obra sobre o processo de identificação e quantificação monetária das perdas referente a transporte de materiais, armazenamento e inspeção de qualidade; *Verificar se existe documento com estas informações.	Kim e Ballard (2001), Marchesan e Formoso (2001).	Fluxo de valor	Identificar, na composição de custos, o fluxo de valor que existe no momento no empreendimento.	2,29
2	Existe quantificação monetária das perdas identificadas nos processos produtivos.	*Entrevistar engenheiro de obra sobre o processo de identificação e quantificação monetária das perdas no processo produtivo; *Verificar se existe documento com estas informações.	Marchesan e Formoso (2001).	Fluxo de valor	Identificar, na composição de custos, o fluxo de valor que existe no momento no empreendimento.	1,86
3	O gestor da obra é estimulado a reduzir o custo das atividades de transporte de materiais, armazenamento e inspeções de qualidade.	* Verificar se existe documento que define as metas para a redução de perdas por transporte, armazenamento e inspeções de qualidade.	Kim e Ballard (2001).	Melhoria contínua	Desenvolver meios de reduzir as perdas consideradas intrínsecas ao processo numa perspectiva de melhoria contínua.	2,57
4	Há a definição de um custo alvo e expectativa de retorno antes da definição do projeto.	ESCRITÓRIO * Verificar se existe documento que estabelece um custo alvo para o empreendimento; *Entrevistar responsável sobre a o processo de definição do custo alvo de um empreendimento.	Ballard (2006), Pennanen et al (2010), Robert e Granja (2006).	Especificar valor	Definir custo alvo e comprometer a obra a atingir este custo.	2,71
5	Existe estímulo, através do estabelecimento de metas para manter ou reduzir custos da obra.	* Verificar documento que define metas para a manutenção ou redução do custo da obra.	Granja et al. (2005).	Especificar valor	Redução da variabilidade do fluxo de trabalho.	2,43
6	Existe feedback dos custos incorridos na obra.	ESCRITÓRIO *Entrevistar responsável sobre o desenvolvimento e análise de feedback dos custos incorridos na obra.	Granja et al. (2005).	Melhoria contínua	Utilizar dados obtidos no empreendimento para especificar valor para futuros empreendimentos em um fluxo de melhoria contínua.	2,43

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
FLUXO CONTÍNUO						
1	Existe o processo de mapeamento do fluxo de valor para o empreendimento como um todo.	<ul style="list-style-type: none"> * Verificar se existe documento com o mapa do estado atual do fluxo de valor de todo o empreendimento; * Observar se o mapa de valor reproduz a situação do canteiro considerando atividades que não agregam valor; * Verificar se existe documento com o mapa do estado futuro do fluxo de valor de todo o empreendimento; * Entrevistar responsável se existe planos de melhoria para se atingir o estado futuro. 	Bulhões et al. (2005), Bulhões et al. (2006), Akel et al. (2004).	Fluxo de valor	Identificar o fluxo de valor do empreendimento para visualizar e melhor compreender os fluxos físicos, perdas e requisitos de qualidade especificados.	2,86
2	Existe o processo de mapeamento do fluxo de valor de para um grupo de atividades.	<ul style="list-style-type: none"> * Verificar se existe documento com o mapa do estado atual do fluxo de valor de um grupo de atividades; * Observar se o mapa de valor reproduz a situação do canteiro considerando atividades que não agregam valor; * Verificar se existe documento com o mapa do estado futuro do fluxo de valor de um grupo de atividades; * Entrevistar responsável se existe planos de melhoria para se atingir o estado futuro. 	Bulhões et al. (2005), Bulhões et al. (2006), Akel et al. (2004).	Fluxo de valor	Identificar o fluxo de valor de um grupo de atividades mais detalhadamente para visualizar e melhor compreender os fluxos físicos, perdas e requisitos de qualidade especificados.	2,71
3	Existe estratégia da empresa na utilização do tempo takt para sincronizar a produção.	<ul style="list-style-type: none"> * Entrevistar responsável da obra sobre definição do tempo takt das atividades; * Verificar se existe documento que relacione o tempo takt de forma a sincronizar a produção. 		Puxar	Utilizar a ferramenta do takt time para puxar a produção de maneira sincronizada.	3,29
4	Existe estratégia da empresa para reduzir o trabalho em processo.	<ul style="list-style-type: none"> * Verificar se existe documento com fluxo de atividades da obra de maneira sequencial; * Observar se existe sequência técnica das operações; * Observar se existe programação que obedeça a este sequenciamento. 		Puxar	Reduzir atividades que não agregam valor.	3,57
5	Existe gráfico de balanceamento de operação (GBO) para processos críticos (processos críticos são aqueles que estão no caminho crítico, compartilham recursos, possuem grande lead time e possuem interdependência com outras atividades).	<ul style="list-style-type: none"> * Verificar se existe documento que define o gráfico de balanceamento de operação; * Observar se o gráfico de balanceamento da operação é aplicado nas atividades que descreve. 	Bulhões et al. (2005), Bulhões et al. (2006).	Fluxo de valor	Balancear a operação para potencializar atividades que geram valor.	2,71
6	Existe tabela de trabalho padronizado combinado definindo para os processos críticos.	<ul style="list-style-type: none"> * Verificar se existe documento que define a tabela de trabalho padronizado; * Observar se a tabela de trabalho padronizado é aplicada nas atividades que descreve. 	Bulhões et al (2005), Bulhões et al (2006).	Fluxo de valor	Padronizar as atividades para garantir o fluxo de valor e que não haja perdas desnecessárias.	2,86

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
PRODUÇÃO PUXADA						
1	Existe identificação visual dos pontos de reposição de estoques.	* Observar se existe demarcação de limite mínimo dos estoques que sinalizam ponto de reposição no local de estocagem.	Arbulu et al. (2003), Sterki et al. (2007).	Puxar	Identificar limites de reposição de estoque que "puxem" seu fornecimento.	3,29
2	São utilizadas comunicações visuais para controlar a produção e o transporte (kanban).	* Entrevistar o engenheiro sobre a utilização de kanbans no canteiro de obras; * Observar se existem cartões que estabelecem o início das atividades de transporte e atividades de produção; * Observar se a atividade só inicia após o recebimento do cartão que determine seu início; * Observar se o deslocamento de materiais é coordenado por troca de cartões entre as equipes clientes e os locais de armazenamento de materiais; * Entrevistar equipe de produção e operador de elevador cremalheira/grua sobre o procedimento de solicitação e entrega de materiais.	Arbulu et al. (2003), Khalfan et al. (2008), Jang e Kim (2007), Tezel et al. (2010), Brodetskaia et al. (2010), Nagakawa (2005).	Puxar	Utilizar dispositivos visuais que comuniquem quando o cliente interno solicita o produto e esta movimentação libera início da produção.	3,57
3	A distribuição interna ao canteiro de obras dos materiais é realizada de acordo com a demanda dos clientes internos.	* Observar se existe quadro ou documento com a programação de entrega de materiais interna ao canteiro; * Observar se existem cartões kanban que sinalizam a necessidade de materiais pelos clientes internos.	Ballard (1997), Ballard (2000).	Puxar	Determinar entregas de insumos conforme a demanda dos clientes internos.	3,71
4	Existe relação de tarefas suplentes sem restrições no médio prazo que são postas e produção no curto prazo.	* Verificar documento com uma lista de atividades sem restrições resultado do lookahead.	Ballard (1997), Ballard (2000).	Puxar	Planejar o sequenciamento das atividades. A conclusão de uma atividade "puxa" o início da subsequente.	2,43
5	Existe desenvolvimento de uma rede de fornecedores, para alguns itens de produção, que atuam JIT através da utilização de kanban de entrega de materiais.	* Entrevistar engenheiro sobre JIT com fornecedores externos; * Verificar documento que controla os pedidos e entrega de materiais pelos fornecedores externos.	Khalfan et al. (2008), Hamzeh et al. (2007).	Puxar	Determinar entregas de insumos em um sistema JIT que inicia fora do canteiro de obra.	3,57

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
SEGURANÇA DO TRABALHO						
1	Os perigos de cada atividade são identificados e documentados antes de iniciá-las.	* Verificar se existe documento utilizado na análise prévia de riscos (APR); * Entrevistar técnico de segurança sobre o procedimento de desenvolvimento da APR; * Observar se o documento da APR está no local da atividade.	Saurin et al. (2002), Mitropoulos et al. (2003).	Fluxo	Planejar as atividades analisando possíveis perdas no processo.	3,14
2	O planejamento das atividades de produção considera, explicitamente, os requisitos de segurança das atividades.	* Verificar se o documento resultado do planejamento de médio e curto prazo leva em consideração medidas de proteção coletiva necessários para o início de novas atividades; * Entrevista técnico de segurança sobre o desenvolvimento deste planejamento.	Saurin et al. (2002).	Fluxo	Planejar as atividades analisando possíveis perdas no processo.	3,57
3	Diariamente, há uma reunião de segurança com os funcionários, preferencialmente enfatizando a discussão das atividades a serem feitas naquele dia.	* Entrevistar técnico de segurança sobre a realização de diálogo diário de segurança (DDS); * Observar a realização de um DDS.	Saurin et al. (2002).	Fluxo	Relembrar aspectos das atividades para conter perdas.	2,14
4	Existe treinamento de segurança das equipes de trabalho.	* Verificar se existe documento com formalização do treinamento ou questionar aos funcionários se a prática ocorre; * Entrevistar funcionários sobre o treinamento de segurança.	Mitropoulos et al. (2003), Abdelhamid et al. (2003).	Especificar valor	Treinar as equipes nos valores de segurança especificados pela companhia.	2,57
5	São adotados indicadores pró-ativos de SST.	* Entrevistar técnico de segurança se existem indicadores pró-ativos de SST (quase-acidentes, por exemplo); * Entrevistar técnico de segurança se existe trabalho sobre boas práticas de segurança no canteiro de obra; * Verificar se existe documento de gestão sobre os quase-acidentes; * Verificar se existe documento de registro e disseminação das boas práticas de segurança.	Marosszky et al. (2004).	Melhoria contínua	Analisar os indicadores de desempenho para avaliar as falhas e possíveis melhorias no sistema de gestão de segurança do trabalho.	2,86

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
SUSTENTABILIDADE						
1	Existe central de coleta de resíduos com separação por categoria.	* Observar se existe local definido para a coleta de resíduos; * Observar se existe separação por tipo de resíduo.		Especificar valor	Mobilização do canteiro de obra em selecionar seus resíduos.	2,17
2	Existe treinamento da mão de obra em como separar e destinar os resíduos gerados no canteiro de obras.	* Verificar se existe documento que evidencie treinamento da mão de obra em separar e destinar os resíduos; * Entrevistar funcionários sobre o treinamento em separação de resíduos; * Observar se existe sinalização por cores e tipos de resíduos.		Especificar valor	Treinar os funcionários na compreensão da necessidade de redução de perdas de materiais nos processos, bem como o impacto destas perdas no meio ambiente.	2,00
3	Existe treinamento da mão de obra para a redução dos resíduos produzidos.	* Verificar se existe documento que evidencie treinamento da mão de obra na redução de resíduos; * Entrevistar funcionários sobre o treinamento em meios de reduzir os resíduos.		Melhoria contínua	Estimular os funcionários da necessidade de redução de perdas de materiais nos processos, bem como o impacto destas perdas no meio ambiente.	3,17
4	Os funcionários são estimulados a reduzir a quantidade de resíduo produzidos.	* Existe documento que define as metas para a redução de resíduos produzidos pela equipe, como perdas de materiais.		Melhoria contínua	Estimular os funcionários da necessidade de redução de perdas de materiais nos processos, bem como o impacto destas perdas no meio ambiente.	3,33

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
GERENCIAMENTO VISUAL						
1	Existe um programa de avaliação da organização e limpeza do ambiente de trabalho.	* Verificar se existe documentos de avaliação de programa (5S por exemplo) que avalia a organização e limpeza do ambiente de trabalho.	Tezel et al. (2010), Nakagawa e Shimizu (2004).	Fluxo de valor	Organizar o ambiente de trabalho para que as atividades que não agregam valor e as perdas sejam facilmente identificados	3,57
2	São usados dispositivos visuais nas áreas de produção, para orientar a execução de tarefas que agregam valor.	*Observar se existem quadros com traço de argamassa e concreto, porexemplo.	Tezel et al. (2010), Nakagawa e Shimizu (2004).	Fluxo de valor	Visualizar o valor especificado nos processos construtivos.	3,57
3	São usados dispositivos visuais no escritório para promover facilidade de identificação de documentos, projetos, cronogramas, orçamentos.	*Observar se os documentos no escritório estão identificados; *Observar se arquivos e pastas possuem padronização.	Tezel et al. (2010).	Fluxo de valor	Visualizar o valor especificado nos processos administrativos da obra.	3,29
4	Existe identificação visual das vias de circulação de pessoas e equipamentos.	*Observar se existe sinalização de áreas de transporte vertical; *Observar se existe identificação de estoque de materiais; *Observar se existe sinalização de área de circulação de pessoas.	Tezel et al. (2010).	Fluxo de valor	Identificar o fluxo da obra.	3,14
5	Existe aplicação de 5S.	*Verificar se existe documentação e aplicação do programa de 5S no canteiro de obras; * Entrevistar os funcionários de obra sobre o 5S; * Verificar se existe documentação de avaliação da aplicação do 5S envolvendo equipe de produção e gerencial.	Tezel et al. (2010), (2003), Nagakawa (2005).	Fluxo de valor	O 5S tem como objetivo a organização do local de trabalho. O que é necessário para haver visualização do fluxo e transparência no processo, inclusive para identificar as falhas e perdas.	3,71
6	Existe quadro de avaliação da obra e subcontratados.	* Observar se existe quadro com os resultados dos indicadores da obra quanto a prazo, segurança, qualidade; * Observar se existe quadro com os resultados dos indicadores de cada subcontratada quanto a prazo, segurança, qualidade.	Tezelet al (2010), Izaguirre e Alarcón (2006).	Melhoria contínua	Expor os resultados obtidos ao fluxo visando a melhoria contínua.	2,43

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
PADRONIZAÇÃO DO TRABALHO						
1	Há um protótipo físico e/ou virtual de produto final atendendo aos requisitos esperados.	*Observar se existe apartamento referência (protótipo) onde são aplicados todas as instalações e revestimentos especificados de forma que possam ser previstas futuras interferências; *Entrevistar responsável da obra sobre o desenvolvimento deste protótipo.	Tezel et al. (2010), Saffaro et al. (2006).	Especificar valor	Desenvolver modelo que aplique todos os requisitos especificados em projeto.	2,71
2	Existe a definição de um fluxo geral de atividades para o empreendimento que define quais as atividades que precedem outras.	*Verificar se existe documento com diagrama de fluxo geral do empreendimento.	Picchi (2001).	Fluxo	Planejar o empreendimento como um fluxo de atividades.	2,86
3	Existe documento de padronização do trabalho.	*Verificar se existe documento padronização do trabalho para todas as atividades; *Observar se nestes documentos são descritos etapas de produção, itens e momentos de inspeção de qualidade.	Feng e Balard (2008), Picchi (2001).	Especificar valor	Determinar o padrão a ser seguido nas atividades.	3,29
4	Existe treinamento sobre os documentos de padronização do trabalho a todos os funcionários envolvidos.	*Verificar se existe documento que formalize treinamento de funcionários nos padrões de trabalho; *Entrevistar funcionários sobre a participação nos treinamentos.	Feng e Balard (2008).	Especificar valor	Treinar equipes a atender aos padrões especificados.	3,14
5	Existe avaliação periódica dos documentos de padronização do trabalho.	*Entrevistar responsável da obra sobre as revisões dos documentos de padronização do trabalho.	Morrey et al. (2010), Nakagawa e Shimizu (2004), Nagakawa (2005).	Melhoria contínua	Aplicar melhoria contínua nos processos de padronização.	3,29

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
LAYOUT						
1	Existe controle de espaço e tempo de entrega de materiais.	*Entrevistar o responsável sobre o processo de recebimento e estoque de materiais no canteiro; *Verificar documento que considere o planejamento para entrega e armazenamento de materiais.	Alves e Formoso (2000).	Fluxo	Mapear o fluxo de tempos e lotes de distribuição de materiais para reduzir perdas.	3,14
2	Existe estudo do layout do canteiro de obra considerando as evoluções construtivas do empreendimento.	* Verificar se existe documento com a definição de layout para as diferentes etapas da obra.	Alves e Formoso (2000), Saffaro e de Paula (2002).	Fluxo	Considerar impactos da evolução do layout no fluxo da obra.	3,86
3	Locais de armazenamento e de transporte são definidos no estudo de layout e acompanham a evolução do empreendimento.	*Verificar se há documento que descreva as considerações de alterações de layout quanto às áreas de estocagem, transporte e deslocamento no canteiro de obras.	Alves e Formoso (2000), Saffaro e de Paula (2002).	Fluxo	Considerar impactos da evolução do layout no fluxo da obra.	3,57

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
MELHORIA CONTÍNUA						
1	A empresa busca por inovações tecnológicas que venham a reduzir custo, aumentar a qualidade e produtividade.	*Entrevistar engenheiro sobre a utilização de novas tecnologias em equipamentos, soluções construtivas e materiais na obra; *Observar a utilização destas soluções no canteiro; *Entrevistar engenheiro sobre estímulo da empresa na participação em feiras e congressos da inovação da construção.	Heineck et al. (2002), Chang e Lee (2004).	Melhoria contínua	Buscar novas tecnologias para melhorar o processo construtivo.	2,29
2	Existem grupos de solução de problemas.	*Entrevistar engenheiro sobre a constituição de um grupo de solução de problemas; *Verificar documentos que comprovem estas reuniões (atas de reunião, lista de não conformidades analisadas).	Chin (2009), Christensen e Christensen (2010).	Melhoria contínua	Desenvolver grupos multidisciplinares de melhoria contínua .	3,57
3	Existe padrão a ser seguido para compreender e solucionar os problemas identificados (diagrama espinha de peixe, 5 porquês, etc.).	*Verificar se existe documento com descrição de algum método para identificação de causas raiz (diagrama de peixe, cinco porquês) na busca de solução de problemas.	Chin (2009), Abdelhamid et al. (2009).	Fluxo de valor	Definir o fluxo de solução dos problemas.	3,14
4	As causas raiz identificadas nos grupos de solução de problemas entram em um ciclo de PDCA para sua melhoria.	*Verificar se existe documento que defina um plano para conter as causas identificadas; *Entrevistar engenheiro sobre a aplicação da ferramenta do PDCA nas não conformidades identificadas.	Chin (2009), Nakagawa e Shimizu (2004), Nagakawa (2005).	Melhoria contínua	Aplicar a melhoria contínua nos processos do canteiro de obras.	3,57
5	Existe um processo de benchmarking entre os empreendimentos da mesma empresa.	*Entrevistar engenheiro sobre a aplicação do processo de benchmarking entre os empreendimentos da empresa.	Alarcón (1996), Sherif Mohamed (1995).	Melhoria contínua	Utilizar a ferramenta do benchmarking para potencializar a melhoria contínua entre os empreendimentos.	2,29
6	Há registro e criação de um banco de dados de melhores práticas desenvolvidas no canteiro de obras.	*Entrevistar engenheiro sobre o desenvolvimento de práticas que possam trazer benefícios quando aplicados em outros empreendimentos; *Verificar se existe documento para informação da empresa destas melhores práticas.	Alarcón (1996), Sherif Mohamed (1995).	Melhoria contínua	Exemplificar práticas de sucesso e motivar sua reprodução.	2,29

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO						
1	São utilizados ferramentas de controle de produção em tempo real.	* Observar se existe acompanhamento periódico da produção das equipes; * Observar se existe padrão para desenvolver relatórios de produtividade; * Observar se existe utilização de palms ou tablets para acompanhamento em tempo real da produtividade.	Rischmoller e Alarcon (2005), Atkin (1998).	Fluxo de valor	Utilizar ferramentas e equipamentos que garantam a manutenção do fluxo de valor.	1,57
2	São utilizados ferramentas de controle da qualidade em tempo real.	* Observar se existe acompanhamento periódico da qualidade das atividades; * Observar se existe padrão para desenvolver relatórios de controle de qualidade; * Observar se existe utilização de palms ou tablets para acompanhamento em tempo real de controle de qualidade.	Rischmoller e Alarcon (2005), Atkin (1998).	Especificar valor	Utilizar ferramentas e equipamentos que garantam o valor especificado.	1,57
3	São utilizados ferramentas de controle de recebimento e distribuição de materiais em tempo real.	* Observar se existem ferramentas de controle de recebimento de material em tempo real (leitores de código de barras, por exemplo).	Rischmoller e Alarcon (2005), Atkin (1998).	Fluxo de Valor	Utilizar ferramentas e equipamentos que garantam a manutenção do fluxo de valor.	1,86
4	Existe disponibilidade de softwares avançados no canteiro de obra.	* Observar e questionar se a gerência de obra tem acesso ao CAD para visualização de projetos; * Observar e questionar se a gerência de obra tem acesso a MSproject ou software equivalente para controlar e atualizar cronogramas; * Observar e questionar se a gerência de obra tem acesso a softwares BIM para visualizar projetos e interferências entre eles; * Observar e questionar se a gerência de obra tem acesso a softwares de controle de obra (SAP, SIENGE, etc.) para verificar desenvolvimento de custos incorridos.	Rischmoller e Alarcon (2005) Pennanen et al. (2010), Khanzode et al. (2005).	Fluxo de valor	Utilizar ferramentas e equipamentos que garantam a manutenção do fluxo de valor.	1,43
5	Existe meios de comunicação e informação para os funcionários.	* Entrevistar engenheiro sobre a utilização de sistemas de informações a funcionários tais como jornais da empresa, folhetos com dicas de saúde, bem estar, esporte, cultura (cartazes nas áreas de lazer, disponibilização de material de lazer, fotos de confraternizações); * Observar estes documentos.	Tezel et al. (2010).	Especificar valor	Utilizar sistemas de comunicação para difundir os valores incorporados pela companhia e melhorias para os funcionários.	2,29

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
RECURSOS HUMANOS						
1	Existe políticas motivacionais para todos os funcionários nos canteiros de obra.	* Observar o canteiro de obra e entrevistar funcionários quanto: * As políticas motivacionais vão além de incentivos salariais; * Há preocupação com satisfação do trabalhador; * Há preocupação em fornecer condições de trabalho favoráveis ao trabalhador; * Há preocupação em desenvolver relação de confiança entre o trabalhador e a empresa.	Garcia et al. (2006), Miranda et al. (2007).	Melhoria contínua	Possibilitar um ambiente de trabalho sempre melhor e gerar comprometimento e dedicação dos funcionários.	2,86
2	Ocorre avaliação do desempenho da equipe da obra com periodicidade e requisitos estabelecidos.	* Verificar documentos de avaliação de desempenho dos funcionários; * entrevistar funcionários (mestres, encarregados, administrativos) sobre suas avaliações periódicas.	Pavez e Alarcón (2008), Wettig et al. (2008), Garcia et al. (2006).	Melhoria contínua	Desenvolver o interesse no constante desenvolvimento dos funcionários a atingirem melhorias em seu desempenho.	2,00
3	Existem mecanismos para desenvolver funcionários multifuncionais.	* Entrevistar engenheiro se os funcionários são estimulados a desenvolver aptidões multifuncionais; * Entrevistar funcionários se são estimulados a desenvolver outras funções no empreendimento.	Miranda et al. (2007), Christensen e Christensen (2010).	Fluxo	Utilizar mão de obra multidisciplinar em algumas atividades do fluxo produtivo.	3,57
4	Os funcionários avaliados recebem feedback do seu desempenho.	* Entrevistar engenheiro se os resultados de avaliação dos funcionários são expostos a eles ressaltando pontos fortes e pontos para melhoria.	Karna e Junonnen (2005).	Melhoria contínua	Apresentar os resultados de desempenho para promover o desenvolvimento da melhoria	2,71
5	Trabalhadores são capacitados para identificar falhas e tem autonomia para paralisar produção para corrigi-las.	* Entrevistar engenheiro e funcionários se existe treinamento dos funcionários em identificar falhas; * Entrevistar engenheiro e funcionários se existe possibilidade de se parar a produção e corrigir a falha identificada.	Miranda et al (2007), Abdelhamid et al. (2009).	Especificar valor	Desenvolver maturidade da mão de obra para identificar desvios e corrigi-los de acordo com o valor especificado.	3,71
6	Existe incentivo a atividades externas ao canteiro de obras em esporte, educação, cultura.	* Entrevistar o engenheiro e funcionários se existe estímulo a atividades externas ao canteiro de obras; * Entrevistar engenheiro e funcionários se a empresa proporciona atividades de integração externas as atividades do canteiro de obras.	Miranda et al. (2007).	Melhoria contínua	Possibilitar um ambiente de trabalho sempre melhor e gerar comprometimento e dedicação dos funcionários.	1,86

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Pincípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
LOGÍSTICA E GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS						
1	Existe padrão de estocagem e manuseio dos materiais dentro do canteiro de obras (materiais estocados corretamente, materiais estocados de acordo com os pedidos de compra, etc.).	*Entrevistar engenheiro e auxiliar administrativo se é respeitado especificações de armazenamento e manuseio dos materiais estocados; *Verificar se existe documento que defina critérios de recebimento e armazenamento dos materiais.	Vrijhoef e Koskela (1999).	Melhoria contínua	Avaliar estocagem de materiais no canteiro de obras para desenvolver melhorias.	2,43
2	Existe gerenciamento de almoxarifado.	*Verificar se existe documento de controle de entrada e retirada de materiais do almoxarifado; * Observar condições do almoxarifado (organização, comunicação visual).	Elfving et al. (2010), Tezel et al. (2010), Vrijhoef e Koskela (1999).	Fluxo	Coordenar a gestão de almoxarifado.	2,00
3	Existe controle de recebimento de materiais quanto a integridade, atendimento à especificação, quantidade e qualidade da entrega.	*Entrevistar engenheiro e auxiliar administrativo se existe controle do recebimento de materiais (integridade, qualidade, quantidade); *Verificar se existe documento pelo qual é verificada a integridade do material, condições de transporte e manuseio de descarga.	Vrijhoef e Koskela (1999).	Especificar valor	Controlar a entrega de materiais se atendem as especificações.	2,71
4	Existem critérios para a qualificação e seleção de fornecedores.	*Entrevistar engenheiro sobre os critérios de seleção de fornecedores adotados nas contratações. Questionar se análise técnica e histórico de mercado são requisitos analisados.	Alves e Formoso (2000), Khalfan et al. (2008).	Especificar valor	Especificar o valor esperado dos fornecedores e buscar fornecedores que possam atendê-los.	3,00
5	Existe relação duradoura com os fornecedores da empresa.	*Entrevistar o engenheiro se os fornecedores que atendem a obra já possuem relação de longo prazo com a empresa construtora.	Erikson (2010), Khalfan et al. (2008).	Especificar valor	Desenvolver fornecedores que atendam aos valores definidos pela empresa.	3,43
6	Existe políticas de desenvolvimento de capacitação de novos fornecedores.	*Entrevistar engenheiro sobre critérios e procedimento de seleção de novos fornecedores para o empreendimento; *Verificar se existe diretrizes para a seleção de novos fornecedores; *Observar se existe novos fornecedores em atividade no empreendimento.	Vrijhoef e Koskela (1999), Khalfan et al. (2008).	Especificar valor	Treinar os fornecedores em atender aos valores especificados.	3,14
7	Existe feedback de avaliação dos fornecedores após o fornecimento do insumo ou serviço, visando a melhoria contínua.	*Entrevistar engenheiro sobre procedimentos de avaliação periódica dos fornecedores (material e mão de obra); *Observar quadro de avaliação de fornecedores.	Vrijhoef e Koskela (1999), Khalfan et al. (2008).	Melhoria contínua	Avaliar fornecedores de forma e melhorar o fornecimento de recursos e reduzir perdas identificadas.	3,00
8	O contrato de prestação de serviços estabelece informações dos procedimentos de qualidade e aceitação do serviço definidos pela empresa	*Entrevistar engenheiro sobre a informação dos fornecedores sobre os critérios de qualidade exigidos pela empresa na contratação.		Especificar valor	Gerar documento que especifique os valores esperados para a contratação.	2,57
9	São estabelecidos as datas de entrega de materiais para que haja tempo de suprimentos negociar, comprar e entregar o material.	*Verificar documento do PCP se há a definição das datas necessárias para que as contratações ocorram, respeitando o lead time de negociação; *Entrevistar engenheiro sobre seu conhecimento do lead time de negociação de suprimentos para cada item; *Entrevistar engenheiro sobre a forma comunicação com Suprimentos (direta, burocratizada, etc.).	Vrijhoef e Koskela (1999), Sterki et al. (2007).	Puxar	Especificar prazos de entrega dos materiais para não haver perdas com espera.	2,14
10	É realizado estudo de local de armazenamento de material no canteiro, envolvendo tecnologia de entrega do fornecedor.	*Entrevistar engenheiro sobre como é verificado o local de armazenamento e descarga dos insumos. *Verificar se existe documento com estudo de tamanho de lotes de entrega x área de estoque.	Elfving et al (2010).	Fluxo	Definir local de entrega de insumos de forma a otimizar o fluxo interno de materiais.	2,57
11	Existe gerenciamento sobre o recebimento e armazenamento dos produtos desenvolvidos para atender ao projeto no canteiro de obras (pré-moldados, kit esquadrias, sistemas de instalações).	*Entrevistar engenheiro sobre maneira de recebimento e armazenamento de produtos manufaturados ou desenvolvidos para o projeto (local atende as condições de armazenamento, local seguro, livre de danos, etc.).	Elfving et al. (2010), Vrijhoef e Koskela (1999), Alves e Tommelein (2006).	Fluxo de valor	Garantir que os produtos desenvolvidos para a obra atendam às expectativas para as quais foram projetados.	3,20
12	Existe avaliação do processo de suprimentos envolvendo representantes das obras.	* Verificar se existe documento de avaliação da equipe de suprimentos por parte da obra quanto a qualidade do produto/serviço contratado, atendimento ao custo previsto, atendimento ao prazo, condições de entrega e descarga do material.	Vrijhoef e Koskela (1999), Alves e Tommelein (2006), Arbulu e Tommelein (2002).	Melhoria contínua	Avaliar o processo de suprimentos sob a perspectiva de se desenvolver melhorias.	2,29

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
GERENCIAMENTO DE PROJETOS E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO						
1	Existe coordenação no desenvolvimento dos projetos pela empresa construtora ou por empresa subordinada a ela.	ESCRITÓRIO *Observar se existe coordenador designado ou grupo responsável pela coordenação dos projetos daquele empreendimento; *Entrevistar responsável sobre a manutenção de contato com a obra durante a execução do empreendimento.	Tzotzoupoulos at al. (2001), Tuholski e Tommelein (2008).	Fluxo	Coordenar fluxo de desenvolvimento do produto.	2,86
2	Existem itens de qualidade e compatibilidade que são revisados antes da entrega do projeto para execução na obra.	ESCRITÓRIO *Verificar se existe checklist prévio a entrega do projeto para a execução que contemple itens imprescindíveis a cada projeto (cotas, layers, selo, legendas, etc.); *Verificar se existe checklist de compatibilização de projeto prévio a entrega do projeto para execução.	Tzotzoupoulos et al. (2001).	Especificar valor	Garantir que o projeto entregue possua as informações necessárias para sua execução.	3,14
3	Existe um planejamento geral do desenvolvimento do projeto.	ESCRITÓRIO *Verificar se existe cronograma de execução de cada etapa do projeto; *Entrevistar responsável como é a troca de informação deste cronograma com os projetistas contratados.	Howell et al. (2000), Tzotzoupoulos at al. (2001), Tuholski e Tommelein (2008).	Fluxo	Estabelecer mapa geral para a execução do projeto.	2,29
4	Existe planejamento semanal das etapas de projeto envolvendo escritórios contratados e a gerência do projeto (exemplo: PPC).	ESCRITÓRIO *Entrevistar responsável de projetos sobre o desenvolvimento de um planejamento de curto prazo (semanal ou quinzenal). Este planejamento envolve projetistas terceirizados; *Verificar documento do planejamento de curto prazo.	Tzotzoupoulos et al. (2001).	Fluxo	Definir pacotes de trabalho para o grupo de execução do projeto.	2,29
5	Os projetos prevêm algum item modularizado ou pré-montado que facilite os processos dentro do canteiro de obras.	*Observar se foram contemplados sistemas pré-fabricados para a obra; *Observar se foram contemplados sistemas modulares com apenas a etapa de montagem na obra. Exemplos: peças pré-moldadas de concreto; kit de esquadrias; kit de instalações elétricas e hidráulicas.	Pasquire e Connolly (2003), Simonsson e Enborg (2007).	Especificar valor	Possibilitar a utilização de itens manufaturados no canteiro de obras o que reduz a variabilidades e perdas de execução.	2,71
6	Os projetos apresentam elevado nível de especificação de materiais e detalhamento que reduz a chance de erros de interpretação dos executores.	*Observar nível de detalhamento dos projetos (cotas, especificações de materiais, compatibilidade entre projetos e memoriais).	Pasquire e Connolly (2003), Simonsson e Enborg (2007).	Especificar valor	Detalhar o projeto para reduzir variabilidades e erros de execução.	3,00
7	Ocorre comunicação direta entre engenheiros da obra e o projetista.	*Entrevistar engenheiro sobre como ocorre a comunicação com responsáveis pelo desenvolvimento do projeto; *Verificar se existe formalização desta comunicação;	Tzotzoupoulos et al. (2001).	Fluxo	Possibilitar a transparência e agilidade de comunicação entre projetista e executor.	2,17
8	Existe processo de identificação do valor requerido pelo cliente antes do desenvolvimento do produto.	ESCRITÓRIO *Entrevistar responsável se são realizadas análises de mercado, pesquisa de público alvo para levantar requisitos esperados pelo cliente para o desenvolvimento do produto.	Tzortzopoulos et al (2004), Jensen et al (2009).	Especificar valor	Definir o valor esperado pelo cliente como base para a definição do produto.	4,00
9	Existe feedback ao projeto após execução do empreendimento.	ESCRITÓRIO: *Entrevistar responsável de projetos se é aplicada avaliação de feedback considerando número de problemas de incompatibilidades de projeto, número de solicitação de alterações de projeto ; *Entrevistar responsável de projetos se estes resultados são utilizados em um processo de melhoria para através da identificação das causas e sua remoção para futuros projetos.	Karna e Junnonen (2005), Sherif Mohamed (1995), Tzotzoupoulos at al. (2001).	Melhoria contínua	Avaliar qualidade do projeto para poder melhorar o processo.	3,43
10	Existe feedback de satisfação do cliente final em relação ao projeto (áreas, inovações incorporadas, materiais especificados).	ESCRITÓRIO: * Entrevistar responsável de projetos se é avaliado o nível de satisfação do cliente após a entrega do produto; *São avaliados itens de projeto (ventilação, áreas, acabamentos e materiais utilizados); *Entrevistar responsável de projetos se estas informações são utilizada no desenvolvimento de novos produtos.	Tzortzopoulos et al. (2004), Jensen et al. (2009).	Melhoria contínua	Avaliar a satisfação do cliente quanto ao produto entregue.	3,71

	Prática	Fontes de evidências	Referências	Princípio de Womack e Jones (1996) atribuído	Vínculo conceitual entre a prática e os princípios da PE definidos por Womack e Jones (1996)	FP
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO						
1	As reuniões de curto prazo são utilizadas para tomada de decisões participativa - Prática 1.	*Entrevistar engenheiro sobre o desenvolvimento das reuniões de definição de cronograma de curto prazo (há definição dos pacotes de trabalho, há envolvimento dos subcontratados); *Verificar cronograma de curto prazo e ata de reunião.	Sacks e Harel (2006), Seppannen et al. (2010), Reck (2010).	Especificar valor	Definir o valor a ser desempenhado no curto prazo.	3,29
2	Existe padronização (rotinação) das reuniões de curto prazo envolvendo um representante de cada uma das equipes envolvidas na obra - Prática 2.	*Entrevistar engenheiro se existe rotinação das reuniões de curto prazo (dia da semana, horário e local); *Entrevistar engenheiro se nas reuniões são identificados pacotes concluídos na semana anterior; *Entrevistar engenheiro se são traçadas atividades para as próximas semanas em conjunto com os subcontratados; *Verificar documento utilizado na definição do PPC e se este é fornecido aos subcontratados; *Se possível, observar uma destas reuniões.	Sacks e Harel (2006), Seppannen et al. (2010), Reck (2010).	Fluxo de valor	Envolver as lideranças no planejamento das atividades no horizonte de curto prazo.	3,14
3	Existe mapeamento com determinação das atividades de cada equipe em cada dia de trabalho, designando local de trabalho e insumos necessários - Definição correta dos pacotes de trabalho - Prática 3.	*Verificar documento do PPC observando: *definição do tamanho da equipe, local da atividade, dias que a atividade será executada; *descrição da causa do não cumprimento das atividades programadas na semana anterior; *índice de cumprimento das atividades na semana anterior; *Observar se a lista de pacotes reflete as atividades em andamento na obra.	Alves e Formoso (2000), Saffaro e de Paula (2002), Reck (2010)	Especificar valor	Especificar as atividades como um valor a ser atendido pelas equipes em cada período.	3,57
4	Existe formalização do processo de PCP - Prática 4.	* Verificar se existe documento com a formalização do planejamento de longo prazo em reunião com a gerência; * Verificar se existe documento com a formalização do planejamento de médio prazo de das reuniões com subcontratadas; *Verificar se existe documento com a formalização das do planejamento de curto prazo e das reuniões com subcontratadas.	Poleise et al. (2009), Morrey et al. (2010), Tezel et a.l (2010), Reck (2010).	Fluxo de valor	Definir padrões para a comunicação dentro do canteiro de obras.	3,29
5	Existe indicadores para avaliar o cumprimento do prazo de obra - Prática 5.	*Entrevistar engenheiro se existe algum indicador que informe se a obra está adiantada, atrasada ou no prazo; *Observar se este indicador é visível no canteiro de obras; *Entrevistar engenheiro se algum trabalho para reestabelecer o desvio de prazo percebido.	Ballard (2000), Liu e Ballard (2008), Alarcón et al. (2005), Reck (2010).	Fluxo de valor	Medir a eficiência do PCP.	2,57
6	São identificados e analisados problemas do não cumprimento do PPC e são aplicadas ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos - Prática 6.	*Entrevistar engenheiro se são identificados e analisados problemas do não cumprimento do PPC e são aplicadas ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos.	Alarcón et al. (2005), Liu e Ballard (2009), Kalsaas (2010), Reck (2010).	Melhoria contínua	Realizar análise das causas do não cumprimento do PPC como maneira de antecipar sua ocorrências nos próximos planejamentos de curto prazo.	3,57
7	São utilizados dispositivos visuais para disseminar as informações do planejamento no canteiro - Prática 7.	*Observar se existe quadro de informações na obra visível a todos os funcionários; *Observar se o quadro apresenta metas de prazo, PPC, IRR, planejamento de longo e médio prazo, causas do não cumprimento dos planos, etc..	Reck (2010).	Especificar valor	Disseminar o valor especificado para atender aos prazos.	3,29
8	Existe plano de curto prazo estabelecendo pacotes de trabalho sem restrições - Prática 8	*Entrevistar engenheiro se somente as atividades sem restrições são incluídas no cronograma de curto prazo.	Liu e Ballard (2008), Alarcón et al. (2005), Reck (2010).	Puxar	Utilizar atividades sem restrições para puxar sua execução e das atividades subsequentes.	3,29
9	Existe elaboração de um plano de longo prazo transparente - Prática 9.	*Entrevistar engenheiro de obra sobre o processo de elaboração do cronograma de longo prazo e se utiliza algum dos métodos: método do caminho crítico, diagrama de Gantt, linha de balanço, cronograma físico financeiro.	Alarcón et al. (2005), Reck (2010).	Especificar valor	Estabelecer mapa geral para a execução do projeto e definir base de atividades e prazos que possibilite puxar a produção.	2,71

10	Existe atualização sistemática do plano mestre para refletir o andamento da obra - Prática 10.	*Entrevistar engenheiro sobre a atualização do plano de longo prazo; *Observar se o plano mestre reflete a situação de andamento físico do canteiro de obras.	Reck (2010).	Fluxo de valor	Atualizar o andamento das atividades no plano geral.	1,71
11	Existe um planejamento e controle de fluxo físico de recursos - Prática 11.	*Entrevistar engenheiro se as reuniões de curto ou médio prazo discutem o fluxo físico ou alterações de layout no período; *Se possível, observar uma destas reuniões.	Alves e Formoso (2000), Khalfan et al. (2008), Reck (2010).	Fluxo	Mapear o fluxo de distribuição de materiais para reduzir perdas.	3,43
12	Existe padronização (rotinação) do planejamento de médio prazo - Prática 12.	*Entrevistar engenheiro se existe rotinação das reuniões de médio prazo (frequência mensal) que envolva os subcontratados; *Verificar se existe uma lista de atividades com restrições a serem eliminadas como resultado desta reunião; *Se possível, observar uma destas reuniões.	Sacks e Harel (2006), Ballard (1997), Seppanen et al. (2010), Reck (2010).	Especificar valor	Detalhar o cronograma geral em um horizonte menor, mas que possibilite visualizar e mobilizar recursos para sua execução.	2,86
13	Existe programação de tarefas suplentes - Prática 13.	*Entrevistar engenheiro e observar se existe lista de tarefas suplentes identificadas nas reuniões de revisão do cronograma de médio prazo, colocadas para execução no planejamento de curto prazo.	Reck (2010).	Puxar	Manter tarefas suplentes em "estoque" para a produção.	2,43
14	Existe processo de remoção sistemática de restrições - Prática 14.	*Observar se existe algum indicador para identificar a remoção das restrições (índice de restrições removidas, por exemplo); *Verificar se existe documento com identificação de data, responsável, prazo, problemas percebidos na identificação da restrição a ser removida; *Verificar se existe descrição da natureza da restrição (projeto, materiais, mão de obra, qualidade, equipamentos, outros).	Sacks e Harel (2006), Reck (2010).	Puxar	Possibilitar estoque de atividades disponíveis para a execução no horizonte de curto prazo.	3,29
15	É realizada análise crítica do conjunto de dados obtidos no planejamento envolvendo gerência da obra e da empresa - Prática 15.	* Verificar se existe relatório periódico da obra que contemple indicadores gerados na obra (PPC, IRR, causas de não cumprimento de planos, alterações no cronograma macro, etc.); *Entrevistar engenheiro se existem reuniões para análise crítica destes indicadores que envolva a gerência da empresa.	Alarcón et al. (2005), Reck (2010).	Melhoria contínua	Expor os resultados de cada equipe no PPC de forma a estimular as equipes a melhorá-los semanalmente.	2,71

Aplicação prática

O que a empresa entende por lean?

O que motivou a empresa a aplicar conceitos e ferramentas lean em seus processos?

Há quanto tempo a empresa aplica conceitos e ferramentas lean em seus processos?

A empresa verifica ganhos com a aplicação de conceitos e ferramentas lean em seus processos? De que tipo?

Aplicação prática – Utilidade

Qual a utilidade percebida com a aplicação deste protocolo?

Existiria campo para estruturar a aplicação deste protocolo na empresa?

Quais os ganhos que poderiam ocorrer na empresa a partir da aplicação deste protocolo?

|

CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão retomados alguns tópicos importantes da pesquisa como seu tema, objetivos e limitações, seguidos das conclusões obtidas. Ao final serão descritas algumas sugestões para trabalhos futuros.

4.1. Conclusões

O presente trabalho teve por objetivo principal o desenvolvimento de um protocolo de auditoria de práticas da Construção Enxuta. Foram objetivos específicos (a) identificar práticas da CE e categorias de práticas da CE; e (b) estabelecer um sistema de atribuição de pontuação consistente e reflexo dos princípios da CE.

Com base na revisão da literatura e em estudo de caso, o desenvolvimento do protocolo de auditoria ocorreu em quatro etapas: (a) identificação de categorias de prática da CE, tendo como base o material publicado nos anais dos eventos do IGLC entre 1993 e 2010; (b) definição de fontes de evidência para avaliar o uso de cada categoria de prática; (c) definição de pesos referentes à importância de cada prática, com base nas opiniões de sete especialistas em CE; (d) aplicação do protocolo a um empreendimento da construção civil. O protocolo foi inicialmente aplicado em um estudo piloto, em um canteiro de obras, o qual possibilitou melhorias no documento de auditoria. A versão revisada do protocolo foi então aplicada no mesmo empreendimento em que ocorreu a aplicação piloto, gerando dados que possibilitaram a avaliação do empreendimento e do protocolo quanto a sua utilidade.

O primeiro artigo atingiu parcialmente ao primeiro objetivo específico deste trabalho em identificar categorias de práticas da CE. Para isso, descreveu o processo de identificação de categorias de práticas da CE através da análise das palavras-chave dos artigos publicados no IGLC. O trabalho se limitou a analisar as palavras-chave dos artigos publicados no IGLC no período de 1993 a 2010. Ao final foram identificadas 14 categorias de práticas da CE e os percentuais de palavras-chave a elas relacionadas. Foram verificados os seguintes resultados:

- (a) Ênfase nas categorias de práticas PCP, gerenciamento do projeto, desenvolvimento do produto e gerenciamento da cadeia de suprimentos, as quais possuem adaptações bem sucedidas de práticas da manufatura na construção tais como *Last Planner* e *kanbans* de transporte e produção. No caso do *Last Planner*, por exemplo, sua aplicação agrega diversas ferramentas de planejamento ao gerenciamento dos empreendimentos;
- (b) Algumas categorias de práticas bem desenvolvidas na manufatura, ainda não são plenamente discutidas na literatura da CE. Por exemplo, a produção puxada exige confiabilidade e estabilidade dos fornecedores internos e externos ao canteiro de obras, o que frequentemente é uma barreira. Já o trabalho padronizado encontra dificuldade de aplicação na construção em função da maior variabilidade natural das tarefas operacionais em um canteiro de obras. É necessário padronizar os procedimentos de planejamento e gerenciamento;
- (c) Deficiência no treinamento e capacitação dos trabalhadores da construção. Apesar da categoria de recursos humanos ser a quarta mais estudada no IGLC, os estudos de capacitação são focados no desenvolvimento de aptidões da alta hierarquia das construtoras em detrimento dos trabalhadores de campo;

- (d) Manutenção produtiva total e troca rápida de ferramentas são categorias de práticas da manufatura ainda negligenciadas na literatura da CE. Ambas as práticas já são implicitamente utilizadas na construção (manutenção preventiva de equipamentos ou preparação para recebimento de concreto, por exemplo), porém existe o potencial de se rotinizar sua aplicação no objetivo de se reduzir perdas nos empreendimentos da construção.

O segundo artigo utilizou as categorias de práticas e o banco de dados que relacionava as palavras-chave aos artigos consultados entre 1993 e 2010, resultado do primeiro artigo, para identificar práticas e fontes de evidência que possibilitassem avaliar as práticas da CE em empreendimentos da construção. O segundo artigo atingiu o objetivo principal desta dissertação e estruturou o desenvolvimento do protocolo de auditoria de práticas da CE. Além disso, atingiu plenamente o primeiro objetivo específico identificando práticas da CE; e o segundo objetivo específico em desenvolver um sistema de atribuição de pesos para a avaliação de cada prática. Foi limitado a um estudo de caso desenvolvido em um único empreendimento e não foi realizada uma análise de relação conceitual entre as práticas identificadas. Os estudos de campo foram divididos em duas etapas: uma aplicação piloto de forma a desenvolver melhorias no protocolo de auditoria; e uma segunda aplicação de validação e verificação da utilidade do documento proposto. Os seguintes resultados foram obtidos:

- (a) Foi desenvolvido um protocolo de auditoria abrangente, que reflete o que é prática da CE difundida na literatura, vinculado aos princípios teóricos e ponderado conforme a importância identificada em cada prática pelo grupo de especialistas questionado. Com sua aplicação é possível caracterizar o grau de implantação das práticas e princípios da CE nos empreendimentos analisados bem como identificar oportunidades de melhoria nos processos;
- (b) A aplicação piloto permitiu identificar boas práticas e deficiências nas ferramentas de gestão do empreendimento. Foi percebida que a descrição das práticas e das fontes de evidência está de acordo com o que é aplicado e com o que pode ser aplicado no empreendimento. Porém, é essencial o avaliador ter conhecimento da teoria e das práticas da CE;
- (c) O fator de ponderação atribuído às práticas, após a avaliação dos especialistas, permitiu definir a importância de cada prática em relação aos princípios da teoria da CE. Este fator permite compreender a importância de cada categoria de prática e do próprio protocolo;
- (d) O estudo de caso possibilitou investigar a utilidade do protocolo, bem como identificar lacunas e oportunidades de melhoria na gestão da empresa e no próprio protocolo. Na reunião de fechamento do estudo de caso, foi apontado o caráter prático do trabalho e a imparcialidade do protocolo. Além disso, foi apontada a utilidade deste documento de auditoria como uma ferramenta de treinamento e capacitação dos engenheiros da empresa analisada na teoria da CE;
- (e) Foi verificada a necessidade de o avaliador ter conhecimento dos princípios e práticas da CE, bem como ficou evidente a dificuldade de se identificar empresas que apique ou tenha o objetivo de aplicar a CE;
- (f) A divergência entre os percentuais de distribuição de palavras chave do primeiro artigo e a avaliação da importância das práticas dada pelos especialistas apresentadas no segundo

artigo levanta o questionamento sobre o teor do que vem se estudado e praticado nos artigos do IGLC em relação aos princípios da CE. Assim propõem-se um questionamento: o que vem sendo estudado pela comunidade do IGLC representa o que, de fato, é mais importante em relação aos princípios da CE?

4.2. Sugestões para trabalhos futuros

Considerando oportunidades para estudos futuros, resultado deste trabalho segue:

- (a) Desenvolvimento de novas práticas para implementar princípios da CE, baseados em práticas da PE que foram adotadas com sucesso na manufatura;
- (b) Identificação das relações conceituais existentes entre as práticas que compõem o protocolo de auditoria desenvolvido;
- (c) Expansão da aplicação do protocolo de auditoria da CE a um conjunto de empreendimentos e empresas para que seja desenvolvido um banco de dados que possibilitasse comparação. Estes resultados podem gerar o desenvolvimento de grupos de melhoria e aplicação das práticas da CE em diferentes empreendimentos da construção civil;
- (d) Aprofundamento na análise dos especialistas quanto à importância das práticas em relação aos princípios da CE. Desta forma será possível se dar mais consistência ao resultado verificado quanto a divergência entre os percentuais de distribuição dos temas de pesquisa do primeiro artigo e a avaliação da importância das práticas dada pelos especialistas no segundo artigo.

REFERÊNCIAS

- Alarcón, L. (editor) (1997). "Lean Construction". A.A. Balkema, Rotterdam. The Netherlands. 497 pp.
- Ballard, G. (2000). "The last planner™ system of production control." Thesis (Ph.D.), School of Civil Engineering, The University of Birmingham, 192 pp.
- Carvalho, B. S. (2008) "Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta". (in Portuguese) 2008. Master's thesis. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil.
- Chiesa V, Coughlan P, Voss C. (1996). "Development of a technical innovation audit". Journal of Production and Innovation Management..
- Etges, B. M. B. S.; Saurin, T. A.; Bulhões, I. R.; (2012). "Identifying lean construction categories of practices in IGLC Proceedings." Proc. for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA.
- Hofacker, A.; Fernandes, B.; Gehbauer, F.; Carmo Duarte Freitas, M.; Mendes, R.; Santos, A.; Kirsch, J. (2008). "Rapid lean construction - quality rating model." Proc. Of the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction Manchester, UK. 241 – 250.
- Koskela, L. (1992). "Application of the New Production Philosophy to Construction", Technical Report No. 72, CIFE, Stanford University, CA.
- Koskela, L. (2000) "An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction". Ph.D. Dissertation, VTT Publications 408, Espoo, Finland, 296 pp.
- Liker, J. K. (2004). "The Toyota Way. 14 Management principles from the world greatest manufacturer". 1 ed. United States of America: McGraw-Hill. 352 pp.
- Mann, D. (2005). "Creating a lean culture: tools to sustain lean conversion." New York: Productivity Press.
- Picchi, F. A. (2003). "Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção". Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2003.
- Salem, O.; Solomon, J.; Genaidy, A.; Minkarah, I. (2006). "Lean Construction: From Theory to Implementation." ASCE, Journal of Management in Engineering, October, 168-175.
- Spear, S. and Bowen, H.K. (1999). "Decoding the DNA of the Toyota Production System". Harvard Business Review, September, 97–106.
- Valente, C.; Novaes, M.; Mourão, C. A.; Neto, J. (2012). "Lean monitoring and evaluation in a construction site: a proposal of lean audits." Proc. for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA.
- Womack, J. and Jones, D (1996). "Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation". New York: Simon and Schuster.