



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GUSTAVO FERREIRA COSTA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE OBRAS DE PEQUENO PORTE NA APLICAÇÃO
DA FILOSOFIA *LEAN CONSTRUCTION*: estudo multicaso na cidade de Pau dos
Ferrois/RN**

PAU DOS FERROS – RN

2017

GUSTAVO FERREIRA COSTA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE OBRAS DE PEQUENO PORTE NA APLICAÇÃO
DA FILOSOFIA *LEAN CONSTRUCTION*: estudo multicaso na cidade de Pau dos
Ferros/RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Almir Mariano de Sousa Júnior

Coorientador: Prof. Me. Adriano David Monteiro de Barros

PAU DOS FERROS – RN

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

F837a Ferreira Costa, Gustavo.

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE OBRAS DE PEQUENO PORTE
NA APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION: estudo
multicaso na cidade de Pau dos Ferros/RN / Gustavo
Ferreira Costa. - 2017.
49 f. : il.

Orientador: Almir Mariano de Sousa Junior.
Coorientador: Adriano David Monteiro de
Barros.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2017.

1. Lean construction. 2. Índice de Construção
Enxuta. 3. Obras de pequeno porte. I. de Sousa
Junior, Almir Mariano, orient. II. Monteiro de
Barros, Adriano David, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GUSTAVO FERREIRA COSTA

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE OBRAS DE PEQUENO PORTE NA APLICAÇÃO DA
FILOSOFIA *LEAN CONSTRUCTION*: estudo multicaso na cidade de Pau dos Ferros/RN

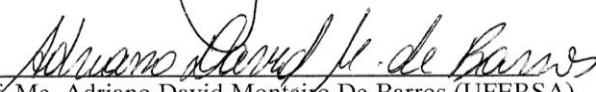
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 22 / 05 / 2017.

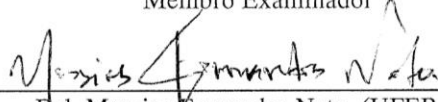
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Almir Mariano De Sousa Júnior (UFERSA)
Presidente



Prof. Me. Adriano David Monteiro De Barros (UFERSA)
Membro Examinador



Bel. Messias Fernandes Neto, (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

“Agradecer não será tão somente problema de palavras brilhantes; é sentir a grandeza dos gestos, a luz dos benefícios, a generosidade da confiança e corresponder, espontaneamente, estendendo aos outros os tesouros da vida”.(Colossenses 3.15)

Meus mais sinceros agradecimentos a minha família, em especial, aos meus pais Anaclécia Ferreira e Adalberto Vieira, por todo amor, cuidado, carinho e educação dado a mim ao longo da minha vida. Pelo apoio e suporte dos meus sonhos. Por existirem e se fazerem presentes, mesmo diante de qualquer distância que já houve entre nós. Vocês são responsáveis por todas as minhas pequenas e grandes conquistas, e as que ainda estão por vir. Agradeço também a vida do meu irmão, Guilherme Ferreira, que preenche nossas vidas com toda alegria e doçura.

Quero agradecer aos meus grandes amigos do intercâmbio, minha família sem fronteiras que tive o prazer de conhecer de uma forma tão extraordinária, quanto as suas amizades. Em especial a minha melhor amiga, Lyven Mariana, por todo companherismo, irmandade, amor, disponibilidade e por nunca medir esforços para me ajudar. Aos meus amigos de longa data, Kamilla Dantas, Karina Dantas, Luciano Pinheiro e Jeterson Fernandes, também meus sinceros agradecimentos.

Agradeço também aos amigos da UFERSA, em especial Bruna Soares, Hingrid Araújo, Mariano Paiva e Rosângela Paula, cuja amizade transcende qualquer instituição e por se tornarem minha família paufferrense.

Por fim, quero agradecer aos meus orientadores Almir Mariano e Adriano David, pela disponibilidade, ajuda e paciência no desenvolvimento desse trabalho.

“I guess we are who we are for a lot of reasons. And maybe we’ll never know most of them. But even if we don’t have the power to choose where we come from, we can still choose where we go from there”.

Stephen Chbosky

RESUMO

O *lean construction* se caracteriza pela redução dos desperdícios e integração dos processos produtivos. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo avaliar o desenvolvimento das atividades em obras de pequeno porte, localizadas na Cidade de Pau dos Ferros – RN, a partir da análise da viabilidade e do nível de utilização dos princípios do *lean construction*, tendo como principal intenção sugerir melhorias na execução das mesmas, e, por conseguinte, identificar quais os benefícios que a aplicação deste modelo poderia proporcionar ao desenvolvimento da obra. Para tanto, realizou-se um levantamento bibliográfico e visitas *in loco* em seis obras, no sentido de possibilitar a aplicação da lista de verificação de *lean construction*. A partir do tratamento dos dados, obtiveram-se os Índices de Princípio Individual (IPI), e o Índice de Construção Enxuta (ICE). Evidenciou-se que a realidade das obras estudadas não condiz com o que é proposto no conceito do *lean construction*, considerando um grande déficit na aplicação dos princípios que norteiam esse modelo produtivo, uma vez que todas as obras foram enquadradas no nível D, o mais baixo dentre os apresentados na Tabela de Hofacker. Tal fator decorre dos desperdícios de materiais e geração excessiva de resíduos, bem como da ausência de ações que possibilitem a renovação e aprimoramento no desenvolvimento das atividades cotidianas. Diante dessa realidade, conclui-se que a aplicação prática dos princípios da *lean construction*, apresenta grandes potencialidades para melhorar a gestão e integração das atividades da construção como um todo, promovendo um melhor desempenho e melhor rentabilidade econômica às obras.

Palavras-chave: Lean construction. Índice de Construção Enxuta. Obras de pequeno porte.

ABSTRACT

Lean Construction is characterized by the reduction of waste and the integration of production processes. Regarding to this, the present study aims to evaluate the development of activities in small constructions, located in Pau dos Ferros - RN, based on the feasibility analysis and the level of use of lean construction principles. The main purpose is to suggest improvements in their execution and, therefore, to identify the benefits that the application of the lean construction could provide to the development of the work. Accordingly, a bibliographical survey and on-site visits were carried out in six constructions, enabling the application of the lean construction checklist. From the data treatment, the Individual Principles Indexes (IPI) and the Lean Construction Index (LCI) were obtained. It was evidenced that the reality of the studied constructions does not match what is proposed in the concept of lean construction, considering a great deficit in the application of the principles that guide this productive model, since all the constructions were framed in level D, the lowest level among those presented in the Hofacker Table. This factor is due to the waste of materials and excessive generation of waste, as well as the lack of actions that would make it possible to renew and improve the development of daily activities. In view of this reality, it is concluded that the practical application of the principles of lean construction presents great potential to improve the management and integration of the construction activities as a whole, promoting a better performance and economic profitability to the constructions.

Keywords: Lean Construction. Lean Construction Index. Small Size Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	<i>The 4P of ToyotaWay</i>	20
Figura 2	–	PIB acumulado na construção civil.....	22
Figura 3	–	Projeto diamante.....	23
Figura 4	–	Identificação das obras objetos de estudo na malha urbana de Pau dos Ferros/RN	29
Figura 5	–	Sequência de execução da pesquisa	30
Figura 6	–	Dados da Obra A	32
Figura 7	–	Brita e tijolos ao ar livre	33
Figura 8	–	Desorganização no canteiro	34
Figura 9	–	Falta de sinalização e/ou proteção (guarda corpo).....	34
Figura 10	–	Dados da Obra B	35
Figura 11	–	Motocicleta e entulhos no canteiro	36
Figura 12	–	Dados da Obra C	36
Figura 13	–	Materiais dispostos na via pública	37
Figura 14	–	Dados da Obra D	38
Figura 15	–	Entulhos na Obra D	39
Figura 16	–	Dados da Obra E	39
Figura 17	–	Dados da Obra F	40
Figura 18	–	Desperdício de materiais cerâmicos	41
Figura 19	–	Ausência do uso de EPIs	41
Figura 20	–	Quantidade excessiva de entulhos	42
Figura 21	–	Índice de Construção Enxuta das Obras	42

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	–	Desenvolvimento do <i>Toyota Production Sistem</i>	17
Quadro 2	–	Características das obras	32
Quadro 3	–	Classificação das obras de acordo com o ICE	43
Tabela 1	–	Resultados dos levantamentos nas bases de pesquisa.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bel	Bacharel
Dr	Doutor
CE	Construção Enxuta
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GI	Gestão da Informação
ICC	Indústria da Construção Civil
ICE	Índice de Lean construction
IGLC	<i>International Group for Lean Construction</i>
IPi	Indicador por Princípio Individual
LCI	<i>Lean Construction Institute</i>
LCS	<i>Lean Construction System</i>
LPS	<i>Lean Production System</i>
Me	Mestre
PIB	Produto Interno Bruto
PO	Pontos Obtidos
PP	Pontos Possíveis
QTG	Qualidade Total de Gerenciamento
TFG	Transformação, fluxo e geração
TPS	Toyota Production System

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Produção Enxuta (<i>Lean Production</i>).....	15
2.1.1 Histórico da <i>Lean Production</i>	15
2.1.2 Definições sobre <i>Lean Production</i>	17
2.2 Construção Civil: análise histórica evolucionista do cenário nacional.....	20
2.3 Noções sobre gerenciamento e planejamento.....	22
2.3.2 Definições e práticas.....	22
2.3.3 Planejamento e gerenciamento na construção civil.....	23
2.4 <i>Lean Construction</i> - Construção Enxuta.....	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Caracterização dos empreendimentos	31
4.2 Análise dos dados.....	31
4.2.1 Obra A	31
4.2.2 Obra B	34
4.2.3 Obra C	35
4.2.4 Obra D	37
4.2.5 Obra E.....	39
4.2.6 Obra F.....	40
4.3 Índice de Construção Enxuta (ICE)	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
6 REFERÊNCIAS	45
ANEXO A - Princípios e itens de verificação do <i>lean construction</i>.....	48

1 INTRODUÇÃO

De forma atemporal, a engenharia civil inegavelmente representa um papel de grande importância para sociedade e uma parcela significativa na economia do país. Sem a sua existência todo o desenvolvimento, construção da sociedade, conexão das atividades urbanas e até mesmo a sobrevivência das gerações ao longo da história teria sido comprometido. No entanto, ao mesmo tempo em que renova e mantém sua relevância, a indústria da construção é considerada um setor conservador. À maneira tradicional de “fazer negócio”, sua execução está atrelada a alguns aspectos negativos, como por exemplo: a precariedade na gestão, mão de obra desqualificada, a geração de resíduos e os consequentes desperdícios nos canteiros de obra e atrasos da obra como um todo. Neste sentido, é importante a constante busca pela renovação desta atividade e adequação às novas demandas da sociedade. Uma das alternativas para amenizar tais aspectos é a aplicação do conceito de *lean construction*.

Para esse novo conceito, de acordo com Kopper (2012), foi necessária uma profunda revolução nos métodos de gestão das obras, sendo adicionados a estes diversos aspectos que antes não eram considerados importantes. Dessa maneira, aflorando a concepção que a gestão não se trata apenas da implementação e execução dos projetos, percebe-se, na realidade, a necessidade de priorizar o melhor aproveitamento e interação de todos os recursos envolvidos no desenvolvimento da atividade da construção civil.

Segundo Arantes (2011), Koskela foi pioneiro no desenvolvimento dos estudos da *lean construction* e, em seu primeiro trabalho “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”, apresenta os diversos problemas ligados a construção civil que tornam sua eficiência inferior a do setor industrial, e justifica a sua baixa produtividade em relação a outros setores industriais. A ausência de mão de obra qualificada e profissionais satisfatoriamente preparados para executar suas específicas funções, a informalidade de alguns processos construtivos e o conservadorismo deste setor, impedem ou dificultam a adoção de ações que minimizem desperdícios e melhorem a produtividade.

De acordo com Aziz e Hafez (2013), desde 1992, Koskela referiu-se a adaptação e aplicação dos conceitos de produção enxuta na indústria da construção e com isso conceituou um padrão de gestão da produção subdividida em três maneiras complementares conhecidas como a Teoria da produção TFG: Transformação; Fluxo; e Geração de valor. Esta visão tripartida da produção transformou a gestão da construção contemporânea através do *lean construction*.

Neste sentido, segundo Kopper (2012) apud Hirota (2001) e Isatto et al. (2000), a filosofia do *lean construction* implica em um conjunto de princípios e regras a partir da adaptação dos conceitos já existentes de gestão. Portanto, é necessário a quebra de paradigmas atrelados a filosofia gerencial usual, sendo o objetivo principal maximizar a eficiência das operações na obra, buscando reduzir ao máximo aquelas que não agregam valor ao projeto e conscientizar a importância das interações de todas as atividades desenvolvidas no canteiro. Dessa forma, para Aziz e Hafez (2013), o mais importante é identificar as dependências e variações para que os resíduos (atividades que não agregam valor) sejam eliminados, e resultem em projetos de construção mais estáveis.

Trazendo esta realidade para o mercado brasileiro, podemos observar que o cenário atual, no qual a indústria da construção civil tem desacelerado consideravelmente em crescimento, a aplicação da filosofia *lean* pode ser pensada como uma alternativa ainda mais decisiva para melhorar a produtividade do setor pois, além dos benefícios que foram mencionados anteriormente, uma obra planejada de forma mais eficiente e estável, prevendo e controlando eventuais problemas, e de uma forma que interage os processos, tem muito menos riscos de gastos desnecessários que podem onerar a obra e impossibilitar, ou atrasar sua conclusão. Como observaram Erol, Dikmen & Birgonul (2015) o *lean construction* pode ser vista não só como uma iniciativa para mudar as práticas tradicionais de gerenciamento, mas também como uma inovação para as empresas de construções se diferenciarem.

Mediante tais discussões, o presente estudo tem por objetivo avaliar o desenvolvimento das atividades de construção civil em obras de pequeno porte, localizadas na cidade de Pau dos ferros – RN e, dessa maneira, estudar a viabilidade e o nível de utilização dos princípios de Lean construction nestes empreendimentos, tendo como principal intenção sugerir melhorias na execução das mesmas, e, por conseguinte, identificar quais os benefícios que a aplicação deste modelo poderia trazer para execução da obra. Diante desta realidade, surge a seguinte indagação: quais os impactos que o Método de *lean construction* proporcionaria à construção civil, considerando os aspectos econômicos e administrativos?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção Enxuta (*Lean Production*)

2.1.1 Histórico da *Lean Production*

De acordo com Dominici (2010) apud Dominici e Palumbo (2012), o conceito *Lean Production* começou a ser desenvolvido por volta da década de 50, no Japão, quando o país vivia um momento de profunda crise, após o fim da Segunda Guerra Mundial. O Japão e o seu mercado automobilístico enfrentavam uma situação industrial de grande crise e carência de recursos, desde matéria-prima para produção como também de capital financeiro para investimento. Situação esta, totalmente oposta a qual seus concorrentes ocidentais, Ford e GM, viviam, com seus modelos de produção em massa. Assim, na busca de superar a situação de crise e conquistar seu espaço no mercado, em 1950, a Toyota começou a desenvolver um modelo que posteriormete ficaria conhecido como *Lean Production* ou Produção Enxuta, na tentativa de inovar sua produção industrial e lidar com as limitações dos recursos.

Assim, a empresa elaborou um modelo de produção que focava principalmente na redução do consumo de recursos, ao mesmo tempo em que buscava manter a qualidade de seus serviços, oferecendo preços justos e também produtos diversificados para o mercado consumidor. Esse modelo ficou conhecido inicialmente por “*Toyota Production System*” (TPS), e em seguida evoluindo ao que hoje é conhecido como “*Lean Production System*” (LPS).

Segundo Gao e Low (2014), a primeira vez que o termo *Lean Production* chamou atenção foi em 1990, com a publicação do livro *The machine that chagend the world* – Womack et al. (1990). Onde os autores fazem comparações e críticas contrastando o modelo de produção da Toyota com os modelos operados por três gigantes da indústria automobilística dos EUA. Neste mesmo livro, eles elencam uma série de fatores para explicar porque o *Toyota Production System* era superior aos modelos americanos. Pricipalmente pelo fato de utilizar menos esforço humano, menos espaço industrial, menos investimento em ferramentas, por gastar mais tempo melhorando a qualidade dos produtos já existentes ao invés de desenvolver novos produtos, menos estocagem de recursos e mantendo a variedade de seus produtos.

No entanto, de acordo com Parkers (2015), apesar do *Toyota Production System* ter sido desenvolvido no Japão, mais especificamente nas fábricas da Toyota, e agregarem em

sua filosofia elementos da cultura japonesa, muitos destes elementos foram retirados e adaptados dos sistemas americanos de produção. “Porém, esta aprendizagem advinda dos modelos americanos não era sobre a imitação, mas sobre a inspiração e adaptação à atitude de trabalho japonês” (OHNO, 1988 p. 13).

Em 1950, Eiji Toyoda visitou a fábrica da Ford em Detroit. Naquela época, o Japão e os negócios familiares da Toyoda (Toyota Motor Company foi formada em 1937) enfrentavam uma crise, e conseguiam apenas produzir uma pequena fração do volume da Ford. Dessa maneira, depois de retornar ao Japão, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno declararam que a produção em massa não funcionaria no Japão. E assim começaram a desenvolver um sistema de produção que se adequava as condições econômicas que o país e a empresa enfrentavam.

Ainda sobre o mesmo autor, segundo ele a cronologia dos eventos que foram decisivos para o desenvolvimento do TPS, estão listados no Quadro 1.

Quadro 1: Desenvolvimento do *Toyota Production System*

Ano	Evento
1945 – 1975	Início do desenvolvimento do sistema de produção <i>just-in-time</i> Autonomação (Sakichi e Kiichiro Toyoda)
1945 – 1955	Montagens (2 a 3 horas);
1947	Manuseamento de 2 máquinas (em paralelo ou em forma de L) ; A separação do trabalho da máquina e do trabalhador começa;
1948	Retirada por processo subsequente (transporte "a montante");
1949	Abolição dos armazéns intermediários;
1949 – 1950	Manuseamento de 3 ou 4 máquinas (em forma de ferradura ou retangular)
1950	Linhas de usinagem e montagem sincronizadas; Controle visual, adoção do sistema <i>andon</i> na montagem do motor;
1953	Sistema de supermercados e chamadas para a oficina de máquinas; Nivelamento de produção (Taiichi Ohno);
1955	Montagem e carroçarias ligadas; Sistema de número necessário para as peças fornecidas; Carga pequena, transporte misto; Principal sistema de produção da linha de montagem da planta (<i>andon</i> , linha parada, carga mista);

	Automação -> autonomia = automação com um toque humano;
1957	Quadro de procedimentos (<i>andon</i>) adotado;
1958	Retirada dos armazéns;
1959	Sistema de transferência (in → in ou in → out)
1961	Pallet <i>kanban</i> (fracassou); Sistema de cartão vermelho e azul para pedidos de peças externas; <i>Andon</i> instalado, Oficina de montagem Motomachi;
1962	<i>Kanban</i> adotado em toda a empresa (usinagem, forjamento, montagem de corpo, etc.) (Taiichi Ohno); Montagens principais da fábrica (15 minutos); Controle total de máquinas, máquinas de <i>baka-yoke</i> ;
1963	Sistema de indicador de informação adotado, sistema de seleção autônoma de peças adotado; Operação multi-processo;
1965	<i>Kanban</i> adotado para encomendar peças externas, sistema de fornecimento de 100%; O <i>Toyota System</i> começou a ser repassado às filiais;
1966	Primeira linha automatizada (Kamigo);
1971	Montagens principais e do Motomachi (3 minutos); Sistema de indicação do corpo (linha Motomachi Crown);
1973	Sistema de transferência (out → in);

Fonte: (T.OHNO, 1988, P. 115). Adaptado

Assim, segundo Gao e Low (2014), inicialmente o *Toyota Production System* foi designado como uma “arma secreta” para promover e melhorar a eficiência operacional da indústria automobilística do Japão. A sua evolução e expansão aconteceu ao longo dos anos, viajando dos EUA para o Japão e do Japão para o Ocidente. Sendo aprimorado e aplicado a diversas outras finalidades, que hoje conhecemos como *Lean Production System*.

2.1.2 Definições sobre *Lean Production*

Alves, Dinis-Carvalho e Sousa (2012), afirmam que suplementarmente à produção industrial, almejava-se um modelo que pudesse fomentar o desenvolvimento das habilidades

dos trabalhadores, permitindo a eles desempenharem todas as suas competências de forma a inovar e melhorar seu ambiente de trabalho. Além disso, “a essência da filosofia do *lean production* é reduzir o desperdício sempre que possível, e a orientação para sempre criar valor agregado para o cliente” (NOWOTARSKI, PASÁAWSKI & MATYJA, 2016, p. 1038).

Assim, de acordo com o *Lean Enterprise Institute*:

A eliminação de desperdícios ao longo das linhas de produção, em vez de em pontos isolados, criação de processos que requer menos esforço humano, menos espaço, menos capital e menos tempo para produzir produtos e serviços a custos muito menores e com muito menos falhas em comparação com os sistemas comerciais tradicionais. As empresas são capazes de responder aos desejos de mudança do cliente com alta variedade, alta qualidade, baixo custo e com tempos de processamento muito rápido. Além disso, a gestão da informação torna-se muito mais simples e precisa. (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2014, p. 1)

De acordo com Koskela 1992 apud Gao e Low (2014), existem 11 princípios que são as diretrizes da filosofia “*enxuta*”. Os quais estão listados abaixo:

1. Reduzir o compartilhamento de atividades sem valor; (também chamada de “Desperdício”);
2. Aumentar os valores de produção através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes;
3. Reduzir a variabilidade;
4. Reduzir o tempo de ciclo;
5. Simplificar, reduzindo o número de etapas, partes e ligações;
6. Aumentar a flexibilidade da produção;
7. Aumentar a transparência dos processos;
8. Foco na finalização dos processos;
9. Promover aprimoramento contínuo nos processos;
10. Melhoria do fluxo de equilíbrio com melhoria da conversão;
11. Marca de referência.

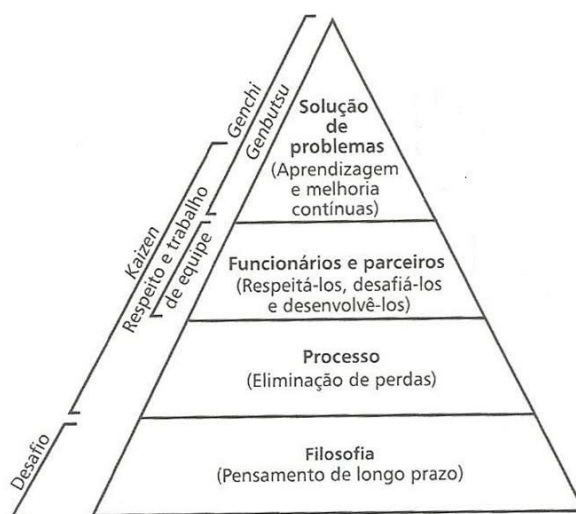
Esses princípios foram publicados posteriormente, utilizando diversas outras abordagens e políticas de operação e administração, que são essenciais para a implementação do *Lean Production System* em qualquer empreendimento dos quais pode-se citar:

Quadro 2 : Princípios do *Lean Production System*

Princípios	Definição
<i>Kaizen</i>	Melhoramento contínuo
Qualidade Total de Gerenciamento (QTG)	Sistema de gestão baseado na qualidade
<i>Just in time</i>	Aumentar a eficiência e reduzir o desperdício
<i>Kaban</i>	Um pedaço de papel ou metal anexado nos produtos que especifica exatamente a quantidade de material necessário para a produção subsequente na linha de produção
<i>Jidoka</i>	Inclue o toque humano na automação
Suavização da produção	Adaptação da produção de acordo com a demanda
Redução do “ <i>lead time</i> ”	Cumprir os prazos
Célula modular de fabricação	Organiza o maquinario fazendo a produção ser continua
Padronização das atividades	É possível substituir os trabalhadores entre as várias tarefas depois do treinamento apropriado

Fonte: Dominici e Palumbo, 2013

Tais princípios estão sintetizados na Figura 1:

Figura 1: The 4P of Toyota Way

Fonte: Jeffrey K. Liker, 2016, p 120. Adaptado

Mediante ao sucesso da utilização do LPS na indústria automobilística, logo o modelo de produção enxuta ganhou evidência e popularização. Havendo uma constante busca a fim de ampliar sua aplicação nos mais variados seguimentos da indústria, desenvolveram-se novas formulações do conceito de LPS, como por exemplo, o *Lean Construction* ou *Lean Construction System* (LCS).

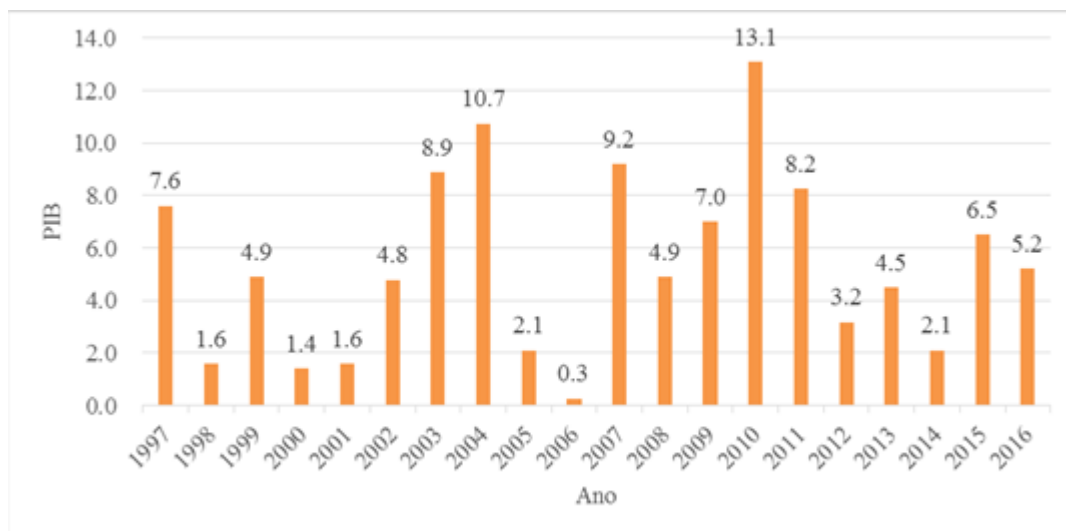
2.2 Construção Civil: análise histórica evolucionista do cenário nacional

A construção civil, dentre outras funções, tem um importante papel de impulsionar os demais setores da indústria. Neste sentido, de acordo com Fialho et al. (2014) apud Kureski et al. (2008), o mercado da construção civil, é uma ferramenta enaltecadora e impulsionadora dos setores que servem para ela como fornecedora das matérias-primas. Esta característica e a sua complexidade se deve ao fato de que todos os setores da sociedade, sejam estes do âmbito governamental, como também do individual, se inter-relacionam, partindo dos interesses no desenvolvimento das obras da construção civil. Da mesma forma, no âmbito econômico, a construção civil tem percentual muito importante no PIB nacional, no desenvolvimento e na geração de empregos. Dessa forma, Souza et al. (2015) afirma que:

A Indústria da Construção Civil (ICC) é caracterizada por: consumir grande parte dos recursos naturais disponíveis; empregar elevadas quantidades de mão de obra; dar vida a uma cadeia produtiva complexa ao seu entorno; disponibilizar a infraestrutura necessária para o crescimento de uma comunidade. Então, a ICC obtém configuração de importância fundamental dentro da economia de um país e representa parcela significativa de seu PIB. (SOUZA et al., 2015, p. 141)

Ainda sobre a mesma autora, ela afirma que, no Brasil fazendo uma análise histórica, é possível constatar que quando a economia vai bem, os investidores se sentem seguros para voltarem a investir na construção. Dessa forma, a sobrevida da construção civil se caracteriza por ciclos.

Neste sentido, a Figura 2 descreve as variações no PIB acumulado da construção civil nos últimos 20 anos.

Figura 2: PIB acumulado na Construção Civil

Fonte: CBIC, 2017. Adaptado.

Fazendo uma análise dos anos mais recentes, de acordo com Gonçalves (2015), as razões para esses ciclos e variações se devem, em grande parte também, as políticas de estímulo adotadas desde 2008, enquanto o mundo vivia uma crise financeira internacional, o Governo Federal brasileiro colocou em prática um gigantesco programa habitacional, o Minha Casa Minha Vida. Além disso, em paralelo, o crédito habitacional também foi responsável pelo estímulo do setor. Entre 2008 e 2013, a construção civil gerou cerca de 1,5 milhão de novos empregos no Brasil. Por outro lado, a infraestrutura do país não conseguiu seguir o mesmo ritmo de melhorias vivido pela construção habitacional. Como consequência os preços dos imóveis começaram a despencar, se agravando no ano de 2014. Assim, seguindo esta tendência, nos anos de 2015 e 2016, o número de empregos no setor teve uma significativa retração.

Diante de tal realidade, seguindo a tendência de adequação as demandas da sociedade, é necessário a busca por renovação deste setor tão importante para sociedade. Dessa maneira, segundo Moura e Soares (2013) apud Corbella (2003), é nesse contexto que o modelo de *lean construction* aparece, como uma alternativa na amenização dos impactos causados e para a renovação de alguns velhos conceitos enraizados na atividade da construção civil.

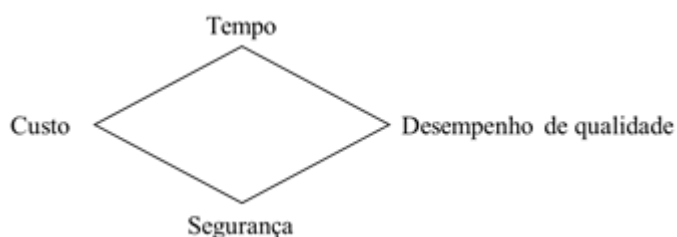
2.3 Noções sobre gerenciamento e planejamento

2.3.2 Definições e práticas

Um boa prática de gestão e planejamento de projeto, além de possibilitar inúmeras melhorias no seu desenvolvimento e prevenir o gasto excessivo de recursos financeiros, ainda possibilita ao gestor o conhecimento amplo e completo do mesmo. A palavra “planejamento” está, até mesmo, intrínseca a definição de “projeto”. Que, de acordo com Lester (2013), um projeto pode ser definido como, um processo único, constituído por um conjunto de atividades coordenadas e controladas com datas de início e fim, realizadas para atingir objetivos conforme os requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custos e recursos.

Previamente, segundo Patanakul & Shenhar (2012), deve-se definir a perspectiva a qual o projeto está inserido, em outras palavras, indentificar, definir e apresentar os antecedentes, o ambiente, a razão pela qual se pretende desenvolver o projeto e o seu objetivo geral. Ou seja, definir o conceito que orientará a experiência do projeto. Sendo essa prática fundamental e crucial para a sua futura execução. Em suma, para Lester (2013), o desenvolvimento deve levar em consideração parâmetros que estão representados na Figura 3:

Figura 3: Projeto Diamante



Fonte: Lester 2013, p. 3. Adaptado

- Tempo: o tempo de execução do projeto deve ser respeitado, mesmo que seja necessário a aplicação de mais recursos;
- Custo: o custo do projeto não pode ser ultrapassado, ao que foi previsto;
- Desempenho de qualidade: a qualidade deve ser mantida acima de qualquer adversidade;
- Segurança: práticas seguras devem ser incorporadas em cada projeto, acompanhadas do monitoramento constante.

2.3.3 Planejamento e gerenciamento na construção civil

É de conhecimento comum que todo processo produtivo transforma matéria bruta em produtos. Dessa forma, na construção civil não é diferente, os materiais como areia, cimento, brita juntamente com a mão de obra e outros insumos, se transformam em edifícios, casas, pontes e estradas. Sendo assim, para execução desses processos de produção são necessários os empreendimentos de diversos recursos, como o transporte e marketing, por exemplo. Portanto, de maneira semelhante a produção industrial, todas essas técnicas empregadas na construção civil necessitam de um planejamento prévio.

De acordo com Pereira Filho, Rocha e Silva (2010), o resultado final do processo construtivo nem sempre acontece como foi dimensionado. Isso se deve ao fato de que existe uma série de fatores no processo produtivo, os quais precisam ser administrados, utilizando-se o planejamento e controle da produção.

Neste sentido, de acordo com Te Gao et al. (2014), durante o planejamento e execução dos projetos de construção, os engenheiros e gerentes do projeto fazem várias suposições (isto é, afirmações que só serão aceitas como verdadeiras se os empreendimentos futuros forem mantidos como planejados) com relação à execução das atividades de construção, disponibilidade de recursos, adequação dos métodos de construção e das atividades precedentes.

Dessa maneira, Mattos (2010) alerta, que a avaliação antecipada de ocorrências desvantajosas permite que o gerente da obra tome decisões a tempo, adotando medidas que minimize os impactos causados influenciando no custo e no prazo de uma construção civil.

2.4 *Lean Construction* – Construção Enxuta

Segundo Tenzel e Nielse (2013), a filosofia do *lean production* chamou a atenção das pessoas da área da construção civil e desde o início da década de 1990, o conceito de *lean construction* vem sendo estudado e promovido por meio, por exemplo, de institutos, relatórios governamentais, acadêmicos, profissionais e algumas organizações profissionais. As duas organizações mais notáveis que têm trabalhado exclusivamente para o desenvolvimento do “pensamento enxuto” na indústria da construção civil são o *Lean Construction Institute* (LCI) dos Estados Unidos e o *International Group for Lean Construction* (IGLC).

Para explicar esta nova metodologia, Kopper (2012) diz que o *lean construction* pode ser entendido como uma nova filosofia de produção aplicada à construção civil, ou seja, uma aplicação dos conceitos da produção enxuta. Tal modelo só foi possível de ser desenvolvido devido aos esforços de grandes estudiosos da área engajados na aplicação e disseminação desses novos princípios. “Os princípios do *lean construction*, em particular, a abordagem do gestor, deve estar bem alinhada com a idéia de capturar e remover incertezas associadas com atividades antes de seu tempo de início”. (TE GAO et al., 2014, p 2).

O *Lean Construction Institute* (LCI) define o *lean construction* como: uma abordagem de produção baseada em gerenciamento para entrega de projetos. Neste sentido, segundo Koskela (2002) apud Shang e Low (2014), o *lean construction* tem como objetivo os mesmos buscados pelo *lean production*, ou seja, reduzir os desperdícios e maximizar o valor do empreendimento. Por outro lado, também pode ser entendida como:

Essencialmente baseada nas necessidades dos clientes, onde estes definem seus valores de interesse. Dessa forma, tanto as empresas como os clientes têm responsabilidade de refletirem sobre o que agrega valor ao projeto, e selecionar como esse valor é produzido no processo de desenvolvimento do projeto. (PULAKKA, 2016, p. 203)

Diante desta realidade, de acordo com a Empresa Cerâmicas do Brasil (CERBRAS) (2013), a filosofia do *lean production* tem como principais objetivos: a entrega do produto, a maximização do valor e a redução do desperdício. O que por consequência, realiza uma melhor organização do processo, eliminando assim a mão de obra ociosa e otimizando a utilização dos recursos disponíveis. Essa nova filosofia de produção entende os processos como a interação de atividades de conversão e de fluxo, devendo as primeiras serem otimizadas e as de fluxo minimizadas, ou eliminadas, quando possível. Tratando-se de um processo muito mais gerencial do que de tecnologia.

No entanto, existem diversos gargalos que dificultam a aplicação dessa técnica na construção civil. Principalmente, a resistência por parte dos trabalhadores de se adequarem a novas formas de organização. Uma alternativa para superar tais desafios, seria proporcionar as equipes uma grande capacitação e conscientização sobre as vantagens do uso dos modelos “*lean*”. Portanto, AZIZ e HAFEZ (2013) afirma:

A implementação dos métodos de *lean* começa com o compromisso de liderança e é sustentada com uma cultura de melhoria contínua. Quando os princípios são aplicados corretamente, melhorias dramáticas em segurança, qualidade e eficiência podem ser alcançadas no nível do projeto” (AZIZ e HAFEZ, 2013, p. 679).

Assim, de acordo com Aziz e Hafez (2013), *lean construction* é uma maneira de projetar sistemas de produção para as obras de forma a minimizar o desperdício de materiais, tempo e esforço e agregar o máximo de valor possível ao empreendimento. Utilizando os mesmos princípios da produção enxuta de reduzir o desperdício e aumentar a produtividade e eficácia na construção. Na prática usual, os parâmetros mais importantes para construção eram a confiabilidade e o fluxo de trabalho, no entanto, o *lean construction* mudou esta visão tradicional redefinindo os conceitos de fluxo e geração de valor. Resumidamente, ela tem por essência a redução do tempo de ciclo, eliminação dos desperdícios e redução da variabilidade.

Dessa forma, de acordo com Koskela (1992), os 11 princípios do *Lean Construction* podem ser explicados no quadro 3.

Quadro 3: 11 princípios do *Lean Construction*

Nº	Princípios	Definição
1	Reduzir as atividades que não agregam valor	As atividades que não agregam valor são aquelas que tomam tempo, recursos e espaço mas que não contribuem para a melhoria do projeto. A eliminação dessas atividades é fundamental para aplicação da filosofia <i>lean</i>
2	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes	O valor é gerado através do cumprimento das exigências do cliente
3	Reduzir variabilidade	Do ponto de vista do cliente um produto uniforme é melhor. Assim, a redução da variabilidade deve ir além da mera conformidade com determinadas especificações. E também, a variabilidade da duração das atividades, aumenta o volume de atividades que não agregam valor. Dessa forma, a padronização dos processos deve ser considerado
4	Reduzir o tempo de ciclo	O tempo de ciclo é a soma do tempo de processamento, tempo de inspeção, tempo de espera e o tempo de movimento. Assim,

		a redução do tempo de ciclo é uma melhoria básica para a filosofia <i>lean</i>, pois está medida impulsiona a redução do tempo de inspeção, movimento e tempo de espera. O que consequentemente, reduz o tempo disponível para execução do projeto, e elimina algumas atividades que não agregam valor
5	Simplificar através da redução do número de passos ou partes	A simplificação pode ser entendida como a redução do número de componentes de um produto, ou também pode ser definida, pela eliminação das atividades que não agregam valor no processo de produção e, consequentemente, promove a reconfiguração das peças ou etapas de valor agregado. Neste sentido, abordagens práticas para aplicação deste princípio seriam: Encurtar os fluxos através da consolidação de actividades, reduzir a contagem de peças de produtos através de mudanças de projeto ou peças pré-fabricadas, padronização de peças, materiais, ferramentas, etc
6	Aumentar a flexibilidade de saída	Abordagens práticas para esse princípio: Minimizar os tamanhos dos lotes para atender de perto a demanda, reduzir a resistência a mudanças no projeto e ter equipe de trabalho polivalentes
7	Aumentar a transparência do processo	Isto pode ser alcançado tornando todo o processo diretamente observável através de meios organizacionais ou físicos, transparência significa uma separação da rede de informação e estrutura hierárquica.

		O objetivo é, portanto, substituir o autocontrole pelo controle formal e a coleta de informações
8	Focar o controle no processo global	Há pelo menos dois pré-requisitos para o controle de foco em processos completos. Em primeiro lugar, o processo completo tem de ser analisado e estudado. Em segundo lugar, deve haver uma autoridade de controle para o processo completo
9	Introduzir melhoria continua no processo	Existem vários métodos de institucionalização da melhoria contínua, por exemplo, a medição e monitoramento da melhoria, cada unidade organizacional deve ser cobrada e recompensada, utilização de procedimentos padronizados como hipóteses de melhores práticas
10	Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	A questão crucial é que a melhoria do fluxo e a melhoria da conversão estão intimamente interligados. Pois, melhores fluxos requerem menos capacidade de conversão e, portanto, menos investimento em equipamentos. Da mesma forma, quanto mais os fluxos são controlados torna-se mais fácil a implementação de novas tecnologias de conversão
11	Referenciais de ponta (benchmarking)	Muitas vezes, o benchmarking é um estímulo útil para alcançar melhorias através da reconfiguração radical dos processos. Para aplicar esse princípio é necessário conhecer o processo, avaliar os pontos fortes e fracos dos subprocessos, conhecer os grandes líderes do segmento ou concorrentes e com isso, encontrar,

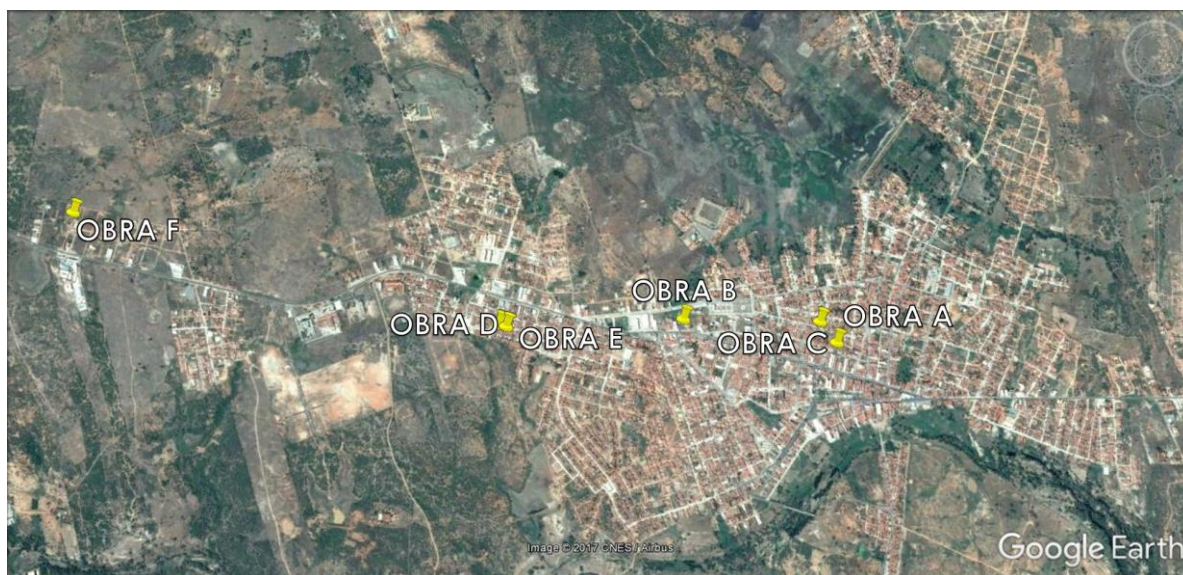
		compreender e comparar as melhores práticas que esses utilizam e assim, incorpora-las na própria empresa
--	--	--

Fonte: Koskela, 1992

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Cidade de Pau dos Ferros/RN, onde analisou-se seis obras da construção civil, identificadas na Figura 4.

Figura 4: Identificação das obras objetos de estudo na malha urbana de Pau dos Ferros/RN



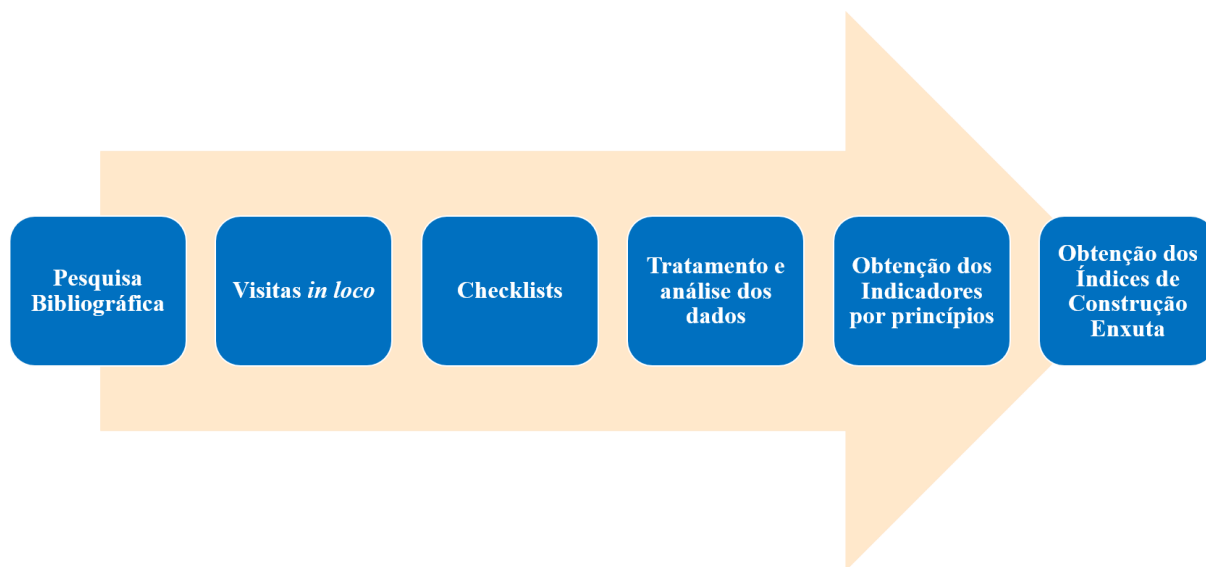
Fonte: Google Earth, 2017.

Ao analisar o tipo de abordagem utilizada, partindo dos conceitos de Gerhardt e Silveira (2009), trata-se de um estudo quantitativo, uma vez que a busca compreender uma realidade a partir da análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros, recorrendo à linguagem matemática para descrever as causas do fenômeno e as relações entre as variáveis.

Quanto à natureza e objetivos, “caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de caráter exploratório, considerando que tem por finalidade gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos” (GERHARDT e SILVEIRA, 2009, p.35). Gil (2008) afirma que pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

Quanto aos procedimentos adotados, configura-se como um estudo de caso, visto que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, no qual são utilizadas várias fontes de evidência (YIN, 2005, p. 32). A Figura 5 ilustra o desenvolvimento da pesquisa.

Figura 5: Sequência de execução da pesquisa



Fonte: Autor, 2017.

Para a realização desse trabalho, foi feito um levantamento bibliográfico, no qual se estudou as principais obras e autores que tratam a temática do *Lean Construction*. Neste sentido, a Tabela 1 apresenta as bases de pesquisa, termos utilizados e resultados obtidos.

Tabela 1: Resultados dos levantamentos nas bases de pesquisa

Base de Pesquisa	Termos utilizados (apenas no título)	Quantidade de artigos
Web of Science	<i>Lean Construction</i>	111
	<i>Lean Production + Lean Construction</i>	17
Scopus	<i>Lean Production + Lean Construction</i>	159
	<i>Management + Lean Construction</i>	1
ScienceDirect	Produção Enxuta + Construção Civil	20
	<i>Management + Lean Construction</i>	7
	<i>Lean Production + Lean Construction</i>	1

Fonte: Autor, 2017.

Dentre os principais autores, cita-se Dominici e Palumbo (2012), Gao e Low (2014). Oliveira (2011) define a pesquisa bibliográfica como uma fonte de coleta de dados secundária, podendo ser definida como: contribuições culturais ou científicas realizadas no passado sobre um determinado assunto, tema ou problema que possa ser estudado. É ressaltado pelo autor que todo trabalho científico necessita do apoio e o embasamento na pesquisa bibliográfica para que possa chegar a conclusões inovadoras.

Em segunda ordem, foram realizadas visitas *in loco* nas obras analisadas para observação e aplicação da lista de verificação do *lean construction* (Anexo A) proposta por Kurek (2005), com base nos 11 princípios apresentados por Koskela (1992). Esta lista de verificação é composta por uma série de perguntas, elaboradas para cada princípio, sobre as práticas, condutas e comportamentos que evidenciam a utilização da filosofia de *lean construction*.

Para a aplicação da lista de verificação, os itens devem ser assinalados conforme a realidade de cada obra, tendo como opções para respostas: SIM, NÃO e NÃO SE APLICA. Em caso de algum dos itens verificados não se aplicar à obra analisada, este deve ser retirado do cálculo para geração dos indicadores.

Para Kurek (2005), a análise individual de cada princípio tem a finalidade de avaliar quais estariam sendo utilizados nas obras. Em seguida, através dos Índices de Princípio Individual (IPI), calculou-se o Índice de Construção Enxuta (ICE).

Para o cálculo do índice de princípio individual (IPI), aplica-se a Equação 1.

$$IPI = (PO / PP) \times 10 \quad (1)$$

IPI: Indicador por Princípio individual

PO: Pontos Obtidos

PP: Pontos Possíveis

Para cálculo do Índice de Construção Enxuta (ICE) utiliza-se a Equação 2.

$$ICE = \sum (IPI \times p) / (\sum p) \quad (2)$$

Onde, o p é o coeficiente de ponderação. Pois, de acordo com Kurek (2005), tem-se onze princípios proposto por Koskela(1992), logo

$$p = \frac{10}{11} = 0,909 \quad (3)$$

Assim, p é igual a 0,909.

Por fim, os gráficos foram gerados com o auxílio do *Software Statistics*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos empreendimentos

A partir de informações obtidas junto às empresas responsáveis pela execução dos empreendimentos avaliados neste trabalho, foi possível realizar a confecção do Quadro 2.

Quadro 2: Características das obras

Obra	Tipo	Área (m ²)	Quantidade de Pavimentos	Fase
A	Residencial e comercial	700	2	Alvenaria
B	Ampliação de prédio residencial	239	1	Estrutural
C	Domiciliar	204	1	Revestimento
D	Domiciliar	124	1	Revestimento
E	Domiciliar	140	-	Fundação
F	Domiciliar	76	1	Acabamento

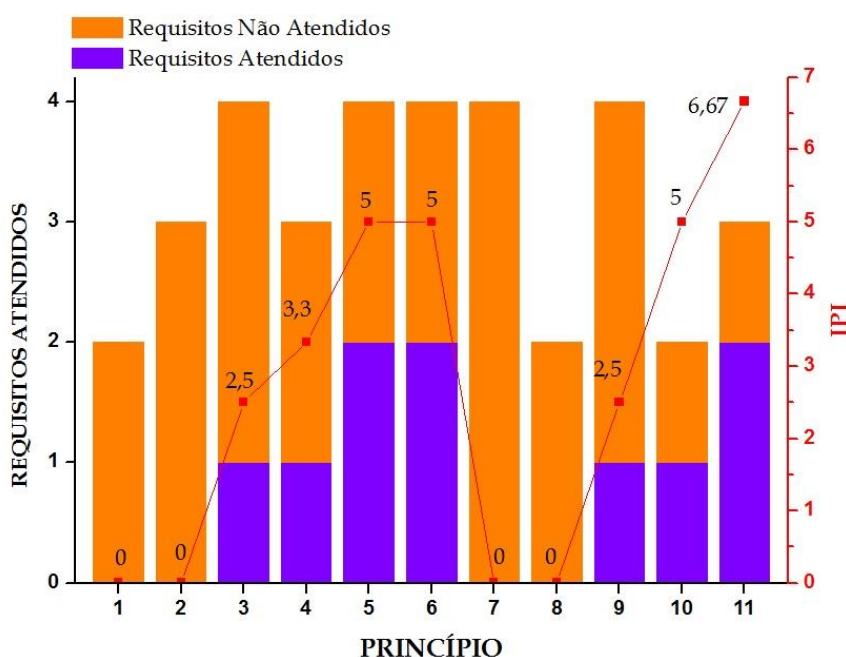
Fonte: Autor, 2017

4.2 Análise dos dados

Mediante os dados coletados com a aplicação dos checklists nas obras caracterizadas anteriormente, foi possível obter os resultados mostrados a seguir:

4.2.1 Obra A

Figura 6: Dados da Obra A



Fonte: Autor, 2017.

De acordo com a Figura 6, pode-se observar que a Obra A se destacou na utilização do princípio 11, visto que em relação aos subtópicos da lista de verificação, para o princípio 11, cumpriu integralmente 66,7 % destes. Isto foi evidenciado pela adoção de práticas de sucesso adotadas em outras empresas que se destacam no ramo da construção civil. Em contrapartida, obteve indicador 0, para os princípios 1, 2, 7 e 8. O déficit nestes princípios pôde ser observado, por exemplo, com relação ao princípio 1, a inexistência de um espaço físico específico para o armazenamento de materiais, o que pode ser constatado na Figura 7.

Figura 7: Brita e Tijolos ao ar livre



Fonte : Autor, 2017.

Na figura 7, podemos observar os tijolos e brita, acomodados na via pública e expostos ao Sol, comprovando a carência de um espaço físico específico para o armazenamento destes materiais. Tal aspecto, provoca uma redução do fluxo das atividades, tendo em vista que os trabalhadores teriam que percorrer uma longa distância para ter acesso aos materiais. Da mesma forma, no tocante do princípio 2, as atividades na obra se desenvolviam de forma “mecânica” e “automática”, sem um diálogo corriqueiro com os clientes e, até mesmo, entre os trabalhadores e os engenheiros, a fim de melhorar o ambiente de trabalho e aprimorar as atividades e também avaliar a satisfação dos trabalhadores. Em relação ao princípio 7, pôde ser identificado uma extrema desorganização no canteiro, o ambiente estava repleto de

entulhos e também sem nenhuma sinalização a fim de evitar acidentes, o que pode ser observado nas Figuras 8 e 9.

Figura 8: Desorganização no canteiro



Fonte: Autor, 2017.

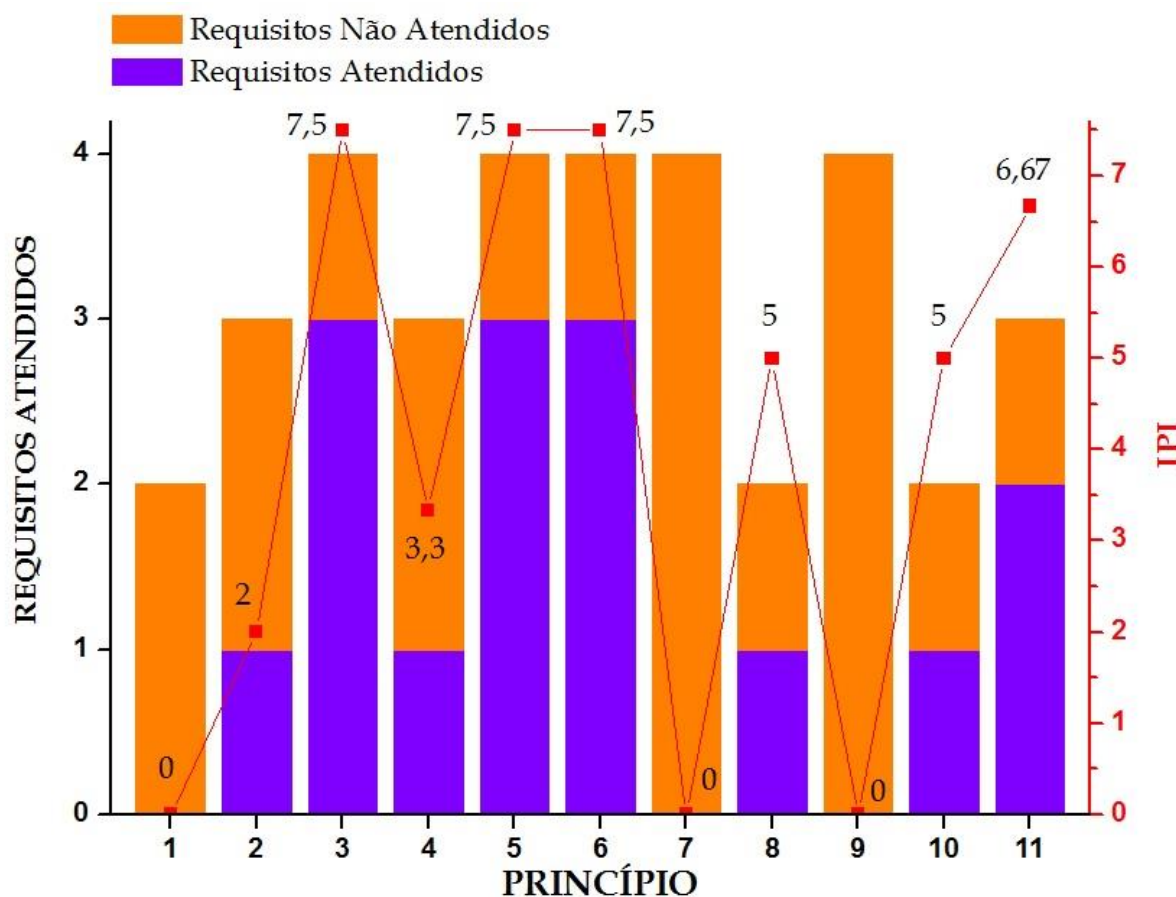
Figura 9: Ausência de sinalização e/ou proteção (guarda corpo)



Fonte: Autor, 2017.

4.2.2 Obra B

Figura 10: Dados da Obra B



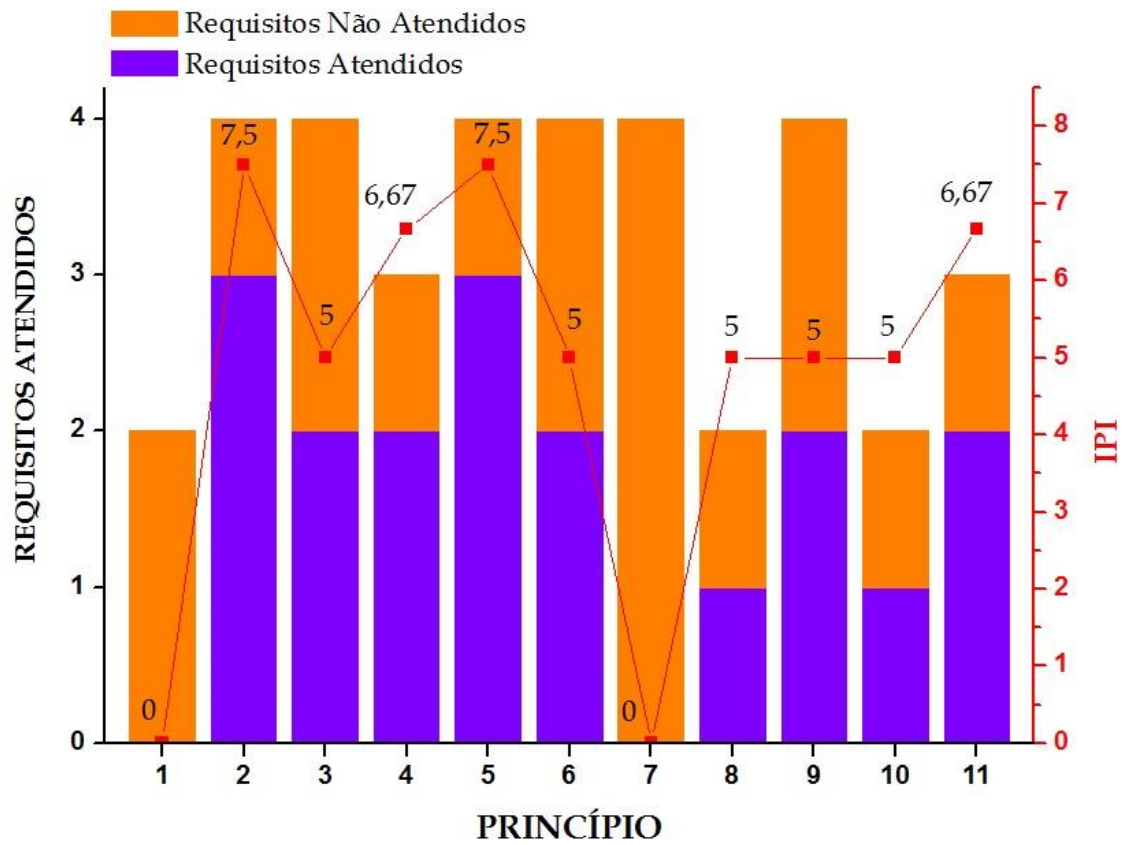
Fonte: Autor, 2017.

Para a Obra B, os princípios 3, 5 e 6 obtiveram maior pontuação, como mostrado na Figura 10. Com relação ao princípio 5, pôde ser identificado o uso de máquinas e elementos pré fabricados o que facilita o desenvolvimento das atividades. Da mesma forma, com relação ao princípio 6, os trabalhadores eram polivalentes. Por outro lado, obteve pontuação zero para os princípios 1, 7 e 9. Isto deve-se ao fato de não haver no canteiro nenhum dispositivo de melhoria no fluxo dos processo, ou seja, as atividades na obra eram desempenhadas continuamente sem haver uma avaliação e consequentemente um possível aprimoramento. No canteiro pôde ser observado a presença excessiva de entulhos e até mesmo veículos de transporte utilizados pelos trabalhadores, como mostrado na Figura 11.

Figura 11: Motocicleta e entulhos no canteiro

Fonte: Autor, 2017.

4.2.3 Obra C

Figura 12: Dados da Obra C

Fonte: Autor, 2017.

Como observado na Figura 12, a Obra C obteve boa pontuação para os princípios 2 e 5, no entanto, obteve indicador zero para os princípios 1 e 7. Com relação ao princípio 2, foi possível constatar um diálogo direto com o cliente, o proprietário do empreendimento, da mesma forma a equipe de trabalhadores demonstraram excelente entrosamento e participação no desempenho de suas atividades. Por outro lado, com relação ao princípio 1, não foi observado a presença de um espaço físico para o armazenamento dos materiais como pode ser observado na Figura 13. Observando-se no canteiro a presença de obstáculos que dificultavam a movimentação no mesmo. Também foi negada a utilização do Programa 5S, uma metodologia de gestão empresarial que busca melhorar a organização, limpeza e padronização das atividades.

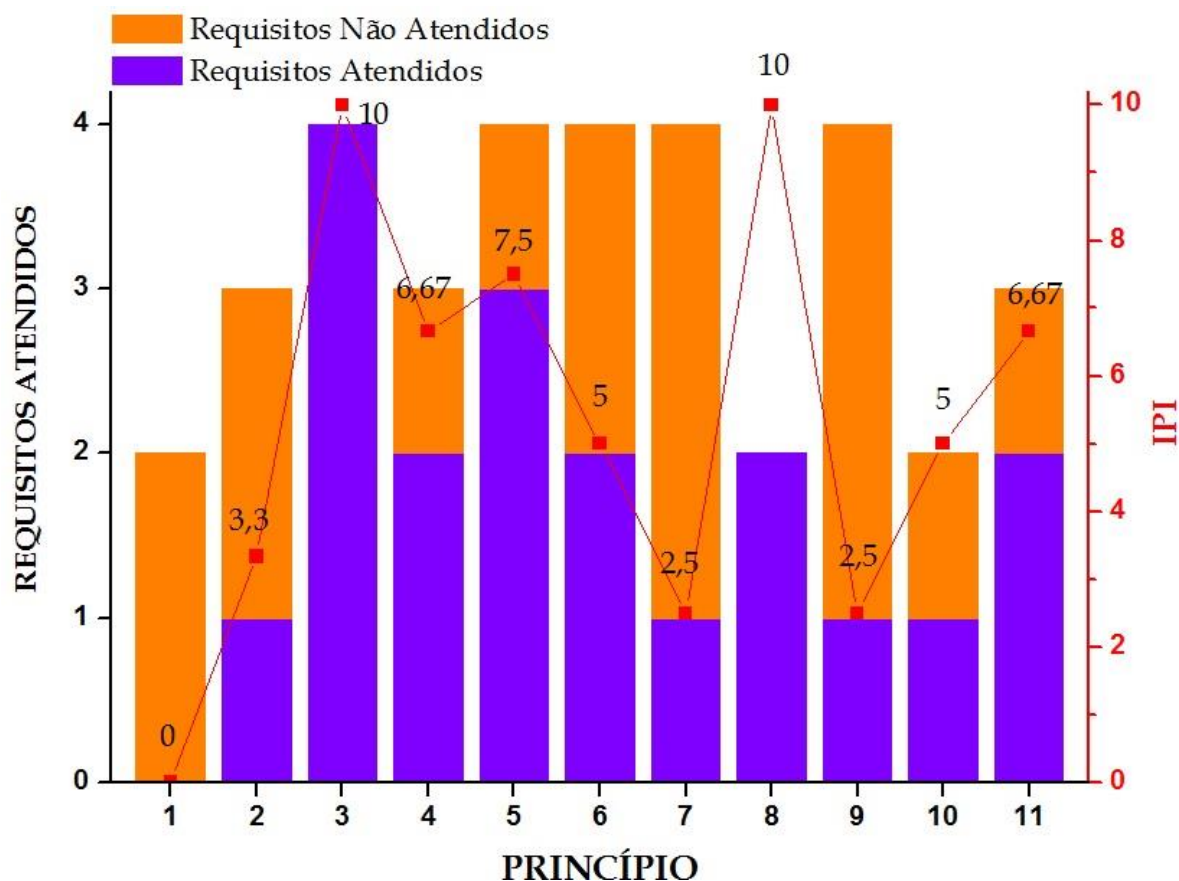
Figura 13: Materiais dispostos na via pública



Fonte: Autor, 2017.

4.2.4 Obra D

Figura 14: Dados da Obra D



Fonte: Autor, 2017.

A obra D, recebeu pontuação máxima para os princípios 3 e 8. Isso se deve ao fato da existência de um planejamento no desenvolvimento das atividades no canteiro a fim de garantir a entrega no prazo pré-estabelecido, assim como, a utilização de procedimentos padronizados para execução das tarefas. Por outro lado, recebeu pontuação 0 para o princípio 1, tal fato pode ser explicado pela Figura 15, que mostra a presença excessiva de entulhos e obstáculos dentro da obra, o que afetava o desenvolvimento das atividades.

Figura 15: Entulhos na Obra D

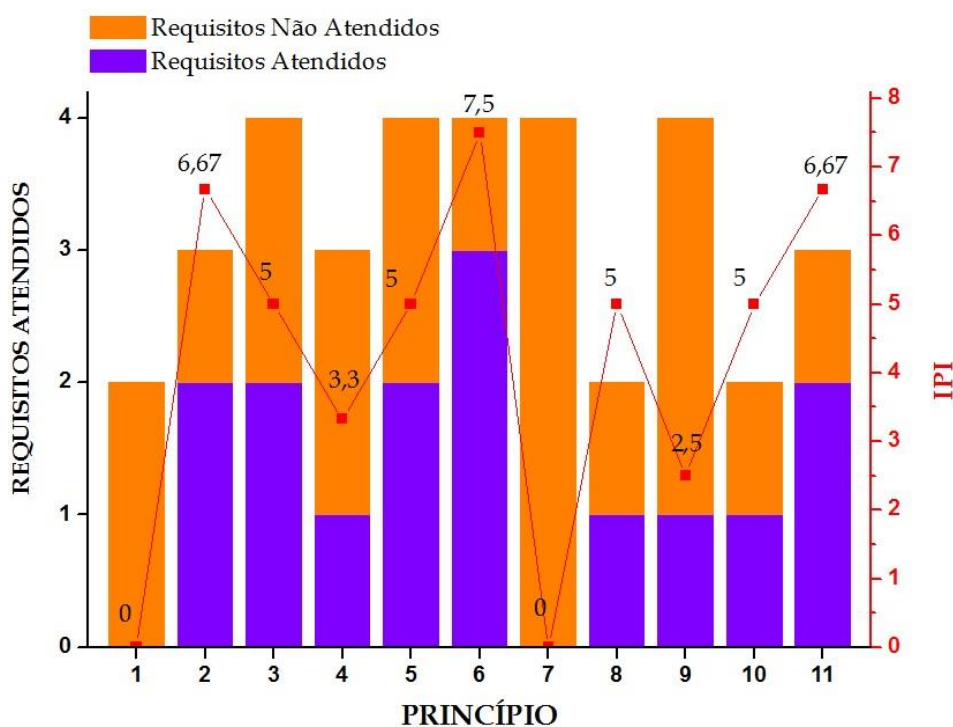


Fonte: Autor, 2017.

Destaca-se também a baixa pontuação nos princípios 7 e 9, em ambos apenas 1 das 3 perguntas do subtópicos receberam resposta “SIM”. Isto também se deve a desorganização no canteiro.

4.2.5 Obra E

Figura 16: Dados da Obra E

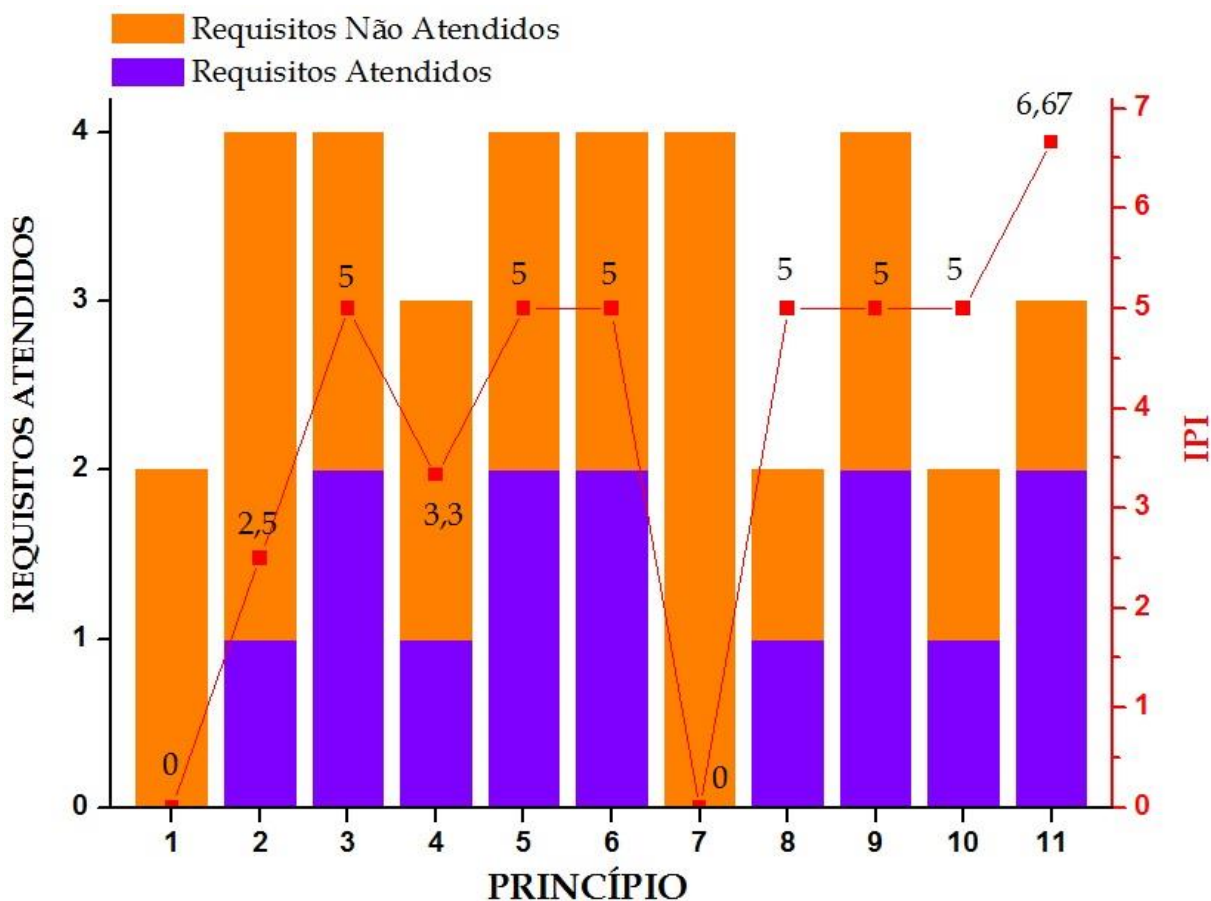


Fonte: Autor, 2017.

Para a Obra E, destaca-se o princípio 6, devido a polivalência das equipes. Por outro lado, para os princípios 1 e 7, a pontuação foi zero. Isto se deve ao fato do canteiro apresentar uma excessiva desorganização, e disposição de entulhos dentro da obra, a falta de dispositivos visuais e o descuido com a limpeza.

4.2.6 Obra F

Figura 17: Dados da Obra F



Fonte: Autor, 2017.

Com relação a Obra F, destaca-se a utilização dos princípio 11. Comprovado pelo aprendizado e aprimoramento das atividades, baseados em experiências vividas pelas equipes responsáveis pelo desenvolvimento das atividades. No entanto, a obra F, apresentou grande carência na aplicação dos demais princípios, com destaque para os princípios 1 e 7, os quais obtiveram pontuação zero. Isto pode ser explicado devido ao grande desperdício de materiais no canteiro, má organização das atividades, a falta de espaço físico para armazenamento de materiais, o não uso de EPIs e indicadores visuais dentro da obra e a pouca frequência de limpeza do canteiro. Como se pode observar nas Figuras 18, 19 e 20.

Figura 18: Desperdício de materiais cerâmicos



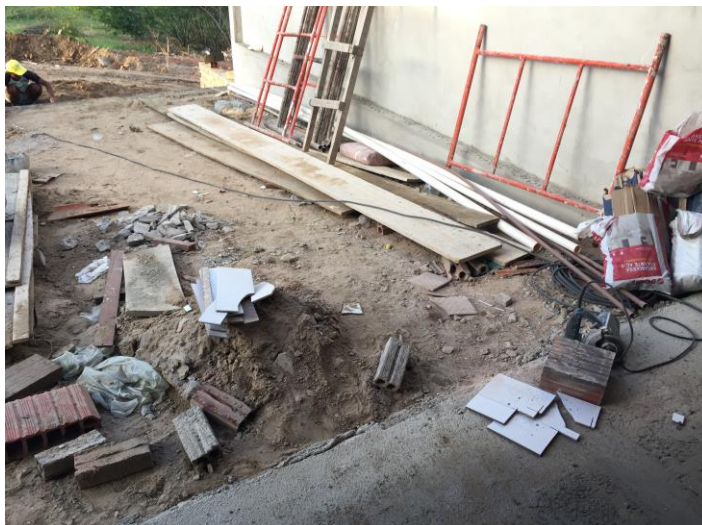
Fonte: Autor, 2017.

Figura 19: Falta de uso de EPIs



Fonte: Autor, 2017.

Figura 20: Quantidade excessiva de entulhos

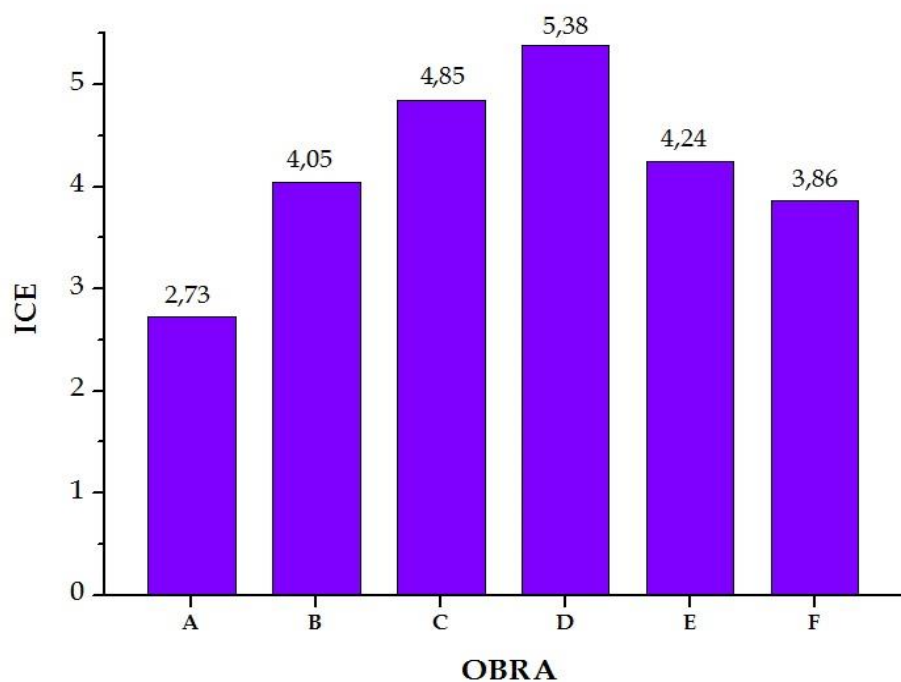


Fonte: Autor, 2017.

4.3 Índice de Construção Enxuta (ICE)

A partir dos dados de IPis, calculados e apresentados anteriormente foi possível determinar o ICE de cada uma das obras analisadas neste trabalho. Os resultados estão representados na Figura 21.

Figura 21: Índice de Construção Enxuta das obras



Fonte: Autor, 2017.

Assim, de acordo com Hofacker et al. (2008) as obras podem ser classificadas com relação aos seus respectivos Índices de Construção Enxuta, como: busca pela perfeição no *lean construction*, consciência e aprendizado enxuto, foco em qualidade, mas baixo ou nenhum conhecimento em *lean construction*, baixo foco em melhorias e conhecimento nulo sobre *lean construction*. Tal classificação está descrita no Quadro 3.

Quadro 03: Classificação das obras de acordo com o ICE

NÍVEL	SUBNÍVEL	ÍNDICE	CARACTERÍSTICA
A	AAA	9,5 à 10,0	Busca pela perfeição no <i>lean construction</i>
	AA	9,0 à 9,4	
	A	8,5 à 8,9	
B	BBB	8,0 à 8,4	Consciência e aprendizado enxuto
	BB	7,5 à 7,9	
	B	7,0 à 7,4	
C	CCC	6,5 à 6,9	Foco em qualidade, mas baixo ou nenhum conhecimento em <i>lean construction</i>
	CC	6,0 à 6,4	
	C	5,5 à 5,9	
D	DDD	5,0 à 5,4	Baixo foco em melhorias e conhecimento nulo sobre <i>lean construction</i>
	DD	4,5 à 4,9	
	D	0 à 4,4	

Fonte: (HOFACKER et al, 2008, p. 248). Adaptado.

Desse modo, é evidente a carência da aplicação dos princípios do *lean construction* nas obras analisadas, visto que todas receberam classificação de nível D, caracterizando-se como Baixo foco em melhorias e conhecimento nulo sobre *lean construction*, variando conforme os subníveis. Neste contexto, a Obra D se sobressaiu em relação as demais, se enquadrando no subnível DDD. Em relação a Obra C, esta se enquadra no subnível DD. Dessa forma, as obras com pior classificação são as obras A, B, E e F, situadas no subnível D.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia civil inegavelmente representa grande importância social e econômica para o país. No entanto, a forma convencional de se desenvolver as atividades deste setor está atrelada a alguns aspectos negativos, como por exemplo: a precariedade na gestão, mão de obra desqualificada, a geração excessiva de resíduos, e os consequentes desperdícios nos canteiros de obra. Dessa forma, as buscas pela renovação deste segmento e adequação às novas demandas sociais são uma urgência. É nesse contexto que o conceito de *Lean Construction* se destaca, uma vez que pode ser definido como um modelo de gestão aplicado a construção, tendo por finalidade a redução dos desperdícios.

Partindo do estudo de caso, evidencia-se que a realidade das obras de Pau dos ferros – RN não condiz com o que é proposto no conceito do *lean construction*. Pois, foi observado um grande deficit na aplicação dos princípios desse contexto, e, todas as obras foram enquadradas no nível D, o mais baixo dos índices apresentados na tabela de Hofacker de *lean construction*.

Tal fator decorre dos desperdícios de materiais e geração de resíduos, bem como da ausência de ações que possibilitem a renovação e aprimoramento no desenvolvimento das atividades cotidianas. Diante dessa realidade, conclui-se que a aplicação prática dos princípios de *lean construction*, apresenta grandes potencialidades para melhorar a gestão e integração das atividades da construção como um todo, promovendo um melhor desempenho do mesmo.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, Anabela C.; DINIS- CARVALHO, José; SOUSA, Rui M.. Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. **The learning organization**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.219-237, 13 abr. 2012. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/09696471211219930>.

ARANTES, Leila Maria Costa. **Diagnósticos da aplicação dos princípios da lean construction em empresas do setor de edificações que atuam em Belém-PA**. 2011. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

AZIZ, Remon Fayek; HAFEZ, Sherif Mohamed. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria Engineering Journal**, [s.l.], v. 52, n. 4, p.679-695, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>.

BALDWIN, Andrew; BORDOLI, David. **Handbook for construction planning and scheduling**. John Wiley & Sons, 2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Construção civil fecha 2015 com forte retração e busca novo fôlego**. 2016. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/CBIC>

CERBRAS. **O que é a lean construction?**. Disponível em: <<http://blog.cerbras.com.br/index.php/o-que-e-a-construcao-enxuta/>>. Acesso em: 09 fev. 2017.

COSTA NETO, Etelvino Novais et al. Avaliação da utilização dos princípios da lean construction em duas empresas do setor da construção civil no município de Rondonópolis-MT. **Espacios**, Rondonópolis, v. 36, n. 19, p.11-27, ago. 2015.

DOMINICI, Gandolfo; PALUMBO, Federica. Decoding the japanese lean production system according to a viable systems perspective. **Systemic practice and action research**, [s.l.], v. 26, n. 2, p.153-171, 28 ago. 2012. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11213-012-9242-z>.

EROL, Huseyin; DIKMEN, Irem; BIRGONUL, M. Talat. Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: a simulation-based study on residential buildings. **Journal Of Civil Engineering And Management**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.241-251, 24 maio 2016. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2015.1068846>.

GAO, Shang; LOW, Sui Pheng. **Lean Construction Management: The Toyota Way**. Singapore: Springer, 2014.

GAO, Shang; LOW, Sui Pheng. The Toyota Way Model: an alternative framework for lean construction. **Total Quality Management & Business Excellence**, [s.l.], v. 25, n. 5-6, p.664-682, 7 ago. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/14783363.2013.820022>.

GAO, Te et al. Proactive Productivity Management at Job Sites: understanding characteristics of assumptions made for construction processes during planning based on case studies and interviews. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 140, n. 3,

p.140-151, mar. 2014. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000816](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000816).

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009. 120 p. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2017.

GONÇALVES, Robson (Org.). **Ciclo e tendência na construção civil**. 2015. Disponível em: <http://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/artigo_robson.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2017.

HOFACKER, A. et al. **Rapid lean construction-quality rating model**. Manchester: sn, 2008.

INSTITUTE, Lean Enterprise. **WHAT IS LEAN?**. Disponível em: <<https://www.lean.org/WhatsLean/>>. Acesso em: 03 mar. 2017

KOPPER, Rafael. **Lean construction: a prática do princípio da transparência nos processos construtivos em empresas da grande Porto Alegre/RS**. 2012. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, CA: Stanford University, 1992.

KUREK, Juliana. **Introdução dos princípios da filosofia da lean construction no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo - RS**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

LIKER, Jeffrey K.; ROSS, Karyn. **The Toyota way to service excellence: lean transformation in service organizations**. New York: McGraw-Hill Education, 2017

LOW, Sui Pheng; GAO, Shang; TIONG, Kai Lin. Applying lean production principles to facilities design of ramp-up factories. **Facilities**, [s.l.], v. 33, n. 5/6, p.280-301, 7 abr. 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/f-11-2013-0086>.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 310 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. Sp: Pini, 2010.

MOURA, Guilherme Ribeiro de; SOARES JUNIOR, Waldir Silva. **Transformações e tendências na história da engenharia civil: do trabalho manual à sustentabilidade**. In: encontro nacional de produção científica, 8., 2013, Maringá. VIII EPCC - Encontro Nacional de Produção Científica Cesumar. Maringá: Cesumar, 2013.

MOURA, Rafael; HEINECK, Luiz. **Linha de balanço**: uma síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras. Xv Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, [s.l.], p.1358-1367, 11 nov. 2014. Marketing Aumentado. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.527>.

NOWOTARSKI, Piotr; PASIÅAWSKI, Jerzy; MATYJA, Jakub. Improving construction processes using lean management methodologies – cost case study. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 161, p.1037-1042, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.845>.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Catalão: Ufg, 2011. Disponível em: <https://adm.catalao.ufg.br/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf>. Acesso em: 08 maio 2017.

PARKES, Aneta. Lean management genesis. **Management**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.106-122, 1 jan. 2015. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/manment-2015-0017>.

PULAKKA, Sakari et al. Lean production of cost optimal wooden nzeb. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 96, p.202-211, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.122>.

ROMERO, Fialho Karlo et al. Aspectos econômicos da construção civil no Brasil. Xv Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, [s.l.], p.1105-1114, 11 nov. 2014. Marketing Aumentado. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.179>.

SOUZA, Bruno Almeida et al. Análise dos indicadores pib nacional e pib da indústria da construção civil. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v. 17, n. 31, p.140-150, jun. 2015.

VITURINI, Juliana Sanches. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios lean construction para implantação em um canteiro de obras de santa maria**. 2015. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXO A - Princípios e itens de verificação do *lean construction*

Princípios segundo Koskela (1992)		Itens de verificação de Kurek (2005)	
1	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor	1.1	A obra possui um arranjo físico, para armazenamento de materiais, visando minimizar a distância entre locais de descarga e os respectivos locais de utilização?
		1.2	Existem evidências de redução de atividades de movimentação, inspeção e espera (utilização de algum dispositivo de melhoria do fluxo do processo)?
2	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente	2.1	São identificadas as necessidades dos clientes internos e externos?
		2.2	Os processos são mapeados e identificados os clientes e seus requisitos?
		2.3	Existe alguma forma sistemática para obter os requisitos do cliente (pesquisa de mercado e avaliações pós-ocupação)?
		2.4	Existe retroalimentação com projetistas, por exemplo, reuniões onde são debatidos os requisitos dos clientes?
		2.5	Existe planejamento das tarefas, a fim de garantir os requisitos dos clientes internos na sequência de atividades?
3	Reduzir variabilidade	3.1	Existem procedimentos padronizados para execução das tarefas?
		3.2	Existem procedimentos padronizados para recebimento dos materiais?
		3.3	Existe controle da variabilidade na execução das tarefas?
		3.4	Existe planejamento e controle da produção?
4	Reduzir o tempo do ciclo de produção	4.1	Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados aos operários?
		4.2	Existe uma divisão dos ciclos de produção (como pacotes de trabalho, conclusão de uma metragem especificada, conclusão por pavimento)?
		4.3	Existe alguma evidência de eliminação de atividades de fluxo, que fazem parte de um ciclo de produção?

5	Simplificar através da redução do número de passos ou partes	5.1	É evidenciada a utilização de elementos pré-fabricados, kits ou máquinas polivalentes no processo de produção?
		5.2	Existe um planejamento do processo de produção?
		5.3	Existe uma constante avaliação do processo, buscando a melhoria (reuniões, discussões para identificação de simplificação das operações)?
		5.4	Existe uma organização no canteiro, com relação ao armazenamento de equipamentos e material, visando eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentação e deslocamento?
6	Aumentar a flexibilidade de saída	6.1	O produto é customizado no tempo mais tarde possível?
		6.2	O processo construtivo permite a flexibilização do produto, rapidamente, sem grandes ônus para a produção (como utilização de divisórias de gesso acartonado ou lajes planas)?
		6.3	As equipes de produção são polivalentes?
		6.4	Existe uma minimização no tamanho dos lotes aproximando-os de sua demanda?
7	Aumentar a transparência do processo	7.1	O canteiro de obras está livre de obstáculos visuais, como divisórias?
		7.2	No canteiro são utilizados dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas?
		7.3	São empregados indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo?
		7.4	São empregados programas de melhoria na organização e limpeza, como o Programa 5S?
8	Focar o controle no processo global	8.1	A empresa faz parceria com fornecedores, no sentido de reduzir atividade que não agregam valor, no momento da entrega e qualidade do material?
		8.2	Existem planejamento e controle da produção, a fim de garantir a entrega da obra no prazo?
9	Introduzir melhoria continua no processo	9.1	Existem evidências, exemplos de dignificação e iniciativas de apoio à mão de obra?

		9.2	Existem procedimentos para monitorar as ações corretivas (as causas reais) e a eliminação com ações preventivas?
		9.3	A gestão é participativa, são aceitas sugestões de funcionários?
		9.4	Utilizam-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos?
10	Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	10.1	São evidenciadas práticas de melhorias nos fluxos, tal como o mapeamento do processo?
		10.2	Existe uma estratégia de ataque à obra?
11	Referenciais de ponta (benchmarking)	11.1	A empresa conhece seus próprios processos (estão descritos e entendidos)?
		11.2	É evidenciado o aprendizado, a partir de práticas adotadas em outras empresas similares?
		11.3	Adapta as boas práticas encontradas à sua realidade?

Fonte: Kurek (2005) apud Koskela (1992).