



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia de Produção

Curso de Graduação em Engenharia de Produção

CONSTRUÇÃO ENXUTA: UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE FERRAMENTAS E TÉCNICAS ADOTADAS NA REGIÃO DE OURO PRETO

Gabriela Costa Pinto Fiuza

Ouro Preto

2022

Gabriela Costa Pinto Fiuza
gabriela.fiuza@aluno.ufop.edu.br

**CONSTRUÇÃO ENXUTA: UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE
FERRAMENTAS E TÉCNICAS ADOTADAS NA REGIÃO DE
OURO PRETO**

Monografia submetida à apreciação da banca examinadora de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau de graduado em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dra. Karine Araújo Ferreira

Ouro Preto

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gabriela Costa Pinto Fiuza

Construção Enxuta: uma investigação sobre ferramentas e técnicas adotadas na região de Ouro Preto

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em 22 de junho de 2022.

Membros da banca

Profa. Dra. Karine Araujo Ferreira - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. MSc. Yã Grossi Andrade - Universidade Federal de Ouro Preto

Profa. Dra. Karine Araujo Ferreira, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/06/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Karine Araujo Ferreira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/06/2022, às 14:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0349161** e o código CRC **AA8D6B40**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto por me proporcionar um estudo de qualidade. Ao DEPRO e a todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado.

Gostaria de agradecer especialmente a minha orientadora Prof.^a Karine Araújo por todos os anos de orientação e por todo empenho e dedicação em cada passo desse projeto de pesquisa.

Por fim, também gostaria de agradecer a minha família, de sangue e de coração, por sempre me apoiar e acreditar que eu sou capaz.

RESUMO

Os mesmos fatores que exigiram uma reformulação empresarial no setor manufatureiro seriado após a globalização, não se fizeram sentir na construção civil em um primeiro momento. Neste setor, os empresários da construção no Brasil sempre dirigiam o foco de sua atenção basicamente para aspectos relacionados às especificações técnicas do projeto estrutural e arquitetônico, assim como marketing. Porém, nos últimos anos, essa situação mudou e a construção civil também teve que buscar soluções inovadoras por meio da adoção de novas práticas de gestão da produção. Dentre estas alternativas, pode-se destacar o *Lean Construction* (Construção Enxuta), um derivado da *Lean Production* (Produção Enxuta), que se apresenta como uma forma de gerir a produção na construção civil de forma a eliminar desperdícios. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo identificar e analisar os métodos de gestão da construção adotados pelas construtoras da região de Ouro Preto e se elas utilizam ferramentas e técnicas presentes na construção enxuta. Para atingir este objetivo, foi realizada uma revisão sistemática da literatura internacional e identificado as ferramentas e técnicas *lean* mais comumente mencionadas e posteriormente foram realizados estudos de casos em construtoras da cidade de Ouro Preto por meio de realização de entrevistas semi-estruturadas. Dentre os resultados obtidos, destaca-se que a maioria das construtoras investigadas não utilizam métodos de gestão estruturados, sendo esta gestão baseada principalmente nas experiências profissionais dos gestores. Em relação às ferramentas e técnicas da construção enxuta adotadas pela maioria das construtoras investigadas, o uso delas ocorre de maneira mais intuitiva, sem relação com a adoção da filosofia na empresa. Dentre as mais comumente adotadas, quer seja de forma isolada ou em toda empresa, destacam-se: trabalho padronizado, 5S, *just in time* e reuniões diárias. Por outro lado, as menos conhecidas e utilizadas são: *last planner system*, *kanban*, *poka-yoke* e mapeamento de fluxo de valor. Embora os benefícios da filosofia enxuta, tais como aumento da produtividade, redução de desperdícios, defeitos e retrabalhos, aumento da qualidade de produtos e serviços tenham sido evidenciados pelos entrevistados; o alto custo de consultoria e/ou implantação, falta de funcionários qualificados e falta de conhecimento do uso de algumas ferramentas e técnicas foram apontadas como as principais barreiras para o uso de algumas delas, bem como a adoção da filosofia enxuta de maneira sistêmica.

Palavras-Chave: *Lean construction*; construção enxuta; práticas *lean*; construção civil.

ABSTRACT

The same factors that required a business reformulation in the serial manufacturing sector after globalization, weren't felt in civil construction at first. In this sector, construction entrepreneurs in Brazil have always focused their attention primarily on aspects related to the technical specifications of the structural and architectural design, as well as marketing. However, in recent years, this situation has changed and civil construction has also had to seek innovative solutions through the adoption of new production management practices. Among these alternatives, Lean Construction stands out, a derivative of Lean Production, which presents itself as a way of managing production in civil construction in order to eliminate waste. In this sense, this research aims to identify and analyze the construction management methods adopted by construction companies in the Ouro Preto region and whether they use tools and techniques present in lean construction. To achieve this objective, a systematic review of the international literature was carried out and the most commonly mentioned lean tools and techniques were identified and later case studies were carried out in construction companies through semi-structured interviews. Among the results obtained, it's highlighted that most of the construction companies investigated don't use structured management methods, and this management is mainly based on the professional experiences of the managers. In relation to the lean construction tools and techniques adopted by most of the investigated construction companies, their use happens in a more intuitive way, unrelated to the adoption of the philosophy in the company. Among the most commonly adopted, whether in isolation or throughout the company, stand out: standardized work, 5S, just in time and daily meetings. On the other hand, the least known and used are: last planner system, kanban, poka-yoke and value stream mapping. Although the benefits of the lean philosophy, such as increased productivity, reduction of waste, defects and rework, increased quality of products and services have been evidenced by the interviewees; the high cost of consulting and/or implementation, lack of qualified employees and lack of knowledge of the use of some tools and techniques were identified as the main barriers to the use of some of them, as well as the adoption of the lean philosophy in a systemic way.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de conversão tradicional	17
Figura 2 - Modelo de fluxo de conversão	18
Figura 3 - Processo de busca e seleção de artigos	20
Figura 4 - Modelo de fluxo de conversão	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - <i>Strings</i> de busca	19
Tabela 2 - Ferramentas e Técnicas da Construção Enxuta mais citadas	25
Tabela 3 - Ferramentas e técnicas mais comumente citadas	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ferramentas e Técnicas da Construção Enxuta	22
Quadro 2 - Definição das ferramentas e técnicas	38
Quadro 3 - Perfil dos entrevistados e caracterização das organizações	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Nível de conhecimento das práticas de construção enxuta nas construtoras	46
Gráfico 2 - Uso (de forma isolada ou completa) das ferramentas e técnicas da construção enxuta	47
Gráfico 3 - Quantidade de ferramentas utilizadas (de forma isolada ou completa) pelas empresas	48
Gráfico 4 - Fatores que levaram à adoção de técnicas e ferramentas da construção enxuta	49
Gráfico 5 - Barreiras que dificultam a adoção das ferramentas e técnicas da construção enxuta	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Contextualização do tema	10
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo geral	12
1.2.2	Objetivos específicos	12
1.3	Justificativa	13
1.4	Estrutura da monografia	14
2	ARTIGO 01: Uma Revisão Sistemática sobre ferramentas e técnicas adotadas na Construção Enxuta	15
2.1	Introdução	16
2.2	Construção Enxuta	17
2.3	Método Científico	20
2.4	Apresentação de resultados e discussão	21
2.5	Considerações finais	27
2.6	Agradecimentos	27
2.7	Referências	28
3	ARTIGO 02: Gestão das construções com foco na construção enxuta: estudo de casos em construtoras do interior de Minas Gerais	31
3.1	Introdução	32
3.2	Revisão bibliográfica	33
3.2.1	A gestão da construção e a Construção Enxuta	33
3.2.2	Ferramentas e técnicas da Construção Enxuta	36
3.3	Método científico	38
3.4	Apresentação dos resultados	40
3.4.1	Caracterização das empresas	40
3.4.2	Gestão da construção nas empresas	42
3.4.3	Ferramentas e técnicas da Construção Enxuta	45
3.5	Discussão dos resultados	50
3.6	Considerações finais	52
3.7	Referências	54
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICE A – Questionário de entrevista	61

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção é apresentada uma breve introdução desta pesquisa, destacando: a contextualização do tema, objetivos (geral e específicos), a justificativa da pesquisa e a estrutura proposta para este trabalho.

1.1 Contextualização do tema

O setor da construção civil afeta fortemente a economia, o meio ambiente, e a sociedade como um todo. Porém, de acordo com Heigermoser et al. (2019), quando comparada a outras indústrias, sua produtividade, nas últimas décadas, tem sido muito baixa. Corroborando com essa informação, dados do *World Economic Forum* (2016) destacam que o setor de engenharia e construção tem sido mais lento em adotar e adaptar-se às novas tecnologias do que outros setores globais. Embora a inovação tenha ocorrido em certa medida no nível do empreendimento ou da empresa, a produtividade geral no setor permaneceu quase estável nos últimos 50 anos. Alvarenga, Silva e Mello (2017) afirmam que a indústria da construção brasileira é conhecida como a menos tecnológica, em comparação com indústrias de outros segmentos, e deficiente na gestão de seus empreendimentos. A percepção de um alto nível de produção dentro do setor nos últimos anos não é caracterizada por um alto nível de produtividade. De acordo com o mesmo autor, apesar da produção e produtividade estarem intimamente relacionadas, uma empresa, um setor econômico, ou um país, é considerado competitivo se produzir eficientemente, ou seja, se faz o melhor uso possível dos seus recursos.

Características intrínsecas ao setor, descritas por Kudsk et al. (2013) e Bajjou, Chafi e En-Nadi (2017), tais como: caráter itinerante, processos pouco industrializados, produção do produto no local de entrega, projetos únicos para cada produto e complexidade dos projetos e canteiros, são alguns dos fatores que explicam a maior dificuldade em se definir padrões, avaliar recursos e implementar melhorias no setor. Adicionalmente, fatores como a fragmentação da indústria, inadequada colaboração com fornecedores, dificuldades em recrutar uma força de trabalho talentosa, e transferência insuficiente de conhecimento de projeto para projeto, são apontados como desafios enfrentados pelo setor (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016). Vieira (2006) destaca ainda que, por muitos anos, as construtoras brasileiras se preocuparam muito com aspectos técnicos, como os projetos arquitetônicos e estruturais, não dando atenção para questões produtivas, como tecnologia, qualificação, treinamento e produtividade. Isso explica o elevado número de retrabalho nos canteiros, de tempo ocioso, atraso nas entregas, dentre outras características negativas relacionadas ao setor.

Kotler (2000) destaca que o crescente nível de exigência dos consumidores e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros, entre outros fatores, têm estimulado as empresas do setor a buscarem técnicas de gerenciamento e de produção já há algum tempo utilizadas por setores industriais (automobilísticos, por exemplo), com o objetivo de otimizar seus processos e produzir produtos cada vez melhores e mais baratos. Adicionalmente, Bajjou, Chafi e En-Nadi (2017) destacam que o crescente contexto da globalização aumenta a pressão sobre as empresas do setor de construção para melhorarem continuamente seu desempenho, no intuito de se tornarem mais competitivas diante do mercado internacional. Assim, torna-se inevitável a introdução de novas alternativas de gestão capazes de trazer melhorias criativas para o sistema de produção tradicional, tais como a filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta). Esta filosofia tem origem no sistema Toyota de Produção e *Lean Production* (Produção Enxuta). O conceito de Produção Enxuta foi baseado no Sistema Toyota de Produção, forma de organização da produção desenvolvida no Japão em meados da década 1950, e ficou conhecida mundialmente pela publicação de "A máquina que mudou o mundo" (WOMACK; JONES; ROSS, 1990). Resumidamente, *lean* tem como objetivo produzir mais valor para o cliente com menos desperdícios agregados. O marco inicial da Construção Enxuta é a publicação de Koskela (1992), um estudioso finlandês, que desafia os profissionais da construção civil a pensarem em conceitos como fluxo e geração de valor, em uma indústria conhecida por seus altos custos (com altos índices de desperdício de material e baixa qualidade) e baixa produtividade, devido à baixa qualificação e à alta rotatividade de mão-de-obra. O relatório intitulado "*Application of the new production philosophy to construction*", publicado por este autor no ano de 1992, é considerado o precursor da construção enxuta. Neste trabalho, Koskela adaptou os princípios do Sistema Toyota de Produção para a Construção Civil. O objetivo do trabalho era beneficiar o setor da construção civil com um sistema de gestão de qualidade de sucesso como foi o Sistema Toyota de Produção para as linhas de produção da Toyota Motor Company.

Desde o trabalho pioneiro de Koskela (1992), diversos pesquisadores do Brasil (FORMOSO et al. 1999; BERNARDES, 2003; BORGES, 2018) e de outros países (BALLARD, 2000; TOMMELEIN; BALLARD, 1997), têm buscado interpretar os conceitos para o ambiente da construção civil, bem como realizar aplicações práticas.

Porém, apesar de haver diversas publicações que discutem aplicações dos princípios enxutos no setor da construção civil, o conhecimento e aplicação prática do conceito é ainda baixo nas empresas brasileiras. Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da

Indústria - CNI (2019), no período de 2 a 12 de abril de 2018, buscou conhecer o emprego atual das ferramentas, técnicas e métodos do sistema de produção enxuta em 443 empresas do setor da construção civil (sendo 144 de pequeno, 206 de médio e 93 de grande porte). Dentre os resultados obtidos, foi possível destacar que a aplicação das ferramentas e técnicas de produção enxuta pode aumentar. Mais da metade das empresas pesquisadas não utiliza nenhuma ou utiliza de 1 a 3 técnicas das 15 pesquisadas (de forma isolada ou completa). As empresas que utilizam 10 ou mais técnicas são apenas 12%. Além da baixa aplicação entre as empresas da construção, as técnicas são usadas principalmente de forma isolada (ou seja, em partes da empresa ou em partes do processo produtivo da obra). Adicionalmente, a pesquisa mostrou que apenas duas das 15 técnicas vêm sendo aplicadas por mais da metade das empresas que atuam na indústria da construção brasileira: o Trabalho Padronizado (68% das empresas) e o Programa 5S (60% das empresas). Todas as demais técnicas pesquisadas estão em uso em menos de 40% das empresas. Neste sentido, nesta pesquisa busca-se identificar e analisar os métodos de gestão da produção adotados pelas construtoras da região de Ouro Preto e se elas utilizam algum princípio ou prática presente na construção enxuta. Baseado nesta análise, possíveis aplicações da produção enxuta nas empresas investigadas, principais lacunas e oportunidades de pesquisas futuras são apresentadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é investigar quais princípios e técnicas de gestão são adotados nas construtoras da cidade de Ouro Preto, com ênfase na filosofia *Lean Construction*.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingi-lo, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão sistemática na literatura internacional, no intuito de identificar e analisar artigos que apresentem ferramentas e técnicas presentes na construção enxuta;
- Analisar os artigos selecionados, no intuito de categorizar as ferramentas e técnicas mais comumente adotadas na literatura internacional;
- Investigar quais os métodos e práticas são adotados pelas construtoras da região de Ouro Preto na gestão dos seus canteiros de obras;

- Verificar se estas construtoras conhecem os princípios e técnicas da construção enxuta, se adotam algum deles ou tem pretensão de adoção;
- Apresentar os resultados do estudo de campo, indicando possíveis aplicações da produção enxuta nas empresas investigadas, principais lacunas e oportunidades de pesquisas futuras, bem como apoiar a divulgação do tema na região pesquisada.

Nesta pesquisa, os dois primeiros objetivos específicos são discutidos no artigo 1, enquanto os três objetivos seguintes são abordados no artigo 2.

1.3 Justificativa

Esta pesquisa justifica-se pela atualidade e relevância do tema, uma vez que a maioria das empresas do setor da construção civil são suscetíveis a desperdícios, de material ou mão de obra, bem como gastos e atrasos, gerando ineficiência do projeto. Nesse sentido, a adoção da construção enxuta nesses projetos visa eliminar ou reduzir consideravelmente todos esses percalços.

Diversos autores destacam que a filosofia lean pode trazer benefícios e resultados positivos na gestão da construção, tais como: melhoria da qualidade, diminuição dos desperdícios, aumento na produtividade da mão de obra, melhoria na segurança e saúde no trabalho (KOSKELA, 1992; MANDUJANO et al., 2016; BABALOLA; IBEM; EZEMA, 2019; WU et al., 2019).

Estas melhorias são de suma importância, pois de acordo com Aziz e Hafez (2013), vários estudos de diferentes países confirmaram que o desperdício/atividades sem valor agregado na indústria da construção representam uma porcentagem relativamente grande do custo de produção. Como exemplo, os autores citam que o custo do retrabalho em projetos de construção tem sido relatado como sendo de até 35% do custo total do projeto. Esse fator permite concluir que inovações na forma de gestão podem contribuir significativamente no setor da construção civil.

Particularmente, o estudo do setor da construção civil se justifica porque de acordo com o Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2018), além da participação na economia, é interessante avaliar a quantidade de empregos gerados pelo setor. No século 21, houve um crescimento de pessoas ocupadas no país em serviços e um declínio da ocupação com agropecuária. A indústria foi a área que sofreu menor variação, incluindo a construção

civil que abrange quase 40% das pessoas ocupadas na indústria. Assim, o setor acaba por desempenhar uma função social, pois cria oportunidades de trabalho para uma faixa da população com baixa escolaridade e pouca qualificação profissional (SEBRAE, 2016). Além da importância econômica e social, Halpin (2004) destaca que o setor tem também uma interferência muito forte na natureza.

1.4 Estrutura da monografia

A presente monografia está estruturada na forma de dois artigos científicos. Inicialmente é apresentado o contexto em que se insere a pesquisa, seguido do objetivo, justificativa da pesquisa e estrutura do texto. Os dois artigos que compõem o centro do trabalho são apresentados nos capítulos 2 e 3. As conclusões são apresentadas no capítulo 4.

O primeiro artigo atende ao primeiro e segundo objetivo específico desta pesquisa, onde são apresentadas as ferramentas e técnicas mais comumente adotadas na literatura internacional. Este artigo foi submetido e publicado no Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP (e-ISSN 2594-9713) no ano de 2020. A publicação online pode ser visualizada nos anais do evento e está referenciado com o seguinte DOI: 10.14488/enegep2020_tn_sto_342_1751_39635.

O segundo artigo atende ao objetivo principal desta pesquisa que é investigar quais princípios e técnicas de gestão da construção enxuta são adotados nas construtoras da cidade de Ouro Preto e os três últimos objetivos específicos. Este artigo foi aceito na Revista Exacta (e-ISSN 1983-9308) na data de 27 de fevereiro de 2021, publicado na versão preliminar online na data de 25 de junho de 2021. A publicação *online* do artigo pode ser visualizada em: <http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.2021.18718>.

2 ARTIGO 01: Uma Revisão Sistemática sobre ferramentas e técnicas adotadas na Construção Enxuta

RESUMO

Os mesmos fatores que exigiram uma reformulação empresarial no setor manufatureiro seriado após a globalização, não se fizeram sentir na construção civil em um primeiro momento. Neste setor, os empresários da construção no Brasil sempre dirigiam o foco de sua atenção basicamente para aspectos relacionados às especificações técnicas do projeto estrutural e arquitetônico, assim como *marketing*. Porém, nos últimos anos, o setor da construção civil também foi objeto de pressões internas e externas, como crise financeira, escassez de obras públicas, aumento da concorrência e da importância da qualidade requerida pelo cliente. Esta conjuntura fez com que as empresas do setor promovessem mudanças, buscando soluções inovadoras por meio da adoção de novas práticas de gestão da produção, tais como a filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta). Esta filosofia, derivada da *Lean Production* (Produção Enxuta), se apresenta como uma forma de gerir a produção na construção civil de forma a eliminar desperdícios. Apesar da literatura crescente sobre o tema, não há na literatura um claro entendimento do número e categorias de ferramentas e práticas *lean* implementadas na construção civil. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo identificar e analisar as diferentes ferramentas e técnicas da construção enxuta mais comumente mencionadas na literatura. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura internacional produzida sobre o tema nos últimos 5 anos (2015- 2019). Dentre os resultados obtidos, uma lista com as 25 ferramentas e técnicas mais comumente citadas na literatura foram apresentadas neste trabalho. Dentre estas, destacam-se: o *last planner*, BIM, 5s, mapeamento do fluxo de valor, *poka yoke*, gestão visual, *just in time*, trabalho padronizado, dentre outras. Especificamente, em relação às ferramentas BIM e *last planner*, percebe-se o aumento de pesquisas isoladas e mais aprofundadas, bem como maior aplicação das mesmas no setor da construção civil nos últimos anos.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean construction*; construção enxuta; ferramentas; técnicas; práticas *lean*.

2.1 Introdução

Com a globalização, as empresas manufatureiras e seriadas inicialmente sofreram com o aumento da competitividade. No primeiro momento, essa competitividade não alcançou a indústria da construção civil, o que fez com que ela não buscasse estratégias de racionalização da produção que analisassem estoques, desperdícios, movimentação, dentre outros. De acordo com Lorenzon e Martins (2006), isso se deve, principalmente, porque, até a década de 1980, havia um elevado número de obras públicas com poucas exigências quanto à qualidade e os clientes eram pouco acostumados e mesmo despreparados para exigirem os seus direitos de consumidores. Adicionalmente, Kudsk et al. (2013) destacam que as edificações são grandes e complexas estruturas produzidas em muito menor volume do que uma indústria manufatureira costuma produzir. Esse atributo faz com que se tenha mais dificuldade em se definir padrões, avaliar recursos e implementar melhorias.

Porém, a partir dos anos 1990, este quadro se alterou quando a construção civil sofreu mudanças substanciais, provocadas principalmente pelo crescente grau de competição existente entre as empresas do setor, o que levou as mesmas a buscarem técnicas de gestão e de produção já há algum tempo utilizadas por setores industriais (automobilísticos, por exemplo), com o objetivo de otimizar seus processos e produzir produtos cada vez melhores e mais baratos (KOTLER, 2000).

Dentre as várias alternativas que surgiram ao longo dos anos 1990 como modelo para a gestão de produção na construção civil, destaca-se a *Lean Construction* (Construção Enxuta), que tem origem no sistema Toyota de Produção e Produção Enxuta (*Lean Production*). Koskela (1992) foi o pioneiro a adaptar a ideia do *lean* para o mundo da construção, identificando uma série de princípios que mitigariam problemas tradicionais do setor ao mesmo tempo em que melhorariam a performance produtiva. O desafio da construção enxuta é eliminar tudo que não agrega valor, reduzindo assim os custos e gerando maior lucro. Encontra-se na construção civil, muitas atividades entendidas como não geradoras de valor, tais como movimentos e transportes desnecessários, retrabalhos, entre outros.

Desde o trabalho pioneiro de Koskela (1992), diversos pesquisadores do Brasil (FORMOSO et al., 1999; BERNARDES, 2003; BORGES, 2018) e de outros países (BALLARD; HOWELL, 1996; BALLARD, 2000; KOSKELA, 2000), têm buscado interpretar os conceitos para o ambiente da construção civil. Adicionalmente, muitas ferramentas do pensamento enxuto foram adequadas e até novas foram criadas para possibilitar a aplicação da filosofia no setor. Porém, na literatura, há diferenças quanto à quantidade e à categorização das

técnicas e ferramentas apresentadas pelos autores em seus trabalhos, onde alguns selecionam e detalham apenas uma ou duas ferramentas, até outros, que apresentam uma lista com mais de 70 ferramentas e técnicas. Assim, não há um consenso sobre a quantidade e quais ferramentas e técnicas são essenciais para adequada aplicação da filosofia enxuta em empresas da construção civil.

Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo identificar e analisar as diferentes ferramentas e técnicas da construção enxuta mais comumente mencionadas na literatura. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura internacional produzida sobre o tema nos últimos 5 anos (2015- 2019).

Esta pesquisa se justifica pela relevância e atualidade do tema. Adicionalmente, uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria - CNI (2019) com 443 empresas do setor da construção civil e divulgada no ano de 2019, destacou que a aplicação das ferramentas e técnicas de produção enxuta pode aumentar no Brasil. Dentre os resultados obtidos, é possível destacar que mais da metade das empresas pesquisadas não utiliza nenhuma ou utiliza de 1 a 3 técnicas das 15 pesquisadas. As empresas que utilizam 10 ou mais técnicas são apenas 12%. Além da baixa aplicação entre as empresas da construção, as técnicas são usadas principalmente de forma isolada (ou seja, em partes da empresa ou em partes do processo produtivo da obra). Adicionalmente, a pesquisa mostrou que em 2018, apenas duas das 15 técnicas são aplicadas por mais da metade das empresas que atuam na indústria da construção brasileira: o Trabalho Padronizado (68% das empresas) e o Programa 5S (60% das empresas). Todas as demais técnicas pesquisadas estão em uso em menos de 40% das empresas.

Este trabalho foi estruturado em 5 seções, incluindo a presente introdução. Na seção 2, é apresentada a revisão bibliográfica sobre a filosofia construção enxuta. O método científico adotado é discutido na seção 3, seguido pela apresentação dos resultados e discussões (seção 4). Finalmente, na seção 5, encontram-se as considerações finais deste trabalho, e em seguida, agradecimentos e as referências bibliográficas.

2.2 Construção Enxuta

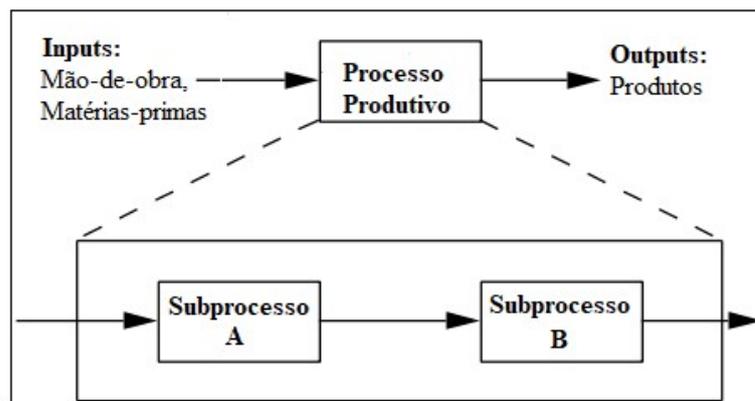
A construção enxuta é, segundo Bertelsen e Koskela (2004), um novo entendimento da construção como um tipo especial de produção. É derivado das ideias do Sistema Toyota de Produção, com a aplicação e adaptação das técnicas do pensamento enxuto na gestão dos processos da construção civil, observando suas particularidades.

O marco inicial da construção enxuta é a publicação de Koskela (1992), um estudioso finlandês, que desafia os profissionais da construção civil a pensarem em conceitos como fluxo

e geração de valor, em uma indústria conhecida por seus altos custos (com altos índices de desperdício de material e baixa qualidade) e baixa produtividade, devido à baixa qualificação e à alta rotatividade de mão-de-obra (LORENZON; MARTINS, 2006).

Formoso (2009) aponta que a diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a Produção Enxuta é principalmente conceitual. A mudança mais importante para a implantação do novo paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os processos. A visão tradicional da produção vê o processo produtivo como uma conversão de um *input* (matérias-primas, trabalho) em um *output* (produto), dividido hierarquicamente em subprocessos (Figura 1). O valor do produto está associado somente ao custo dos seus insumos. Nesta visão, qualquer ação que possibilita uma redução de custos em um subprocesso, permite uma redução dos custos totais do processo. Tal modelo é irreal, e conforme se aumenta a complexidade do processo, o tamanho do fluxo e da organização, os problemas começam a aparecer (KOSKELA, 1992).

Figura 1 - Modelo de conversão tradicional

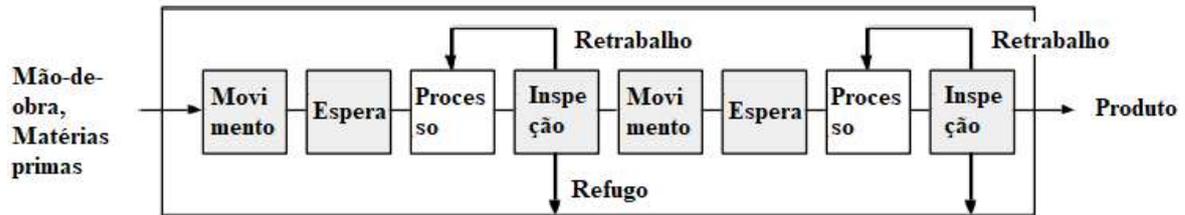


Fonte: Koskela (1992)

Enxergar a produção como um simples modelo de conversão, não considera que há atividades que não agregam valor ao produto, como é abordado pela filosofia da Produção Enxuta. Não se considera os requisitos do cliente. No Modelo de Fluxo de Conversão, Koskela (1992) define que a produção é um fluxo de materiais e/ou informações desde a matéria-prima até o produto acabado. Nesse fluxo, o material pode estar sendo processado, inspecionado ou movimentado, ou ainda estar esperando - pelo processamento, inspeção ou movimentação, como se pode observar na Figura 2. Tais atividades às quais o material pode ser submetido são inerentemente diferentes. O processamento representa o aspecto de conversão do sistema de produção; a inspeção, a movimentação e a espera representam os aspectos de fluxo da produção (que não agregam valor ao produto, em cinza na Figura 2. Os processos referentes a fluxos

podem ser caracterizados por tempo, custo e valor. Valor refere-se ao atendimento das necessidades dos clientes. Em grande parte dos casos, somente as atividades de processamento proporcionam a agregação de valor ao produto.

Figura 2 - Modelo de fluxo de conversão



Fonte: Koskela (1992)

Então, como descreve Ribeiro (2015), a construção enxuta é um processo representado por um fluxo de conversão, constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente, implicando que um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias-primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos.

No intuito de estabelecer diretrizes para a definição do fluxo de processo e possíveis melhorias a ser implantadas, Koskela (1992) define um conjunto de onze princípios para a gestão de processos na indústria civil, quais sejam: 1) reduzir as quotas de atividades que não agregam valor; 2) aumentar o valor da saída ou produto através da consideração sistemática das exigências do cliente; 3) reduzir a variabilidade; 4) reduzir o tempo de ciclo; 5) simplificar minimizando o número de passos, peças e ligações; 6) aumentar a flexibilidade da saída; 7) aumentar a transparência do processo; 8) focar no controle no processo global; 9) construir a melhoria contínua no processo; 10) balancear as melhorias no fluxo com as melhorias de conversão; 11) *Benchmarking*.

Além dos princípios, a construção enxuta possui uma série de ferramentas e técnicas que auxiliam sua adoção e cujos benefícios decorrentes de sua aplicação incluem a melhoria da qualidade, a diminuição dos desperdícios, o aumento na produtividade da mão de obra, o aumento na segurança e saúde no trabalho, entre outras vantagens (KOSKELA, 1992; ISATTO, 2000; FORMOSO, 2009; ENSHASSI; SALEH; MOHAMED, 2019; WU et al., 2019). As diferentes classificações ou agrupamentos de ferramentas e técnicas descritas por diferentes autores serão apresentadas e discutidas nas próximas seções.

2.3 Método Científico

Esse artigo consiste em uma revisão sistemática da literatura que tem como objetivo identificar e analisar as diferentes ferramentas e técnicas da construção enxuta mais comumente mencionadas na literatura. De acordo com Rowe (2014), uma revisão da literatura sintetiza o conhecimento passado sobre um tópico ou domínio de interesse, identifica vieses importantes e lacunas de conhecimento na literatura e propõe orientações para pesquisas futuras. A revisão sistemática é um requisito essencial para alcançar esses objetivos e baseia-se em um sólido processo de revisão. A busca foi realizada através da base de dados *Web of Science*. A Tabela 1 apresenta as *strings* de busca utilizadas e o respectivo resultado.

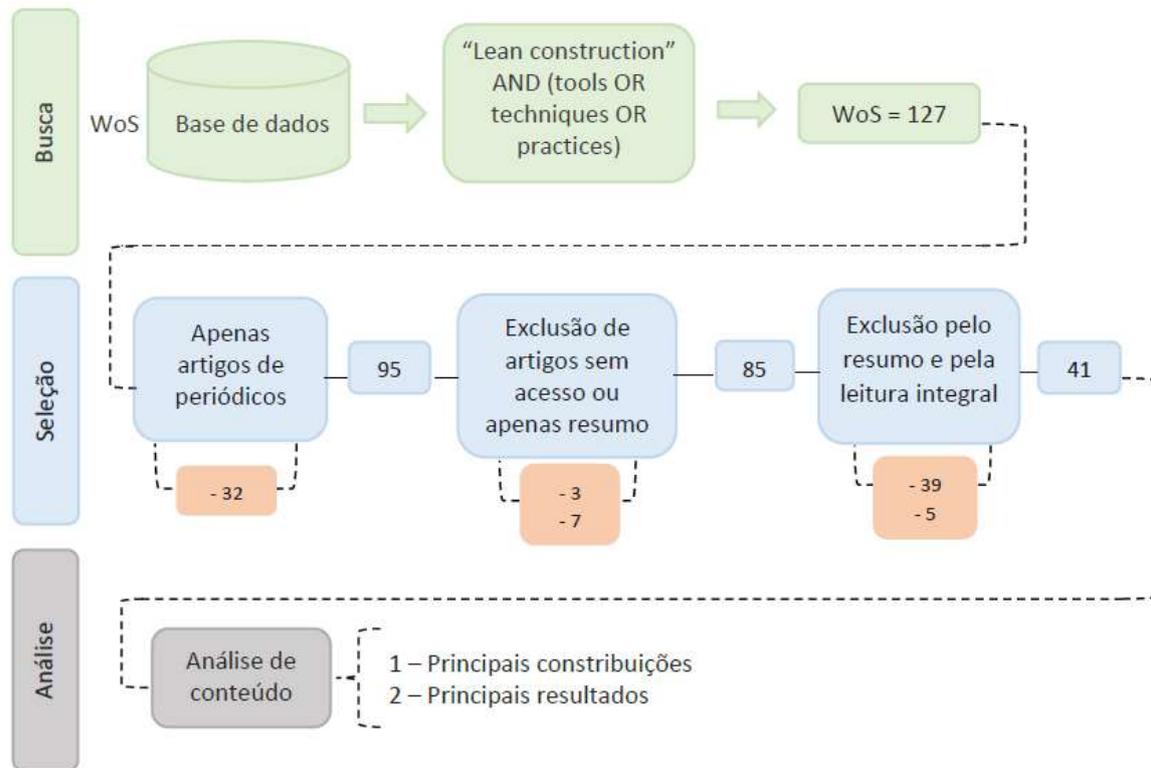
Tabela 1 - *Strings* de busca

Database	String de busca	Resultados
Web of Science	“Lean construction” AND (tools OR techniques OR practices)	127

Fonte: elaborado pelas autoras

A busca foi aplicada ao campo “tópicos”, que busca as palavras ao longo de todo texto. O recorte temporal adotado foi de 2015 -2019, sendo encontrados 127 artigos na base *Web of Science*. A pesquisa foi limitada ao tipo de documento: artigo disponível em periódico em língua inglesa (opções *article* e *review* no *Web of Science*), onde restaram 95 artigos. Desses, 10 que continham apenas resumos ou não possuíam acesso aberto foram excluídos. Após a leitura dos resumos de artigos com acesso aberto, 39 artigos foram excluídos, por não apresentarem a abordagem pretendida. Após a leitura integral, 5 artigos foram excluídos, pois não abordavam a aplicação ou revisão de ferramentas e práticas da construção enxuta. Sendo assim, foi realizada uma análise profunda em 41 artigos. O protocolo de pesquisa utilizado para a revisão é apresentado pela Figura 3.

Figura 3 - Processo de busca e seleção de artigos



Fonte: elaborado pelas autoras

2.4 Apresentação de resultados e discussão

Desde que Koskela adaptou os princípios do Sistema Toyota de Produção para a Construção Civil, muitas ferramentas do pensamento enxuto foram adequadas e até novas foram criadas para possibilitar a aplicação da filosofia no setor. Uma síntese das ferramentas e técnicas identificadas na revisão sistemática realizada nesta pesquisa é apresentada no Quadro 1. Cabe ressaltar que devido a limitação de caracteres possíveis no artigo, optou-se por destacar no Quadro 1, apenas os nomes dos autores que apresentaram em suas pesquisas um conjunto de mais de 2 ferramentas e técnicas. Assim, as pesquisas que apresentaram apenas 1 ou 2 ferramentas e técnicas foram adicionadas nas duas últimas colunas do Quadro, sem citação de autor. Apesar disso, essas foram contabilizadas na Tabela 2, que apresenta uma relação das ferramentas mais comumente citadas na literatura.

Quadro 1 - Ferramentas e Técnicas da Construção Enxuta

Bajjou et al (2017)	Gambatese et al (2017)	Sarhan et al (2017)	Bajjou e Chafi (2018)	Memon et al (2018)	Babalola et al (2018)	Inella et al (2019)
<ul style="list-style-type: none"> - Last Planner System (LPS) - Gestão visual - 5S - Poka-Yoke - Just in Time 	<ul style="list-style-type: none"> - LPS - Design simultâneo de produtos e processos - Target Value Design (TVD) - Integração da equipe - 5S - Cinco porquês - Andon - Estudos de primeira produção - Projeto integrado - Kaizen - Kanban - Kitting - Sistema de entrega de projeto Lean - Poka-Yoke - Trabalho padronizado - Mapeamento de fluxo de valor - Estruturação do trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> - LPS - Mapeamento de fluxo de valor - Trabalho padronizado - 5S - Kaizen - Gestão da Qualidade Total (TQM) - Gestão visual - Falha segura para qualidade e segurança - Reuniões diárias - Estudos de primeira produção - Cinco porquês - Just in Time - Plano de condições e ambiente de trabalho - Engenharia simultânea - Kanban - Poka-Yoke - TDV - Parceria - Manutenção Produtiva Total (TPM) - Projeto Assistido por Computador (CAD) - Seis Sigma 	<ul style="list-style-type: none"> - Just in Time - Kanban - 5S - Increased visualisation - Trabalho padronizado - Pré-fabricação - LPS - Gestão visual - Eliminação de desperdício - Melhoria contínua - Estudos de primeira produção - TQM - Poka-Yoke - Diagrama de Ishikawa - Análise de Pareto - Modo de falha, efeitos e análise de criticidade (FMEA) - Cinco porquês 	<ul style="list-style-type: none"> - 5S - Engenharia simultânea - Pensamento criativo - Reuniões diárias - Falha segura para qualidade e segurança - Estudos de primeira produção - Gestão visual - Projeto integrado - Just in Time - Kaizen - LPS - One-piece-flow - Poka-Yoke - Abordagem puxada - Reengenharia - Kanban - TPM - TQM - Mapeamento de fluxo de valor - Trabalho padronizado 	<ul style="list-style-type: none"> - LPS - Just in Time - Planejamento puxado - Gestão visual - Reuniões diárias - Engenharia simultânea - Parceria - Mapeamento de fluxo de valor - TQM - Construção de Design Virtual (VDC) - 5S - Sistema de gestão ambiental - Kaizen - TPM - Seis Sigma - Poka-Yoke - Gestão de conferências - Gestão de melhoria da saúde e segurança - Kanban - Trabalho padronizado - Estudos de primeira produção - TDV - Gemba Walk - Big Room - Pré-fabricação - Benchmarking - LBS - Agendamento de trabalhos - Falha segura para qualidade e segurança - Matriz de estrutura de design - Instruções detalhadas - Projeto integrado 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tamanho do lote - Mapeamento de fluxo de valor - 5S - Kanban - LPS - Qualidade na fonte - Poka-Yoke - Trabalho padronizado - Reuniões diárias - Benchmarking

Carvajal-Arango et al (2019)	Enshassi et al (2019)	Wu et al (2019)	Maradzano et al (2019)	Autores 2 ferramentas	Autores 1 ferramenta	
<ul style="list-style-type: none"> - Objetivos inteligentes - Preparação da equipe - Mapeamento de fluxo de valor - Reengenharia de Processos de Negócio (BPR) <ul style="list-style-type: none"> - Jidoka - Planejamento de tempo - Trabalho padronizado <ul style="list-style-type: none"> - Kanban - Fluxo contínuo - Método de escolha por vantagens <ul style="list-style-type: none"> - Projeto integrado - Contratação de Design-Build (DB) - Contratação baseada no desempenho - Contratação multipartidária <ul style="list-style-type: none"> - Kaizen - Benchmarking <ul style="list-style-type: none"> - TQM - Pontos de controle <ul style="list-style-type: none"> - QFD - TPM - Manutenção preventiva - Estudo de tempos e movimentos <ul style="list-style-type: none"> - Andon - Engenharia simultânea <ul style="list-style-type: none"> - Poka-Yoke - Building Information Modeling (BIM) <ul style="list-style-type: none"> - Simulação de casos - Design integrado - Estudos de primeira produção - Design baseado em conjunto <ul style="list-style-type: none"> - TDV - Gestão visual - Esquema de sugestões 	<ul style="list-style-type: none"> - Big Room - Controle Estatístico do Processo (CEP) <ul style="list-style-type: none"> - Graphic Schedules - Line of Balance (LOB) <ul style="list-style-type: none"> - Análise de Pareto - LPS - Heijunka <ul style="list-style-type: none"> - Reuniões diárias - Análise de layout do projeto - Análise do processo de construção <ul style="list-style-type: none"> - 5S - Plan, do, check, action (PDCA) <ul style="list-style-type: none"> - Cinco porquês - Diagrama de Ishikawa - Mapa de irregularidades <ul style="list-style-type: none"> - Gemba Walk - Relatório A3 - Safety and Lean Integred Kaizen (SLIK) - Falha segura para qualidade e segurança <ul style="list-style-type: none"> - Just in Time - Linha FIFO - Redução de set-up <ul style="list-style-type: none"> - Análise de gargalos - Padronização mecânica e de transporte <ul style="list-style-type: none"> - Estratégia Push & Pull - Multi-process handling <ul style="list-style-type: none"> - Pré-fabricação - Pré-modulação - Armazenamento correto <ul style="list-style-type: none"> - FMEA - Seis Sigma 	<ul style="list-style-type: none"> - LPS - Increased visualisation <ul style="list-style-type: none"> - 5S - Poka-Yoke <ul style="list-style-type: none"> - Reuniões diárias - Estudos de primeira produção <ul style="list-style-type: none"> - Kaizen - Cinco porquês 	<ul style="list-style-type: none"> - 5S - Gestão visual <ul style="list-style-type: none"> - LPS - Just in Time <ul style="list-style-type: none"> - Gestão de conferências 	<ul style="list-style-type: none"> - Just in Time <ul style="list-style-type: none"> - 5S - Cinco porquês - Trabalho padronizado <ul style="list-style-type: none"> - Pré-fabricação - LPS - Mapeamento de fluxo de valor <ul style="list-style-type: none"> - Kaizen - TPM - TQM - Análise de Pareto - Diagrama de Ishikawa <ul style="list-style-type: none"> - Eliminação de desperdício - Reuniões diárias - Plano de condições e ambiente de trabalho <ul style="list-style-type: none"> - Kanban - Poka-Yoke - TVD - FMEA 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestão de Valor Agregado (EVMS) <ul style="list-style-type: none"> - LPS - VDC <ul style="list-style-type: none"> - BIM - BIM <ul style="list-style-type: none"> - LPS - KanBim - Entrega de Projeto Integrado (IPD) <ul style="list-style-type: none"> - BIM - LPS - Gestão Visual <ul style="list-style-type: none"> - Big Room - IPD - BIM 	<ul style="list-style-type: none"> - LPS (9) - BIM (8) - Mapeamento de fluxo de valor (3) - Gestão Visual (2) <ul style="list-style-type: none"> - TDV (1)

Fonte: elaborado pelas autoras

Conforme pode ser verificado no Quadro 1, os autores estudados têm destacado diferentes ferramentas e técnicas para auxiliar a implementação da construção enxuta, onde alguns destacam e detalham apenas uma ou duas ferramentas e técnicas isoladamente, até autores que apresentam uma extensa lista, como Carvajal-Arango et al. (2019) que categorizaram em seu trabalho 78 ferramentas e práticas aplicadas na construção enxuta.

Adicionalmente, cabe destacar que dos artigos selecionados nesta pesquisa, cinco correspondem às revisões teóricas e sistemáticas sobre o tema, enquanto os demais apresentam o desenvolvimento de algum estudo empírico, realizado principalmente através de estudos de caso, *surveys* e aplicações de questionários.

Em relação aos trabalhos conceituais e teóricos, Bajjou, Chafi e En-nadi (2017) desenvolveram uma revisão de literatura no intuito de determinar: as principais características da indústria de construção em comparação com a indústria de manufatura; as principais fontes de resíduos na indústria da construção; bem como mostrar a contribuição das ferramentas de construção enxuta. Dentre os resultados obtidos, os autores destacaram que sistema *last planner* (LPS), mapeamento do fluxo de valor (VSM), filosofia *just-in-time*, gestão visual (VM) e 5S demonstraram uma grande capacidade de melhorar o sistema de produção tradicional. Carvajal-Arango et al. (2019) realizaram uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar os efeitos positivos da construção enxuta nas três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica, social). De todas as práticas da construção enxuta identificadas no artigo, aquelas que produziram efeitos positivos nas três dimensões da sustentabilidade incluem construção pré-fabricada ou modular, VSM, cultura de melhoria (*kaizen / kaikaku*), *poka yoke*, IPD, *seis sigma*, *Building Information Modeling* (BIM), método 5S, LPS, *kanban*, engenharia simultânea e gestão visual. Usando também uma revisão sistemática da literatura, Innella, Arashpour e Bay (2019) discutem a implementação de técnicas *lean* na indústria de construção modular; e Mandujano et al. (2016) analisam a aplicação conjunta do *Lean Construction* e do *Virtual Design and Construction* (VDC). Babalola, Ibem e Ezema (2019), por sua vez, realizaram uma revisão sistemática da literatura para identificar e categorizar as diferentes práticas enxutas implementadas na indústria da construção e os benefícios derivados deles. Um total de 32 práticas enxutas diferentes foram categorizadas, onde constatou-se que o LPS e *just-in-time* foram as duas práticas enxutas mais implementadas e aproximadamente 20 diferentes aspectos econômicos,

sociais e benefícios ambientais estavam relacionados à implementação de práticas enxutas na indústria de construção.

Em relação aos trabalhos empíricos, alguns focaram em analisar a relação entre construção enxuta e segurança na construção (GAMBATESE; PESTANA; LEE, 2017; WU et al., 2019; ENSHASSI; SALEH; MOHAMED, 2019). Gambatese, Pestana e Lee (2017) realizaram um levantamento de princípios e técnicas *Lean* no que tange comportamentos de trabalhadores e práticas de segurança. Este estudo revelou que os princípios e práticas enxutas podem fornecer uma oportunidade valiosa para melhorar ainda mais a segurança do trabalhador da construção. Similarmente, Wu et al. (2019) investigam os impactos de cinco ferramentas *lean* (5s, gestão visual, *last planner*, *just-in-time* e sistema gestão de conferências) na melhoria da segurança da construção, onde coletaram dados de 448 projetos na China. Ainda relacionado à segurança na construção, Enshassi, Saleh e Mohamed (2019) investigaram, através de um *survey*, a aplicação de técnicas de construção enxuta na redução de acidentes em projetos de construção. Os resultados obtidos indicaram que as três principais ferramentas mais usadas para reduzir as causas de acidentes nos projetos de construção em Gaza foram *5Whys*, 5S e LPS.

Outros artigos empíricos analisam ferramentas e práticas da construção enxuta em diferentes segmentos e países. Sarhan et al. (2017) investigaram o estado atual da implementação da construção enxuta na indústria da construção da Arábia Saudita, onde um questionário estruturado foi aplicado em 282 profissionais da construção. Dentre os resultados obtidos, destaca-se que a espera é o tipo mais comum tipo de desperdício, e o *computer aided design* (CAD), manutenção preventiva, programas de melhoria de segurança e inspeções visuais estão entre as ferramentas mais citadas para implementação da construção enxuta. Bajjou e Chafi (2018) exploraram o nível atual de conscientização sobre práticas de construção *lean* entre profissionais de construção marroquinos, bem como benefícios derivados da construção enxuta e as barreiras que impedem uma implementação bem-sucedida da filosofia. Além dos benefícios destacados, os resultados mostram que as principais barreiras que impedem o sucesso da implantação de construção enxuta em Marrocos são falta de conhecimento sobre a filosofia de construção enxuta, recursos humanos não qualificados e recursos financeiros insuficientes. Seguindo as tendências globais, Memon et al. (2018) investigaram ferramentas e técnicas enxutas no Paquistão, mais especificamente em 34 empresas da cidade de Karachi. Os resultados da análise indicaram que a abordagem puxada, o trabalho padronizado, as ferramentas de visualização, os métodos de entrega de projetos integrados e o *Fail-safe for Quality* são

técnicas comuns e mais implementadas nas empresas investigadas. Por fim, Maradzano, Dondofema e Matope (2019) destacaram ferramentas de construção enxuta atualmente usadas no mundo todo e os benefícios da adoção da construção enxuta e, com base em uma revisão sistemática da literatura, identificaram ferramentas ainda a serem implementadas na indústria da construção da África do Sul. Adicionalmente, desenvolveram uma estrutura de implementação enxuta, que posteriormente, foi avaliada usando um caso local com foco em serviços de engenharia elétrica e mecânica na indústria da construção.

Cabe ainda ressaltar, que na penúltima coluna da segunda parte do Quadro 1 (p.8), foram adicionadas as ferramentas e práticas identificadas em sete artigos que citavam apenas duas ferramentas. E, na última coluna, foram adicionadas aquelas que foram pesquisadas isoladamente, bem como o número de artigos que as abordavam, destacado entre parênteses.

Com base no Quadro 1, buscou-se, nesta pesquisa, realizar um agrupamento e análise de todas as ferramentas identificadas nos artigos selecionados, no intuito de verificar quais delas têm sido mais comumente indicadas e/ou pesquisadas nestes últimos 5 anos. Na Tabela 2, foram selecionadas as 25 ferramentas e técnicas mais comumente citadas nos trabalhos selecionados nesta pesquisa.

Tabela 2 - Ferramentas e Técnicas da Construção Enxuta mais citadas

Ferramentas e Técnicas	Número de citações
Last Planner System (LPS)	23
BIM	13
5s	11
Mapeamento de fluxo de valor	10
Poka-Yoke	10
Gestão visual	10
Just in Time	8
Kanban	8
Trabalho padronizado	8
Estudos de primeira produção	7
Kaizen	7
Reuniões diárias	7
Cinco porquês	6
Gestão da Qualidade Total (TQM)	6
Target Value Design (TVD)	6
Manutenção Produtiva Total (TPM)	5
Engenharia simultânea	4
Falha segura para qualidade e segurança	4
Pré-fabricação	4
Projeto integrado	4
Análise de Pareto	3
Benchmarking	3
Diagrama de Ishikawa	3
FMEA	3
Seis Sigma	3

Fonte: elaborado pelas autoras

Conforme pode ser visualizado na Tabela 2, dentre as ferramentas e técnicas mais comumente citadas nos trabalhos analisados nesta pesquisa estão o *last planner*, BIM, 5s, mapeamento do fluxo de valor, *poka yoke*, gestão visual, *just in time* e trabalho padronizado. Este resultado corrobora com a maioria das pesquisas citadas neste trabalho e é quase unânime em todos eles. Especificamente em relação a ferramenta BIM, essa foi citada apenas por um trabalho selecionado nesta pesquisa que apresentava uma lista mais extensa de técnicas e ferramentas. Porém, foi citado por outros doze trabalhos que investigavam pontualmente e de maneira mais aprofundada a adoção da mesma, o que mostra que sua adoção vem crescendo no setor da construção civil. Outras ferramentas citadas por alguns trabalhos dentre os mais adotados, quais sejam: engenharia simultânea, sistema gestão de conferências, métodos de entrega de projetos integrados, *Fail-safe for Quality* e o *computer aided design* (CAD) não estão entre as mais citadas na análise conjunta realizada neste trabalho.

Por fim, cabe ressaltar que dentre as ferramentas mais citadas, algumas já vêm sendo aplicadas há décadas na manufatura *lean*, tais como o *just in time*, 5s, *poka yoke*, mapeamento do fluxo de valor. Outras, por sua vez, são ferramentas e técnicas aplicadas mais especificamente na construção civil, tais como são *last planner* e BIM.

2.5 Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar as diferentes ferramentas e técnicas da construção enxuta mais comumente mencionadas na literatura. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura internacional produzida sobre o tema nos últimos 5 anos (2015- 2019), onde 41 artigos foram selecionados para análise.

Dentre os resultados obtidos, uma lista com as 25 ferramentas e técnicas mais comumente citadas na literatura foram apresentadas neste trabalho. Dentre estas, destacam-se: o *last planner*, BIM, 5s, mapeamento do fluxo de valor, *poka yoke*, gestão visual, *just in time* e trabalho padronizado. Especificamente, em relação às ferramentas BIM e *last planner*, percebe-se o aumento de pesquisas isoladas e mais aprofundadas, bem como maior aplicação das mesmas no setor da construção civil.

Pesquisas adicionais sobre o tema devem ser realizadas, como por exemplo, a avaliação da adoção das 25 ferramentas mais citadas neste trabalho em empresas do setor da construção civil no Brasil.

2.6 Agradecimentos

As autoras agradecem ao CNPQ e à PROPP/UFOP pelo apoio financeiro.

2.7 Referências

BABALOLA, O.; IBEM, E. O.; EZEMA, I. C. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and Environment**, v. 148, p. 34-43, 2019.

BAJJOU, M.S.; CHAFI, A. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 16, n. 4, p. 533-556, 2018.

BAJJOU, M.S.; CHAFI, A.; EN-NADI, A. A comparative study between lean construction and the traditional production system. **In: International Journal of Engineering Research in Africa**. Trans Tech Publications, v. 29, p. 118-132, 2017.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production from uncertainty: first step in an improvement strategy. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT, Santiago, Chile, 1996. **Anais [...]**, Santiago, Chile, 2016.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. 2000. 192 p. Tese (Doutorado em Filosofia) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. Construction Beyond Lean: A new understanding of Construction Management. In: CONFERENCE IN THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, 2004, Elsinore, Dinamarca. **Anais [...]**, Elsinore, Dinamarca, 2004.

BORGES, M. L. C. **A aplicação da filosofia Lean Construction em empresas baianas: um estudo comparativo com o cenário brasileiro**. 2018. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2018.

CARVAJAL-ARANGO, D. et al. Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. **Journal of Cleaner Production**, v. 234, p. 1322-1337, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Sondagem especial. Ano 19, n. 72 – Brasília: CNI, 2019. Disponível em: < <https://fiea.org.br/public/documentos/72-sondespecial-producaoenxutanaindustriadaconstrucaobrasileira-abril2019.pdf> >. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

ENSHASSI, A.; SALEH, N.; MOHAMED, S. Application level of lean construction techniques in reducing accidents in construction projects. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 24, n. 3, p. 274-293, 2019.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos**. Núcleo orientado para Inovação da Edificação, UFRGS, 2009.

FORMOSO, C.T. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS/SINDUSCON/SP, 1999.

GAMBATESE, J. A.; PESTANA, C.; LEE, H. W. Alignment between lean principles and practices and worker safety behavior. **Journal of construction engineering and management**, v. 143, n. 1, p. 04016083, 2017.

INNELLA, F.; ARASHPOUR, M.; BAI, Y. Lean Methodologies and Techniques for Modular Construction: Chronological and Critical Review. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 12, p. 04019076, 2019.

ISATTO, E. L. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil** (1 ed.). Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction** 2000. 408p. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Technical Research Center of Finland, Helsinki, Finlândia, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. V. 72. Stanford: Stanford University, 1992.

KOTLER, P. **Administração de Marketing: A Edição do Novo Milênio**. 10ª ed. São Paulo, Prentice Hall, 2000.

KUDSK, A. et al. Modularization in the Construction Industry Using a Top-Down Approach. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 7, p. 88-98-107, 2013.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. Discussão sobre a medição de desempenho na Lean Construction. In: SIMPEP, 13., p. 1-10, 2006, Bauru, SP. Anais [...]. UNESP, Bauru, SP, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/505.pdf>. Acesso em: 25 abril 2019.

MANDUJANO, R. et al. Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. **Revista de la Construcción**, v. 15, n. 3, p. 107-118, 2016.

MARADZANO, I.; DONDOFEMA, R. A.; MATOPE, S. Application of lean principles in the South African construction industry. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 30, n. 3, p. 210-223, 2019.

MEMON, A. H. et al. Adoptability of Lean Construction Techniques in Pakistan's Construction Industry. **Civil Engineering Journal**, v. 4, n. 10, p. 2328-2337, 2018.

RIBEIRO, V. **Logística, sistema Toyota de produção e suas implicações na construção civil**. Appris Editora e Livraria Eireli-M, 2015.

ROWE, F. What literature review is not: diversity, boundaries and recommendations. **European Journal of Information Systems**, v. 23 n. 3, p. 241-255, 2014.

SARHAN, J. G. et al. Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. **Construction Economics and Building**, v. 17, n. 1, p. 46-69, 2017.

WU, X. et al. Impacts of lean construction on safety systems: A system dynamics approach. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 2, p. 221, 2019.

3 ARTIGO 02: Gestão das construções com foco na construção enxuta: estudo de casos em construtoras do interior de Minas Gerais

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar os métodos de gestão da construção adotados por empresas de construção civil de uma cidade do interior de Minas Gerais, bem como identificar e analisar se as mesmas utilizam algum princípio ou prática presente na construção enxuta. Para tanto, foram realizados estudos de casos em nove construtoras por meio de aplicação de entrevistas semi-estruturadas. Dentre os resultados obtidos, destaca-se que a maioria das construtoras investigadas não utilizam métodos de gestão estruturados, sendo esta gestão baseada principalmente nas experiências profissionais dos gestores. Em relação às ferramentas e técnicas da construção enxuta adotadas pela maioria das construtoras investigadas, o uso das mesmas ocorre de maneira mais intuitiva, sem relação com a adoção da filosofia enxuta. Dentre as mais comumente adotadas nas empresas investigadas, destacam-se: trabalho padronizado, 5S, *just in time* e reuniões diárias.

PALAVRAS-CHAVE: Construção enxuta. *Lean construction*. Produção enxuta. Construção civil.

“Construction management with focus on lean construction: case study in construction companies from the interior of Minas Gerais”

ABSTRACT

This article aimed to identify and analyze the construction management methods adopted by the civil construction companies in a city in the interior of Minas Gerais, as well as the use of lean construction tools and techniques. For this purpose, case studies were carried out in nine construction companies through semi-structured interviews. The results indicate that most of the investigated construction companies do not use structured management methods, and the management is based mainly on the professional experience of managers. Regarding the lean construction tools and techniques adopted by most of the investigated construction companies, their use occurs in a more intuitive way, unrelated to the adoption of lean philosophy. Among the most commonly adopted in the

investigated companies, the following stand out: standardized work, 5S, just in time and daily meetings.

KEY WORDS: Lean construction; Lean Production; Construction industry.

3.1 Introdução

A construção civil sofreu mudanças substanciais a partir dos anos 1990, provocadas principalmente pelo aumento do grau de competição existente entre as empresas. Adicionalmente, o crescente nível de exigência dos consumidores e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros, entre outros fatores, têm estimulado as empresas do setor a buscarem técnicas de gestão e de produção já há algum tempo utilizadas por setores industriais (automobilísticos, por exemplo), com o objetivo de otimizar seus processos e produzir produtos cada vez melhores e mais baratos (Bajjou, Chafi, & Ennadi, 2017; Kotler, 2000).

Dentre as várias alternativas que surgiram ao longo dos anos 1990 como modelo para a gestão de produção na construção civil, destaca-se a *Lean Construction* (Construção Enxuta), que tem origem no Sistema Toyota de Produção e Produção Enxuta (Lean Production). Koskela (1992) foi o pioneiro a adaptar a ideia do *lean* para o mundo da construção, identificando uma série de princípios que mitigariam problemas tradicionais do setor ao mesmo tempo em que melhorariam a performance produtiva. O desafio da construção enxuta é eliminar tudo que não agrega valor, reduzindo assim os custos e gerando maior lucro (Tezel, Koskela & Aziz, 2018). Encontra-se na construção civil, muitas atividades entendidas como não geradoras de valor, tais como movimentos e transportes desnecessários, retrabalhos, entre outros.

Desde o trabalho pioneiro de Koskela (1992), diversos pesquisadores do Brasil (Barth & Formoso, 2020; Borges, 2018; Formoso, Bernardes, Oliveira F.M.N & Oliveira K.A., 1999) e de outros países (Howell, Ballard & Demirkesen, 2017; Koskela, Ferrantelli, Niiranen, Pikas & Dave, 2019; Tezel et al., 2020), têm buscado interpretar os conceitos para o ambiente da construção civil.

Porém, apesar de haver diversas publicações que discutem aplicações dos princípios enxutos no setor da construção civil, o conhecimento e aplicação prática do conceito é ainda baixo nas empresas brasileiras. Em uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2019) em 443 empresas do setor da construção civil no Brasil, buscou-se conhecer o emprego atual das ferramentas e técnicas do sistema de produção enxuta. Dentre os resultados obtidos, foi possível verificar que além de haver

uma baixa aplicação destas ferramentas e técnicas enxutas entre as empresas da construção civil brasileiras, estas são usadas principalmente de forma isolada, ou seja, em partes da empresa ou em partes do processo produtivo da obra. Adicionalmente, mais da metade das empresas pesquisadas não utiliza nenhuma ou utiliza de 1 a 3 técnicas das 15 pesquisadas (de forma isolada ou completa). As empresas que utilizam 10 ou mais técnicas são apenas 12%. Assim, percebe-se que a aplicação das ferramentas e técnicas de produção enxuta nas construtoras brasileiras pode aumentar.

Neste sentido, o objetivo geral desta pesquisa é investigar quais princípios e técnicas de gestão são adotados nas construtoras analisadas, com ênfase na filosofia *Lean Construction* (construção enxuta).

Esta pesquisa justifica-se pela atualidade e relevância do tema, uma vez que a maioria das empresas do setor da construção civil são suscetíveis a desperdícios, de material ou mão de obra, bem como gastos e atrasos, gerando ineficiência do projeto (Aziz & Hafez, 2013; Bajjou, Chafi, & En-nadi, 2017; De Filippi, 2017). Estas melhorias são de suma importância, pois vários estudos de diferentes países confirmaram que o desperdício/atividades sem valor agregado na indústria da construção representam uma porcentagem relativamente grande do custo de produção. Como exemplo, Aziz e Hafez (2013) citam que o custo do retrabalho em projetos de construção tem sido relatado como sendo de até 35% do custo total do projeto. Esse fator permite concluir que inovações na forma de gestão podem contribuir significativamente no setor da construção civil.

Este trabalho está organizado em 5 seções, incluindo a presente introdução. Na seção 2, é apresentada a revisão bibliográfica sobre a gestão da construção, bem como conceitos, ferramentas e técnicas que compõem a construção enxuta. O método científico utilizado é discutido na seção 3. Os resultados dos estudos de caso realizados nas construtoras são apresentados na seção 4. Por fim, na seção 5, encontra-se a discussão de resultados e considerações finais, e em seguida, agradecimentos e referências bibliográficas.

3.2 Revisão bibliográfica

3.2.1 A gestão da construção e a Construção Enxuta

De acordo com Covello (2017), a gestão da construção civil pode passar por diversas fases, tais como coordenação de projetos, engenharia, gestão da produção, comissionamento e controle, o que torna esta atividade bastante complexa. O estudo de

Magalhães, Mello e Bandeira (2015) mostra que, muitas vezes, o setor de planejamento e controle de obras é isolado dentro das empresas, possuindo departamentos não integrados aos demais, como orçamentos, suprimentos e projetos. Adicionalmente, o controle é utilizado para comparar o planejado e o executado, não sendo uma ferramenta para tomada de decisão. Ações corretivas visando manter o cronograma dentro do previsto e análise das causas das falhas não estão presentes nas construtoras investigadas pelos autores. Assim, Borges (2013) destaca que um diagnóstico correto das informações é essencial para conduzir o gestor de projetos civis a aperfeiçoar o desenvolvimento do projeto e otimizar os recursos nas atividades.

De acordo com Aziz e Hafez (2013), o custo do retrabalho em projetos de construção tem sido relatado como sendo de até 35% do custo total do projeto. Esse fator permite concluir que inovações na forma de gestão podem contribuir significativamente no setor da construção civil, tais como a construção enxuta, foco deste trabalho. A construção enxuta é, segundo Bertelsen e Koskela (2004), um novo entendimento da construção como um tipo especial de produção. É derivado das ideias do sistema Toyota de produção, com a aplicação e adaptação das técnicas do pensamento enxuto na gestão dos processos da construção civil, observando suas particularidades (Koskela et al., 2019).

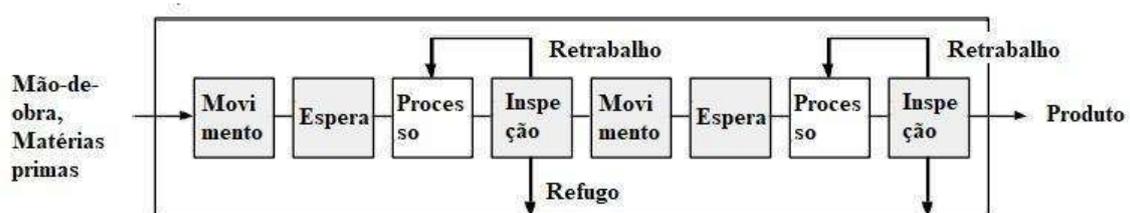
O marco inicial da construção enxuta é a publicação de Koskela (1992), um estudioso finlandês, que desafia os profissionais da construção civil a pensarem em conceitos como fluxo e geração de valor, em uma indústria conhecida por seus altos custos (com altos índices de desperdício de material e baixa qualidade) e baixa produtividade, devido à baixa qualificação e à alta rotatividade de mão-de-obra (Lorenzon & Martins, 2006). Após a publicação de Koskela (1992), vários estudiosos passaram a pesquisar a aplicação das filosofias nas empresas. Mais recentemente, autores também têm estudado a associação da filosofia com outras práticas de gestão, tais como a sustentabilidade (Abd Jamil & Fathi, 2016; Khodeir & Othman, 2016), gestão do conhecimento (Saini, Arif & Kulonda, 2017; Zhang & Chen, 2016), bem como a disseminação da filosofia através de pesquisas dedicadas especificamente a estratégias de ensino da construção enxuta, como por exemplo, jogos de aprendizado (Brioso, 2015; Lehtovaara, Seppänen & Peltokorpi, 2019).

Formoso (2009) aponta que a diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a Produção Enxuta é principalmente conceitual. A mudança mais importante para a implantação do novo paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os

processos. A visão tradicional da produção vê o processo produtivo como uma conversão de um *input* (matérias-primas, trabalho) em um *output* (produto), dividido hierarquicamente em subprocessos. O valor do produto está associado somente ao custo dos seus insumos. Nesta visão, qualquer ação que possibilita uma redução de custos em um subprocesso, permite uma redução dos custos totais do processo. Tal modelo é irreal, e conforme se aumenta a complexidade do processo, o tamanho do fluxo e da organização, os problemas começam a aparecer (Koskela, 1992).

Enxergar a produção como um simples modelo de conversão, não considera que há atividades que não agregam valor ao produto, como é abordado pela filosofia da Produção Enxuta, ou seja, não se considera os requisitos do cliente. No Modelo de Fluxo de Conversão, Koskela (1992) define que a produção é um fluxo de materiais e/ou informações desde a matéria-prima até o produto acabado. Nesse fluxo, o material pode estar sendo processado, inspecionado ou movimentado, ou ainda estar esperando pelo processamento, inspeção ou movimentação, como se pode observar na Figura 4. Tais atividades às quais o material pode ser submetido são inerentemente diferentes. O processamento representa o aspecto de conversão do sistema de produção; a inspeção, a movimentação e a espera representam os aspectos de fluxo da produção que não agregam valor ao produto, em cinza na Figura 4. Os processos referentes a fluxos podem ser caracterizados por tempo, custo e valor. Valor refere-se ao atendimento das necessidades dos clientes. Em grande parte dos casos, somente as atividades de processamento proporcionam a agregação de valor ao produto.

Figura 4 - Modelo de fluxo de conversão



Fonte: Koskela (1992)

Então, como descreve Ribeiro (2015), a construção enxuta é um processo representado por um fluxo de conversão, constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente, implicando que um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias-primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos.

No intuito de estabelecer diretrizes para a definição do fluxo de processo e possíveis melhorias a ser implantadas, Koskela (1992) define um conjunto de onze princípios para a gestão de processos na indústria civil, quais sejam: 1) reduzir as quotas de atividades que não agregam valor; 2) aumentar o valor da saída ou produto através da consideração sistemática das exigências do cliente; 3) reduzir a variabilidade; 4) reduzir o tempo de ciclo; 5) simplificar minimizando o número de passos, peças e ligações; 6) aumentar a flexibilidade da saída; 7) aumentar a transparência do processo; 8) focar no controle no processo global; 9) construir a melhoria contínua no processo; 10) balancear as melhorias no fluxo com as melhorias de conversão; 11) *Benchmarking*.

3.2.2 Ferramentas e técnicas da Construção Enxuta

Desde que Koskela adaptou os princípios do Sistema Toyota de Produção para a Construção Civil, muitas ferramentas do pensamento enxuto foram adequadas e até novas foram criadas para possibilitar a aplicação da filosofia no setor.

Nesse sentido, a construção enxuta possui uma série de ferramentas e técnicas que auxiliam sua adoção e cujos benefícios decorrentes de sua aplicação incluem a melhoria da qualidade, a diminuição dos desperdícios, o aumento na produtividade da mão de obra, satisfação do cliente, redução do tempo de construção, o aumento na segurança e saúde no trabalho, entre outras vantagens (Enshassi, Saleh & Mohamed, 2019; Sarhan, Xia, Fawzia & Karim, 2017; Wu, X., Yuan, Wang, Li, & Wu, G., 2019).

Na literatura, foi possível verificar que há trabalhos que investigam e descrevem apenas uma ou duas ferramentas e técnicas (El-Sabek & McCabe, 2018; Liu & Shi, 2017; Perez & Gosh, 2018) até autores que apresentam uma extensa lista das mesmas, como Carvajal-Arango, Bahamón-Jaramillo, Aristizábal-Monsalve, Vásquez-Hernández, & Botero (2019), que categorizaram em seu trabalho 78 ferramentas e práticas aplicadas na construção enxuta.

Conforme já mencionado, na pesquisa realizada pelo CNI (2019), verificou-se que dentre as técnicas mais utilizadas no Brasil estão o Trabalho Padronizado (68% das empresas) e o Programa 5S (60% das empresas). Estas foram citadas por mais da metade das empresas investigadas.

Recentemente, Ferreira, Fiuza e Oliveira (2020) realizaram uma revisão sistemática da literatura internacional no período de 2015 - 2019, com o intuito de identificar e categorizar as diferentes ferramentas e técnicas da construção enxuta mais comumente mencionadas na literatura. Para tanto, as autoras selecionaram 41 artigos com

foco na pesquisa, onde cinco correspondem às revisões teóricas e sistemáticas sobre o tema, enquanto os demais apresentam o desenvolvimento de algum estudo empírico, realizado principalmente através de estudos de caso, *surveys* e aplicações de questionários. Baseado na análise destes artigos, as autoras realizaram um agrupamento e análise de todas as ferramentas identificadas nos artigos presentes na seleção, no intuito de verificar quais delas têm sido mais comumente indicadas e/ou pesquisadas nestes últimos anos. Destas, as 10 primeiras ferramentas e técnicas mais citadas na literatura e identificadas pelas autoras foram adotadas neste estudo (Tabela 3).

Tabela 3 - Ferramentas e técnicas mais comumente citadas

Classificação	Ferramentas e Técnicas Lean	Número de citações
1	Last Planner System (LPS)	23
2	BIM	13
3	5S	11
4	Mapeamento de fluxo de valor	10
5	Poka-Yoke	10
6	Gestão visual	10
7	Just in Time	8
8	Kanban	8
9	Trabalho padronizado	8
10	Reuniões diárias	7

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2020)

O Quadro 2 apresenta uma definição resumida de cada uma das 10 ferramentas e técnicas identificadas na Tabela 3.

Quadro 2 - Definição das ferramentas e técnicas

Ferramenta	Definição	Referências
Last Planner System (LPS)	Sistema de planejamento e controle desenvolvido a fim de tornar o plano de construção ágil e flexível.	El-Sabek e McCabe (2018)
BIM	Modelo digital do projeto de construção comum a todos envolvidos.	Alvarenga, Silva & Mello (2017)
5S	Cinco conceitos japoneses para otimização do local de trabalho.	Wu et al. (2019)
Mapeamento de fluxo de valor	Elaboração de um “mapa” que mostra todo o fluxo de materiais e/ou informações da obra.	Euphrosino et al. (2019)
Poka-Yoke	Dispositivos com a finalidade de evitar que erros aconteçam.	Memon et al. (2019)
Gestão visual	Sistema de gestão no qual a informação é comunicada por meio de sinais visuais.	Majava et al. (2019)
Just in Time	Materiais ou equipamentos estarem disponíveis somente quando necessário.	Bajjou, Chafi, & En-nadi (2017)
Kanban	Sistema de controle de qualidade no qual as informações são transportadas ao longo do processo de produção, geralmente na forma de placa ou cartões.	Liu e Shi (2017)
Trabalho padronizado	Padronização do trabalho.	Memon et al. (2019)
Reuniões diárias	Reuniões diárias com a equipe para maior envolvimento.	Memon et al. (2019)

Fonte: elaborado pelas autoras

Assim, buscou-se verificar se estas dez ferramentas e técnicas eram conhecidas e/ou utilizadas pelas construtoras selecionadas nesta pesquisa e, se haviam outras além destas dez, que eram adotadas pelas construtoras.

3.3 Método científico

A abordagem de pesquisa escolhida para este trabalho é qualitativa e o método adotado é o estudo de caso, realizado em nove construtoras localizadas em uma cidade do interior de Minas Gerais. Segundo Yin (2001, p.32), “um estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando os limites entre fenômeno e contexto não estão claramente definidos”. O foco desta pesquisa é direcionado para a situação presente, ou seja, a análise dos métodos de gestão adotados nas construtoras, com foco nas práticas da construção enxuta.

Os estudos de caso desenvolvidos nesta pesquisa são de natureza exploratória, pois apesar de haver estudos sobre aplicação de práticas de produção enxuta nos mais diferentes setores da indústria no Brasil e no mundo, a adoção dos princípios e técnicas da construção enxuta em construtoras brasileiras é ainda pouco explorada. Para tanto, um questionário semi-estruturado (com perguntas abertas e fechadas) foi elaborado a partir

dos objetivos deste trabalho e através das informações coletadas na revisão bibliográfica e em entrevistas já realizadas previamente. As entrevistas foram realizadas com os proprietários e/ ou responsáveis pela gestão de obras nas construtoras selecionadas e aconteceram nos meses de maio a junho. Devido à pandemia do Covid-19, as entrevistas tiveram que ocorrer de duas formas.

A primeira foi a realização de entrevistas semi-estruturadas online com os gestores que se dispuseram a responder às questões dessa forma. Este tipo de pesquisa possibilitou flexibilidade para captar maiores detalhes sobre as atividades de gestão realizadas nas construtoras analisadas, procurando detectar as principais estratégias adotadas. A segunda forma de realização foi o envio do questionário por e-mail para que as questões fechadas fossem selecionadas. Em relação às abertas, solicitou-se aos entrevistados que gravassem as respostas por áudio e enviassem online (*Whatsapp*) para que pudesse ser captado maiores detalhes e informações.

Para a seleção das empresas, buscou-se inicialmente as construtoras com registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG). Para tanto, uma solicitação foi enviada ao CREA pelo Portal da Transparência, disponível na página do conselho, na opção Sistema Eletrônico de Serviço de Informações ao Cidadão (e-SIC), que permite que qualquer pessoa jurídica ou física, encaminhe pedidos de acesso à informação a este conselho. Dessa forma, foi solicitado a relação de todas as construtoras cadastradas no CREA-MG que estivessem localizadas na cidade a ser investigada. Essa cidade foi escolhida devido à facilidade de acesso dos pesquisadores. A lista fornecida pelo CREA- MG apresentava 158 empresas registradas no setor de construção civil, uma vez que elas não dispunham a informação de quais delas atuavam especificamente como construtoras. Assim, no intuito de identificar quais destas empresas eram construtoras, foram realizadas três etapas de investigação. A primeira consistiu em buscas iniciais na internet e consultas com profissionais locais da área da construção civil em que foi possível verificar que 99 empresas não se relacionavam com o objeto desta pesquisa, que são as empresas responsáveis pela gestão e elaboração de obras na construção civil. As empresas excluídas nesta etapa realizavam outras atividades, tais como estudos geológicos, montagem e instalação de sistemas e equipamentos de iluminação, mineração, dentre outros segmentos da construção civil. Dessa forma, a lista inicial foi reduzida para 59 empresas.

No segundo refinamento, buscou-se estabelecer contato com as empresas da lista resultante. Para tanto, foram realizadas buscas mais aprofundadas na internet, lista

telefônica e consulta do CNPJ. O site da Receita Federal permite que se faça consulta do CNPJ e emita o Comprovante de Inscrição e Situação Cadastral de Pessoa Jurídica, onde foi possível verificar a situação cadastral das empresas e em algumas, o telefone e endereço eletrônico. Como resultado dessa consulta, foram eliminadas 4 empresas baixadas por encerramento para liquidação voluntária, 1 empresa inativa (sem movimentação alguma durante todo o ano-calendário) e 1 inapta (deixou de cumprir as devidas obrigações). Outras 8 empresas foram descartadas por não ter sido encontrada nenhuma forma de contato, o que traz indícios que estas empresas também estejam inativas. Dessa forma, restaram 45 empresas.

Na terceira e última etapa, foram realizados contatos telefônicos, envio de e-mails e busca de contatos dos proprietários das empresas resultantes via *Linkedin*. Destas, 36 empresas foram excluídas pelos seguintes motivos: 8 não eram construtoras; 21 não se conseguiu nenhum retorno (mesmo após 10 tentativas de contato telefônico em dias alternados e envio de e-mails); 7 aceitaram responder o questionário inicialmente, porém não responderam contatos subsequentes ou não tinham disponibilidade no período em que as entrevistas foram realizadas. Dessa maneira, 9 construtoras estavam aptas e participaram da pesquisa de campo.

3.4 Apresentação dos resultados

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos nas pesquisas de campo, onde são destacadas as principais características das empresas analisadas, os métodos de gestão da construção adotados nas construtoras investigadas e, por fim, a análise do conhecimento e utilização das ferramentas e técnicas da construção enxuta nestas empresas.

3.4.1 Caracterização das empresas

Conforme já mencionado, todas as empresas participantes estão localizadas no interior de Minas Gerais. Por questão de sigilo, as construtoras serão denominadas C1 a C9. Com exceção das construtoras C5, C6 e C7, todos os respondentes são proprietários das construtoras investigadas. Os respondentes das construtoras C1, C2, C6 e C8 possuem mais de 20 anos de experiência profissional no ramo civil, seguido pelos entrevistados das construtoras C4 e C9, entre 16 e 20 anos, e os respondentes das demais construtoras, que possuem menos de 10 anos de experiência profissional. Com exceção das construtoras C2 e C9, todos os respondentes possuem formação superior completa. No

Quadro 3, é apresentada uma síntese sobre o perfil dos entrevistados e caracterização das construtoras investigadas.

Quadro 3 - Perfil dos entrevistados e caracterização das organizações

Características / Construtoras	Perfil dos respondentes			Caracterização das construtoras		
	Posição do entrevistado na organização	Tempo de experiência profissional (anos)	Grau de escolaridade (completo)	Ano de fundação da empresa	Funcionários diretos e indiretos	Principais áreas de operação
C1	Proprietário	Mais de 20	Superior	2005	8 diretos	- Residenciais
C2	Proprietário e Gerente geral	Mais de 20	Fundamental	2011	8 diretos 7 indiretos	- Residenciais - Edifícios não residenciais
C3	Proprietário	6-10	Superior	2018	6 diretos	- Residenciais
C4	Proprietário e Engenheiro	16-0	Superior	2007	6 diretos 7 indiretos	- Residenciais - Edifícios não residenciais - Pesada - Industrial
C5	Engenheiro	6-0	Superior	1988	250 diretos 35 indiretos	- Residenciais - Pesada - Industrial
C6	Administrador	Mais de 20	Superior	2011	25 diretos 35 indiretos	- Residenciais - Edifícios não residenciais
C7	Gerente e Arquiteto	0-5	Superior	1993	80 diretos 50 indiretos	- Residenciais - Edifícios não residenciais
C8	Proprietário e Engenheiro	Mais de 20	Superior	2006	15 diretos 3 indiretos	- Residenciais - Edifícios não residenciais
C9	Proprietário	16-20	Ensino Médio	2009	30 diretos 20 indiretos	- Residenciais - Edifícios não residenciais

Fonte: elaborado pelas autoras

Em relação às características das construtoras, é possível verificar que há desde construtoras fundadas recentemente a construtora com mais de 30 anos de atuação. A empresa mais antiga é a que também possui maior número de funcionários diretos (250 funcionários), seguida pelas construtoras C7, C9 e C6, que possuem 80, 30 e 25 respectivamente. As demais possuem entre 6 e 8 funcionários diretos. Em relação aos funcionários indiretos também há bastante variação, de 7 a 50 funcionários. Para classificar o porte das empresas, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2017) utiliza como base pesquisas divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para determinar o número de empregados. Dessa forma, empresas com até 19 empregados são consideradas microempresas, de 20 a 99 pequena, de 20 a 99 média e acima de 100, é considerada grande porte. Assim, identificou-se que 5 das construtoras investigadas são micro, 3 pequeno porte e 1 médio porte.

Para identificação das áreas de operação das construtoras investigadas, a classificação proposta por Vieira (2006) foi adotada como referência, qual seja: 1) construção industrial (montagem industrial) - responsável pela montagem de estruturas metálicas nos vários setores industriais, sistemas de geração de energia, de comunicações e de exploração de recursos naturais; 2) construção pesada (construção de engenharia) - construção de infraestrutura de transportes, energia, telecomunicações e saneamento; e 3) edificações (construção de edifícios), que, nesta pesquisa, esta foi subclassificada em: construções residenciais (residência unifamiliar, residência multifamiliar, edifícios de apartamentos, condomínios); e construção de edifícios não residenciais (escolas, universidades, hospitais, edifícios comerciais e escritórios, depósitos). Baseado na resposta dos entrevistados, foi possível verificar que todas as construtoras atuam em construções residenciais e a maioria, em edifícios não residenciais. Adicionalmente, duas construtoras realizam obras de construção pesada e industrial (C4 e C5), e somente a construtora C4 opera em todas as áreas.

3.4.2 Gestão da construção nas empresas

Em relação à gestão das construções, foram realizadas questões abertas no intuito de entender quais os métodos e técnicas de gestão da construção são adotados nas construtoras investigadas, bem como as tecnologias mais utilizadas.

De forma geral, foi possível verificar que a maioria das construtoras investigadas não possuem uma metodologia estruturada para gestão das construções, baseando-se esta gestão principalmente na experiência dos gestores. O planejamento é realizado, na maioria dos casos, pelos próprios proprietários. Algumas construtoras (C5, C7 e C8) têm adotado maior número de ferramentas e técnicas da construção enxuta. Porém, esta adoção é realizada, em maior parte, de maneira isolada e intuitiva, ou seja, ainda não faz parte de um plano de adoção da filosofia enxuta em toda empresa. Quanto às tecnologias, de modo geral, as planilhas de Excel são as mais utilizadas pelas construtoras para controle das obras. Algumas construtoras utilizam tecnologias específicas para planejamento, como por exemplo, softwares específicos para cálculos de estruturas, MS Project e BIM.

Os respondentes das construtoras C1 e C2 destacaram que, por serem microempresas, são responsáveis por toda a gestão das obras desde a compra dos terrenos até a venda das obras finalizadas. A construtora C1 destacou que os projetos, a compra de materiais, gerenciamento de preços, encomendas de produtos pré-fabricados e controle

de obras são exemplos de atividades realizadas pelos próprios proprietários sem um planejamento específico. Quando não executam algum tipo de projeto, contratam este serviço de terceiros. Quanto à tecnologia, utiliza planilhas do Excel para controles de custos, gastos e recursos e o programa específico *Cypecad*, para cálculo das estruturas de concreto armado e metálicas. Já a construtora C2 informou que o método de trabalho se caracteriza pelo remanejamento de funcionários mediante necessidade. Quando mais de uma obra é realizada ao mesmo tempo, o proprietário, que também é o mestre de obras, intercala os trabalhadores nas diferentes etapas da construção. O entrevistado destacou também que não é adepto ao uso de tecnologias, adotando apenas anotações diárias no computador, como, por exemplo, o registro de dias e horas trabalhadas pelos funcionários em determinada obra, para fazer um balanço no final de cada uma delas. Outros serviços tais como, registro contábil, contratos, planilhas de preços, são terceirizados para contabilidade ou o profissional mais adequado. As construtoras C3 e C4 não destacaram o uso de nenhum método ou técnica específica para gestão da construção em suas empresas. Já em relação às tecnologias, a construtora C3 vem adotando o BIM em toda empresa.

A construtora C6, por sua vez, possui o planejamento e controle de todas as obras realizadas exclusivamente pelo entrevistado, que é responsável também pela aquisição de materiais e contratação de funcionários na parte burocrática (a escolha destes é designado aos encarregados). Em geral, a construtora realiza simultaneamente um valor máximo de quatro obras, já que o administrador ressalta que faz o possível para presenciar todas elas por dia. Em relação aos estoques, a construtora procura reduzir ao máximo, como também os funcionários ociosos. Foi destacado ainda pelo entrevistado que as perdas são grandes nas obras, portanto, a construtora trabalha em busca da redução dos custos fixos. Como tecnologias, a construtora utiliza Excel, *Cypecad* para cálculo de estruturas e AutoCAD. Já a construtora C9, destacou apenas que sua gestão é realizada por divisão horizontal (que é caracterizada pela autonomia dos colaboradores, sendo decisões tomadas em equipe e incentivo a posicionamentos) e que há reuniões semanais. As tecnologias utilizadas nessa construtora são programas básicos de informática como Excel, MS Project e Orçafascio (*software* de orçamento de obras).

Dentre as construtoras investigadas, a busca por métodos e técnicas de planejamento e controle das obras mais estruturadas e sistematizadas, bem como a adoção de tecnologias mais específicas para gestão das construções foi verificada nas empresas C5, C7 e C8. A construtora C5 parece ser a mais estruturada em relação à gestão dos

processos construtivos. Possui um sistema de gestão integrado de todos os projetos. Esse sistema consiste em um conjunto de normas e instruções internas para gerir os negócios da empresa. No âmbito das obras, faz uso das ferramentas de planejamento para gerenciar custos, compras, pessoas e relações com os clientes. Na medida que os projetos avançam, acompanhamentos semanais são realizados para monitoramento de todos os indicadores, sejam de custos, segurança, saúde, meio ambiente e qualidade. As informações são obtidas por um banco de dados consolidado e a partir de então, são traçadas metas de consumo, faturamento e histograma de recursos. São utilizados *softwares* como o TOTVs, VOLARE, MS Project e o sistema BIM.

Outra construtora que também tem buscado inovar seus métodos de gestão é a C7, que apresentou mais detalhes de como é realizada a gestão da construção de suas obras, as técnicas e tecnologias utilizadas na empresa e os motivos para adoção. Em relação aos métodos e técnicas de gestão de obras adotados pela construtora, e mais especificamente os relacionados à filosofia enxuta, foi destacado que esta formalização é advinda de um processo de busca da certificação da NBR ISO 9001, que ocorreu há alguns anos na construtora e foi abandonada esse ano em detrimento do custo relativamente alto que os clientes não pagavam. Porém, os processos envolvidos foram continuados. A construtora informou que possui um controle de viabilidade, controle no planejamento, na execução, na entrega e pós-obra. No planejamento, há um controle dos projetos, saídas e alterações (toda alteração é remetida a uma planilha até chegar na obra). Assim, antes do início das atividades, é realizado um mapeamento do canteiro de obras desenhado pelos arquitetos, tais como banheiros, vestiários e maquinários, que são todos alocados em locais específicos para serem os mais próximos possíveis e facilitar a gestão de materiais. Um controle muito rigoroso da modularidade do projeto é realizado como, por exemplo, para saber a quantidade de cortes de tijolos. Todo processo é remetido ao sistema integrado BIM e ao engenheiro estrutural para não ocorrer muitas mudanças no momento da execução. Na parte de compras, há um controle do armazenamento e compras conforme as normas da NBR. No controle da execução, é elaborado o mapa da concretagem. Assim, o concreto é ensaiado e, após 30 dias, é verificado a procedência: se foi atingido o f_{ck} (resistência característica à compressão do concreto) nominal e se não, identifica-se a área mapeada para possíveis melhorias. O controle dos processos é realizado por um técnico específico que acompanha e quando algo não está correto, uma não conformidade é gerada. Dessa forma, anualmente, é realizada uma reunião com a diretoria para comunicar e analisar os dados dessas não conformidades, o que foi corrigido e o que não foi

corrigido. Nessa reunião, também é retrabalhada a matriz SWOT. A avaliação da gestão da empresa é baseada nos indicadores de qualidade. Os indicativos pós-obra são acompanhados através dos indicadores de qualidade, número de correções e quais os tipos de correção, até mesmo para voltar no processo de execução e aprimorar o procedimento. Assim, os métodos de gestão detalhados foram considerados pelo entrevistado como procedimentos que fazem da construção o mais seguro possível e trazem maior qualidade para os processos e clientes, como também segurança na parte jurídica, pois os clientes podem comprar algo na planta com a incorporação e isso é formalizado, diminuindo os riscos. No quesito sustentabilidade, existe na construtora a política de fomentação dos materiais da região, utilizando mão de obra também local.

Em relação às tecnologias utilizadas pela construtora C7, destacou-se o crescente interesse nos últimos anos, pois sempre pensavam na construção como uma forma manual, um trabalho artesanal que aceita um pouco de erros. Porém, mais recentemente, implantaram o sistema BIM, que permitiu mudanças significativas no controle e planejamento de obras na empresa. Foi ressaltado ainda que, devido à pandemia, a empresa tem buscado conhecer outras tecnologias de informação e produção. Recentemente, introduziram novos maquinários, como maquinário de reboco projetado, trazendo um processo mais industrializado, com maior qualidade para os processos e clientes.

Por fim, dentre as construtoras que se percebeu buscar mais métodos de gestão estruturados, destaca-se a construtora C8, que utiliza ferramentas de informática, CAD, programa de controle financeiro e um programa específico para cálculo estrutural. Nas obras de construção de casas e apartamentos, realizam a compra de alguns produtos pré-fabricados. Para um projeto futuro, o proprietário e também engenheiro, está viabilizando a compra de um software para cálculo de *steel frame* e pretende construir toda a obra com esse sistema construtivo

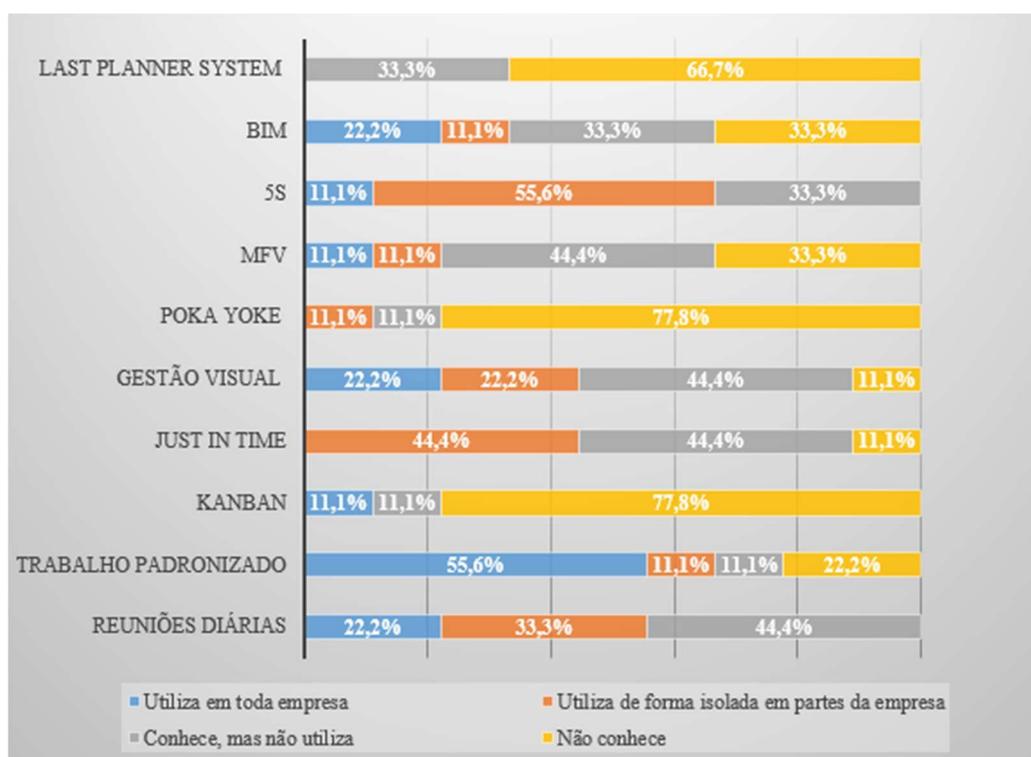
3.4.3 Ferramentas e técnicas da Construção Enxuta

Em relação às ferramentas e técnicas adotadas na construção enxuta, foi questionado aos entrevistados se os mesmos tinham algum conhecimento sobre a aplicação da filosofia enxuta na construção civil e como é realizado o tratamento de perdas em suas construtoras. Destes, 78% responderam positivamente, ou seja, já ouviram falar sobre a filosofia e 22%, nunca tiveram conhecimento sobre a mesma antes. Sobre as

perdas, 33% das construtoras alegam sempre identificar as perdas e avaliar os custos e 67% responderam que identificam as perdas, mas não avaliam os custos.

Adicionalmente, foi apresentado aos entrevistados uma lista com as 10 ferramentas e técnicas mais comumente citadas na literatura internacional conforme revisão sistemática realizada por Ferreira et al. (2020), com uma breve explicação sobre cada uma delas. Em seguida, foi solicitado aos respondentes que nos informassem se: as utilizam em toda empresa; utilizam de forma isolada em partes da empresa; conhecem, mas não utilizam; ou não conhecem. Adicionalmente, foi solicitado aos entrevistados que se caso adotassem outras, além destas 10 citadas, que fossem relatadas. No Gráfico 1, são apresentados os resultados.

Gráfico 1 - Nível de conhecimento das práticas de construção enxuta nas construtoras



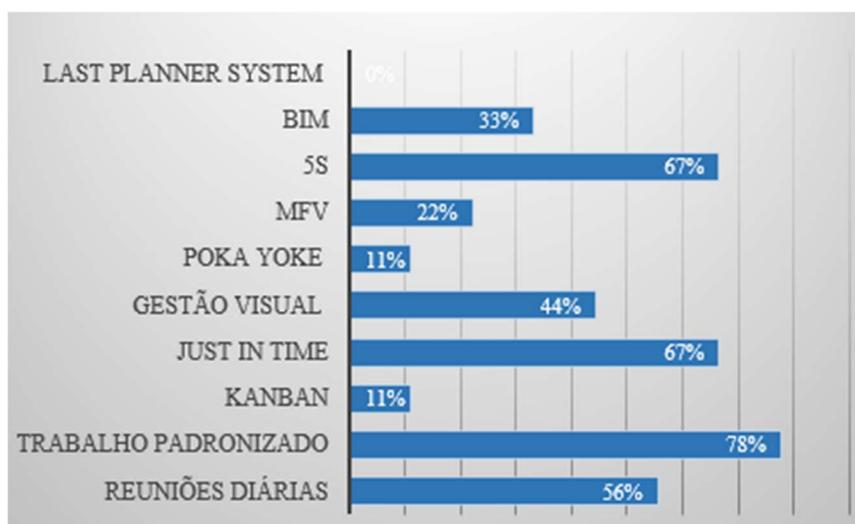
Fonte: elaborado pelas autoras

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 1, a maioria das ferramentas e técnicas da construção enxuta são pouco conhecidas e/ou utilizadas pelas construtoras. Dentre as mais adotadas em toda empresa estão Trabalho Padronizado, adotado por 55,6% das construtoras investigadas, seguido do BIM, Gestão Visual e reuniões diárias (22,2% cada uma). As ferramentas mais utilizadas de forma isolada em partes da empresa são 5s, adotada por 55,6% das construtoras, e em seguida *just in time* e reuniões diárias, respectivamente utilizados por 44,4% e 33,3% das construtoras.

Pode-se perceber que as ferramentas mais conhecidas (sendo utilizadas ou não pelas construtoras) são 5s e reuniões diárias (100% das empresas). Dentre as menos conhecidas estão *kanban* e *poka yoke*, ambas 77,8% das construtoras não conhece, seguido do *last planner system*, não sendo conhecido por 66,7% das construtoras. Adicionalmente, nenhuma construtora mencionou aplicar outra técnica ou ferramenta enxuta, além das dez apresentadas.

No Gráfico 2, é possível visualizar o somatório do uso de forma isolada ou completa das técnicas da construção enxuta.

Gráfico 2 - Uso (de forma isolada ou completa) das ferramentas e técnicas da construção enxuta

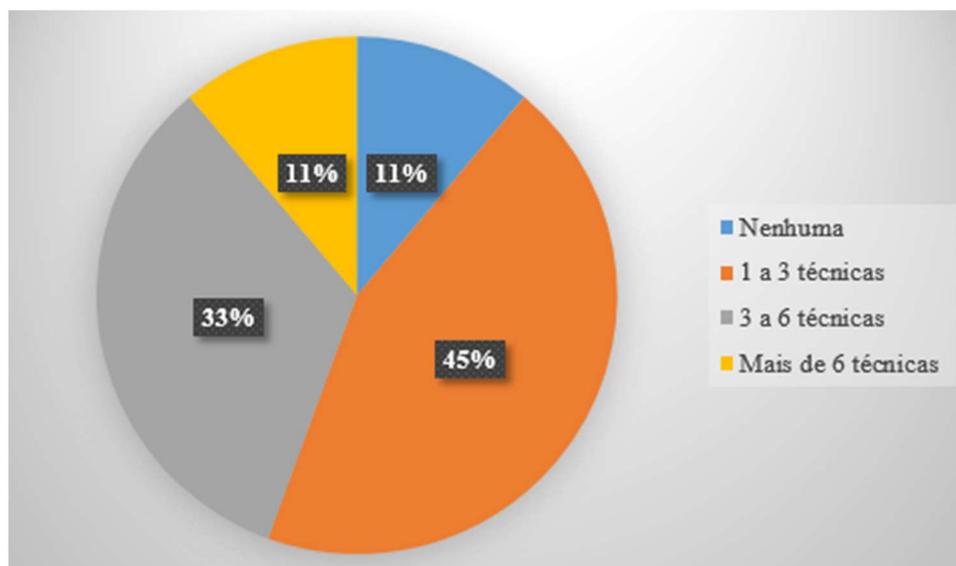


Fonte: elaborado pelas autoras

Ao analisar a utilização das ferramentas e métodos de forma isolada ou completa, foi possível verificar que o trabalho padronizado é o mais utilizado (77,8% das construtoras), seguido pelo 5S e *just in time*, (ambas adotadas por 66,7% das construtoras). Em seguida, reuniões diárias e gestão visual, são adotadas por 55,6% e 44,4% das construtoras, respectivamente. As 5 técnicas restantes são utilizadas por menos de 40% das construtoras, sendo que *last planner system* não é utilizado por nenhuma delas.

O número de técnicas e/ou ferramentas adotadas por construtoras (de forma isolada ou completa), por sua vez, pode ser visualizado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Quantidade de ferramentas utilizadas (de forma isolada ou completa) pelas empresas



Fonte: elaborado pelas autoras

Conforme é possível visualizar no Gráfico 3, do total de construtoras, 11% não utiliza nenhuma técnica da construção enxuta e 45% utiliza de 1 a 3 técnicas. Aproximadamente, 33% utiliza de 3 a 6 técnicas e somente 11% utiliza mais de 6. Assim, considerando as empresas que não utilizam nenhuma ou utilizam de 1 a 3 ferramentas, percebe-se que somam mais da metade das construtoras (56%). Esse resultado mostra um baixo número de técnicas enxutas adotadas pelas construtoras investigadas.

Adicionalmente, buscou-se investigar quais foram os principais fatores que levaram à adoção de ferramentas e técnicas da construção enxuta, seja de maneira isolada (em partes da empresa) ou completa (em toda empresa). No Gráfico 4, pode-se observar os percentuais de respostas das empresas:

Gráfico 4 - Fatores que levaram à adoção de técnicas e ferramentas da construção enxuta



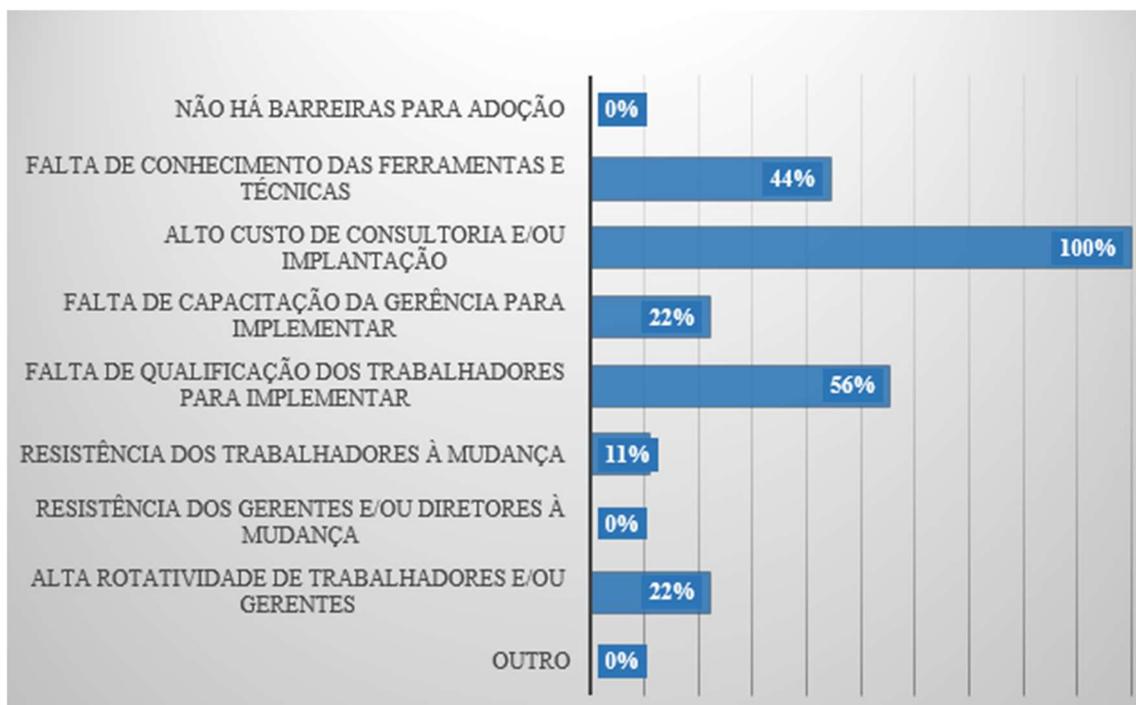
Fonte: elaborado pelas autoras

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 4, ao adotar ferramentas e técnicas da construção enxuta, as construtoras buscam, principalmente, “aumentar a produtividade” e “reduzir desperdícios, defeitos e retrabalhos”. Esses fatores foram apontados como as principais razões para adoção das ferramentas, apontados por 44% das empresas. Em seguida, aumentar a qualidade de produtos e serviços” e “melhorar a segurança e ergonomia do trabalhador”, são destacados por 33% das construtoras. Outro fator mencionado por 11% das construtoras (construtora C7) foi a busca por redução dos prazos de entrega.

Adicionalmente, embora 44% das construtoras destaquem não adotar ferramentas e técnicas da construção enxuta, ao analisar o Gráfico 3, é possível verificar que apenas 11% não utilizam nenhuma. Essa diferença corrobora com o que foi destacado por alguns entrevistados, muitas vezes as práticas são adotadas de maneira intuitiva e isolada na empresa, porém sem o reconhecimento por ferramentas e técnicas dentro da filosofia de gestão enxuta.

As principais barreiras verificadas pelas construtoras à adoção das ferramentas e técnicas da construção enxuta são apresentadas no Gráfico 5:

Gráfico 5 - Barreiras que dificultam a adoção das ferramentas e técnicas da construção enxuta



Fonte: elaborado pelas autoras

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 5, na visão das construtoras entrevistadas, a principal barreira que dificulta a adoção das técnicas da construção enxuta é o "alto custo de consultoria e/ou implantação", sendo apontada por 100% das empresas. Em seguida, "falta de qualificação dos trabalhadores para implementar" e "falta de conhecimento das ferramentas e técnicas" estão em segundo lugar como principais barreiras, sendo apontadas por 56% e 44% das empresas, respectivamente. As barreiras "falta de capacitação da gerência para implementar" e "alta rotatividade de trabalhadores e/ou gerentes" constituem as barreiras menos citadas (ambas com 22%).

Por fim, uma parte do questionário foi destinada às empresas que utilizam os princípios da filosofia da construção enxuta, e não apenas algumas técnicas e ferramentas isoladamente. Somente a construtora C5 relatou aderir a filosofia *lean* em toda empresa há 2 anos, cujos princípios adotados são: reduzir o tempo de ciclo, manter um equilíbrio entre melhorias dos fluxos e conversões e introduzir a melhoria contínua no processo.

3.5 Discussão dos resultados

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitiram verificar que as construtoras investigadas são, em sua maioria, pequenas e microempresas, tendo entre três a mais de trinta anos de atuação no mercado. Em relação aos métodos de gestão adotados por estas construtoras, observou-se a baixa adoção de métodos estruturados e tecnologias para gestão das obras. Isso pode ser parcialmente explicado pelas próprias características da

construção civil que tornam seu processo de gestão mais complexo, tais como as mencionadas por Santos (1999): produto final da construção tem espaço físico imóvel e grande; estações de trabalho movendo-se em torno de um produto fixo; produto único geralmente sob encomenda; clientes com pouca experiência; alto custo de projeto; longo período para projetar; alta parcela de subcontratados. Adicionalmente, Nery, Júnior e Zattar (2018) destacam que o uso das ferramentas e conceitos *lean* em obras é recente se comparado com seu uso na manufatura, e ainda não há a mesma consistência conceitual e metodológica, o que é natural dado o pouco tempo desse uso.

Ainda, é possível observar que a maioria das construtoras estudadas são pequenas e microempresas, geridas pelos próprios proprietários que realizam diversas funções. Assim, devido ao excesso de atividades, seus gestores não têm tempo para elaborar um planejamento e controle de obras estruturado, sendo este, muitas vezes, baseado em suas próprias experiências profissionais. Por outro lado, nas empresas de maior porte, foi possível observar um planejamento um pouco mais estruturado, devido a existência de um maior número de colaboradores e de formações diversas, o que acaba agregando saberes de diferentes áreas de conhecimento.

Baseado nos resultados obtidos, foi possível também verificar que embora ferramentas e técnicas *lean* estejam sendo utilizadas nas construtoras investigadas, não são práticas implementadas dentro de uma filosofia da construção enxuta. Muitas das práticas são adotadas pelas construtoras de maneira isolada e intuitiva, sem fazer parte de planejamento estruturado ou uma filosofia gerencial na empresa, tal como a filosofia *lean*.

Com base na análise das ferramentas e técnicas mais utilizadas pelas construtoras investigadas, foi possível constatar que as mais utilizadas (de forma isolada em partes da empresa ou completa) nas construtoras investigadas são Trabalho Padronizado, 5S e *just in time*. Esse resultado corrobora com a pesquisa feita pela Confederação Nacional da Indústria - CNI (2019) na indústria da construção civil brasileira, realizado com 443 empresas em 2018 e publicado em 2019. De acordo com esse estudo, as duas ferramentas mais utilizadas também eram o 5S e o Trabalho Padronizado. Acredita-se que estas duas sejam as mais utilizadas no Brasil devido à maior facilidade de adoção e disseminação nos programas de qualidade. Porém, em relação à revisão sistemática da literatura internacional realizada por Ferreira et al. (2020) e utilizada como referência nessa pesquisa, *last planner system* foi a técnica mais citada na revisão e uma das menos conhecidas pelas construtoras entrevistadas nesta pesquisa, não sendo utilizado por nenhuma delas. Acredita-se que isto pode ser explicado por ser uma ferramenta que surgiu

em 1992 e começou a ter maior disseminação somente após 1998 (Ballard & Howell, 2003). Além disso, sua aplicação requer que fatores críticos relevantes e evidenciados por Khan e Kim (2016) sejam avaliados, quais sejam: necessidade do envolvimento de muitas partes no projeto durante a implementação, especialmente subcontratados e fornecedores; comunicação e transparência entre os participantes do processo; administração eficiente das informações necessárias para gerar um “ciclo de aprendizado” e tomar ações corretivas e comprometimento excessivo com o trabalho. Como foi detalhado por alguns entrevistados, há uma grande rotatividade de mão de obra e terceirização, o que pode dificultar esse processo. Adicionalmente, grande parte da gestão é realizada por um ou por poucos colaboradores, que executam várias atividades na empresa e muitas vezes não possuem tempo para estudar a aplicação de um sistema complexo como o LPS.

Por fim, cabe destacar que dentre os principais motivos que levaram as empresas investigadas a adotar ferramentas da construção enxuta estão o aumento da produtividade e redução de desperdícios. Porém, as principais barreiras à adoção das ferramentas e práticas associadas a uma filosofia enxuta em toda empresa foram: o alto custo de consultoria e/ou implantação; a falta de conhecimento sobre a filosofia; falta de qualificação dos funcionários e gestores para implementação da mesma, bem como a alta rotatividade de trabalhadores e/ou gerentes neste setor.

3.6 Considerações finais

Essa pesquisa buscou investigar quais princípios e técnicas de gestão da construção, com ênfase na filosofia *Lean Construction* (construção enxuta), são adotados em empresas do setor da construção civil em uma cidade do interior de Minas Gerais. Para tanto, foram realizados estudos de casos em nove construtoras por meio de aplicação de entrevistas semi-estruturadas, em que foi possível identificar e apresentar os principais métodos de gestão da construção, bem como as práticas e ferramentas da filosofia enxuta adotadas pelas mesmas. Adicionalmente, as principais motivações e barreiras à adoção da construção enxuta nestas empresas foram apresentadas.

Como limitações deste trabalho, é possível destacar a dificuldade inicial no processo de triagem e identificação das construtoras presentes na cidade e foco deste trabalho. Conforme já mencionado, a listagem inicial fornecida pelo CREA-MG continha o registro de todas as empresas que atuavam nas mais diversas áreas da construção civil (tais como estudos geológicos, sistemas de segurança eletrônico, urbanização, mineração, dentre outros), não especificando quais delas atuavam como construtoras.

Adicionalmente, o contato com as empresas selecionadas, bem como a realização das entrevistas e coleta de dados se tornou ainda mais difícil devido ao isolamento social imposto pela pandemia da COVID-19, sendo necessário realizá-las de maneira remota.

Como contribuição teórica deste trabalho, destaca-se o levantamento de relevantes referências bibliográficas sobre o tema construção enxuta, bem como a identificação das principais ferramentas e práticas associadas à filosofia enxuta na literatura nacional e internacional.

Como contribuição prática, este trabalho permitiu identificar os métodos de gestão adotados em construtoras brasileiras, sobretudo, micro e pequenas empresas, bem como as práticas *lean* adotadas pelas mesmas. Adicionalmente, foi possível também identificar as principais motivações e barreiras à adoção da filosofia enxuta nestas construtoras. Estes resultados são de suma importância, no intuito de identificar lacunas de pesquisas sobre o tema, barreiras e oportunidades para adoção da construção enxuta nestas construtoras, o que pode contribuir significativamente para melhoria e desenvolvimento social do setor da construção civil no Brasil.

Cabe ainda ressaltar que apesar dos possíveis benefícios da construção enxuta destacados, as construtoras nem sempre têm o conhecimento destes benefícios e a lucratividade que esta filosofia pode trazer. Assim, conforme já mencionado, a falta de conhecimento e capacitação de gestores e funcionários estão entre as principais barreiras à adoção da construção enxuta nas empresas pesquisadas.

Neste sentido, pesquisas adicionais que possam disseminar o conhecimento da filosofia *lean*, bem como os benefícios de sua aplicação são de suma importância para motivar funcionários e colaboradores à adoção desta filosofia. Adicionalmente, pesquisas que possam auxiliar em um melhor entendimento, aprendizado e treinamento dos funcionários sobre a cultura e práticas enxutas podem auxiliar na sua implementação de maneira bem-sucedida. Ainda, uma análise aprofundada das barreiras para uma adequada implantação das técnicas enxutas nas empresas da construção civil pode ser usada para auxiliar profissionais, construtoras e pesquisadores da indústria civil a focar esforços nas questões necessárias para o desenvolvimento de estratégias apropriadas para superar os desafios.

Por fim, ressalta-se também a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a disseminação e aplicação das ferramentas, técnicas e práticas da filosofia *lean* nas empresas do setor da construção civil no Brasil. Dentre estas, destacam-se pesquisas sobre as ferramentas *last planner system*, BIM e *poka-yoke*, que estão dentre as mais citadas na

sistemática da literatura internacional apresentadas por Ferreira et al. (2020) e que ainda são pouco adotadas no Brasil.

3.7 Referências

Abd Jamil, A. H., & Fathi, M. S. (2016). The integration of lean construction and sustainable construction: A stakeholder perspective in analyzing sustainable lean construction strategies in Malaysia. *Procedia Computer Science*, 100, 634-643.

Alvarenga, T. W., da Silva, E. N., & de Brito Mello, L. C. B. (2017). BIM and lean construction: the evolution obstacle in the Brazilian civil construction industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 7(5), 1904-1908.

Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679-695.

Bajjou, M. S., Chafi, A., & En-Nadi, A. (2017). A comparative study between lean construction and the traditional production system. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 118-132.

Ballard, G., & Howell, G. (2003). An update on last planner. In: *Proc., 11th Annual Conf., International Group for Lean Construction*, Blacksburg, VA, USA.

Barth, K. B., & Formoso, C. T. (2020). Requirements in performance measurement systems of construction projects from the lean production perspective. *Frontiers of Engineering Management*, 1-14.

Bertelsen, S., & Koskela, L. (2004, July). Construction Beyond Lean: A new understanding of Construction Management. In: Conference in the international group for lean construction, 12. *Anais [..]*, Elsinore, Dinamarca.

Borges, J. F. B. (2013). Gestão de projetos na construção civil. *Revista Especialize Online Ipog, Goiânia*, 1(5), 1-16.

Borges, M. L. C. (2018). *A aplicação da filosofia Lean Construction em empresas baianas: um estudo comparativo com o cenário brasileiro*. p. 88. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

Brioso, X. (2015). Teaching lean construction: Pontifical Catholic University of Peru training course in lean project & construction management. *Procedia Engineering*, 123, 85-93.

Carvajal-Arango, D., Bahamón-Jaramillo, S., Aristizábal-Monsalve, P., Vásquez-Hernández, A., & Botero, LFB. (2019). Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1322-1337.

Confederação Nacional da Indústria. (2019). *Sondagem especial*. Ano 19, n. 72 – Brasília. Disponível: <https://fiea.org.br/public/documentos/72-sondespecial>

producaoenxutanaindustriaedaconstrucaobrasileira-abril2019.pdf. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

Covello, T. M. (2017). *Implantação de sistema de produção ritmada em obra de infraestrutura*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

De Filippi, G. A. (2017). *Método para planejamento da produção e gestão de prazos de empreendimentos imobiliários*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

El-Sabek, L. M., & McCabe, B. Y. (2018). Framework for managing integration challenges of last planner system in IMPs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(5), 04018022.

Enshassi, A., Saleh, N., & Mohamed, S. (2019). Application level of lean construction techniques in reducing accidents in construction projects. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 24(3), p. 274-293.

Euphrosino, C. A., Pimentel, L. L., Camarini, G., Ortigara, Y. V. B., Ruiz, P. V., & Fontanini, P. S. P. (2019). Mapeamento do processo produtivo e construtivo de alvenaria de tijolo de solo-cimento para habitação de interesse social. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24(4).

Formoso, C. T. (2009). *Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos*. Núcleo orientado para Inovação da Edificação, UFRGS.

Formoso, C.T., Bernardes, M.M.S., Oliveira, F.L.M., & Oliveira, K.A. (1999). *Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras*. Porto Alegre: NORIE/UFRGS/SINDUSCON/SP.

Ferreira, K.A., Fiuza, G.C.P., & Oliveira, P.C.L. (2020). Uma revisão sistemática sobre ferramentas e técnicas adotadas na construção enxuta. *Anais do XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, ENEGEP Web Brasil, 40.

Howell, G., Ballard, G., & Demirkesen, S. (2017, July). Why lean projects are safer. *In Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Heraklion, Greece, 4-12.

Khanh, H. D., & Kim, S. Y. (2016). A Survey on Production Planning System in Construction Projects Based on Last Planner System. *Journal of Civil Engineering*, 20(1), 1-11.

Khodeir, L.M. & Othman, R. (2016). Examinar a interação entre os princípios enxutos e de sustentabilidade no processo de gestão da indústria de AEC. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1627-1634.

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. 72. Stanford: Stanford University.

Koskela, L., Ferrantelli, A., Niiranen, J., Pikas, E., & Dave, B. (2019). Epistemological explanation of lean construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(2), 04018131.

- Kotler, P. (2000). *Administração de Marketing: A Edição do Novo Milênio*. 10ª ed. São Paulo, Prentice Hall.
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2019). Improving the Learning of Design Management Operations by Exploiting Production's Feedback: Design Science Approach. *Lean Construction Journal*, 64-75.
- Liu, J., & Shi, G. (2017). Quality control of a complex lean construction project based on KanBIM technology. EURASIA. *Journal of mathematics, science and technology education*, 13(8), 5905-5919.
- Lorenzon, I. A., & Martins, R.A., (2006). Discussão sobre a medição de desempenho na Lean Construction. In: SIMPEP, 13, 1-10, Bauru, SP. *Anais [...]*. UNESP, Bauru, SP. Disponível : http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/505.pdf . Acesso em: 25 abril 2019.
- Magalhães, R. M., Mello, L. C. B. D. B., & Bandeira, R. A. D. M. (2015). Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro. *Gestão & Produção*, 25(1), 44-55.
- Majava, J., Haapasalo, H., & Aaltonen, K. (2019). Elaborating factors affecting visual control in a big room. *Construction Innovation*, 19(1), 34-47.
- Memon, A.H., Akhund, M.A., Laghari, A.N., Imad, H.U., & Bhangwar, S.N. (2018). Capacidade de adoção de técnicas de construção enxuta na indústria de construção do Paquistão. *Civil Engineering Journal*, 4 (10), 2328-2337.
- Nery, V.F.S.O., Junior, R. M., & Zattar, I. C. (2018). Produção Enxuta e Construção Enxuta: um paralelo entre técnicas. *Exacta*, 16(3), 1-15.
- Perez, A. M., & Ghosh, S. (2018). Barriers faced by new-adopter of Last Planner System®: a case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(9), 1110-1126.
- Ribeiro, V. (2015). *Logística, sistema Toyota de produção e suas implicações na construção civil*. Appris Editora e Livraria Eireli-M.
- Saini, M., Arif, M., & Kulonda, D. J. (2017). Critical factors for transferring and sharing tacit knowledge within lean and agile construction processes. *Construction Innovation*, 18(1), 64-89.
- Santos, A. dos. (1999). *Application of flow principles in the production management of construction sites*. Tese de Doutorado. Universidade de Salford.
- Sarhan, J. G., Xia, B., Fawzia, S., & Karim, A. (2017). Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. *Construction Economics and Building*, 17(1), 46-69.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (2017). *Qual a receita bruta e o número de empregados para MEI, ME e EPP?* Disponível em: <https://blog.sebrae-sc.com.br/numero-de-empregados-receita-bruta-para-mei-me-epp/> Acesso em: 08 jul. 2020.

Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2018). Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises (SMEs) perspective. *International Journal of project management*, 36(2), 267-286.

Tezel, A., Taggart, M., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Hanahoe, J., & Kelly, M. (2020). Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: a systematic literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(2), 186-201.

Vieira, H. F. (2006). *Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras*. 1ª ed. São Paulo: Pini.

Wu, X., Yuan, H., Wang, G., Li, S., & Wu, G. (2019). Impacts of Lean Construction on Safety Systems: A System Dynamics Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 221.

Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. (2ª ed.). Bookman editora.

Zhang, L., & Chen, X. (2016). Role of lean tools in supporting knowledge creation and performance in lean construction. *Procedia Engineering*, 145, 1267-1274.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo investigar quais princípios e técnicas de gestão são adotados nas construtoras da cidade de Ouro Preto, com ênfase na filosofia *Lean Construction*. Baseado na revisão bibliográfica realizada, foi possível identificar quais técnicas são mais citadas na literatura e buscou investigar o conhecimento de tais ferramentas no estudo de campo.

Para tanto, esta pesquisa foi elaborada em duas fases. Na primeira fase da pesquisa, foi realizada uma revisão sistemática da literatura internacional a fim de identificar e analisar as diferentes ferramentas e técnicas da construção enxuta mais comumente mencionadas. Como resultado, foi apresentada uma lista com as 25 ferramentas e técnicas mais comumente citadas na literatura. Dentre estas, destacam-se: *o last planner*, BIM, 5s, mapeamento do fluxo de valor, *poka yoke*, gestão visual, *just in time* e trabalho padronizado. Especificamente, em relação às ferramentas BIM e *last planner*, percebe-se o aumento de pesquisas isoladas e mais aprofundadas, bem como maior aplicação das mesmas no setor da construção civil.

Na segunda fase, foi realizado um estudo de campo com nove construtoras em Ouro Preto e apresentado as principais características da gestão da construção adotados, bem como as ferramentas utilizadas. Dentre os principais resultados obtidos, destaca-se

que as principais ferramentas e técnicas da *Lean Construction* utilizadas pelas construtoras (de forma isolada em partes da empresa ou completa) são: trabalho padronizado, 5S, *just in time* e reuniões diárias. Dentre as menos utilizadas estão: *last planner system*, *poka-yoke*, *kanban* e mapeamento de fluxo de valor.

Baseado nos resultados obtidos, é possível destacar que embora ferramentas e técnicas *lean* sejam utilizadas na indústria da construção investigada, não são práticas implementadas conforme a filosofia da construção enxuta.

Como sugestões de pesquisas futuras, destaca-se a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a disseminação e aplicação das ferramentas, técnicas e tecnologias da filosofia *lean* nas empresas do setor da construção civil, principalmente nas empresas de pequeno porte. Adicionalmente, uma análise aprofundada das barreiras para uma implantação bem-sucedida das técnicas enxutas pode ser usada para auxiliar profissionais, construtoras e pesquisadores da indústria civil a focar esforços nas questões necessárias para o desenvolvimento de estratégias apropriadas para superar os desafios. Por fim, sugestão de estudos adicionais sobre as ferramentas e técnicas da construção enxuta mais destacadas na literatura internacional, como o *last planner system*, BIM e *poka-yoke*, e a aplicação destas na indústria da construção civil brasileira.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, T.W.; SILVA, E.N.; MELLO, L. C. B. B. BIM and Lean Construction: The Evolution Obstacle in the Brazilian Civil Construction Industry. **Engineering, Technology & Applied Science Research**, v. 7, n. 5, 1904-1908, 2017.

AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M. Applying lean thinking in construction and performance. **Alexandria Engineering Journal**, Alexandria, v. 52, n.4, p. 679 – 695, 2013.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

BABALOLA, O.; IBEM, E. O.; EZEMA, I. C. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and Environment**, v. 148, p. 34-43, 2019.

BAJJOU, M. S.; CHAFI, A.; EN-NADI, A. The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites. **International Journal of Engineering Research in Africa**, v. 33, p. 179-193, 2017.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. 2000. 192 p. Tese (Doutorado em Filosofia) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BORGES, M. L. C. **A aplicação da filosofia Lean Construction em empresas baianas: um estudo comparativo com o cenário brasileiro**. 2018. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Banco de Dados**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Sondagem especial**. Ano 19, n. 72 – Brasília: CNI, 2019. Disponível em: <<https://fiea.org.br/public/documentos/72-sondespecial-producaoenxutanaindustriadaconstrucaobrasileira-abril2019.pdf>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

FORMOSO, C.T., et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS/SINDUSCON/SP, 1999.

HALPIN, D.I.W; WOODHEAD, R.W. **Administração da Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

HEIGERMOSER, D., et al. BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. **Automation in Construction**, v. 104, p. 246-254, 2019.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. V. 72. Stanford: Stanford University, 1992.

KOTLER, P., **Administração de Marketing: A Edição do Novo Milênio**. 10^a ed. São Paulo, Prentice Hall, 2000.

KUDSK, A. et al. Modularization in the Construction Industry Using a Top-Down Approach. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 7, p. 88-98-107, 2013.

MANDUJANO, R. et al. Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. **Revista de la Construcción**, v. 15, n. 3, p. 107-118, 2016.

SEBRAE. Cenários e projeções estratégicas: construção civil. 2016. Disponível em: <http://www.sebraemercados.com.br/cenarios-do-setor-de-construcao-civil-no-brasil-em-2018/> Acesso em: 10 set. 2018.

TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Look ahead planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais [...]** Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems, 1997.

VIEIRA, H. F. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. 1^a ed. São Paulo: Pini, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**. New York: Rawson Associates, 1990.

WORLD ECONOMIC FORUM. Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology, **World Economic Forum**, Cologny, Switzerland, 2016, pp. 01–61. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf. Acesso em: 23 de abril de 2020.

WU, X., et al. Impacts of Lean Construction on Safety Systems: A System Dynamics Approach. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.16, n.2, p.221, 2019.

APÊNDICE A – Questionário de entrevista

Questionário de Entrevista

Entrevistado: _____ Setor: _____

PARTE A – PERFIL DO RESPONDENTE E DA ORGANIZAÇÃO

1. Qual é a sua posição na organização? Marcar um x.

<input type="checkbox"/> Proprietário/acionista	<input type="checkbox"/> Arquiteto
<input type="checkbox"/> Gerente de contrato	<input type="checkbox"/> Gerente de projeto
<input type="checkbox"/> Engenheiro	<input type="checkbox"/> Gerente regional
<input type="checkbox"/> Diretor/gerente geral	<input type="checkbox"/> Professor/pesquisador
<input type="checkbox"/> Gerente/técnico de qualidade	<input type="checkbox"/> Outros

2. Qual é seu tempo de experiência profissional (anos)? Marcar um x.

<input type="checkbox"/> 0-5	<input type="checkbox"/> 16-20
<input type="checkbox"/> 6-10	<input type="checkbox"/> Mais de 20
<input type="checkbox"/> 11-15	

3. Qual é seu grau de escolaridade? Marcar um x.
 - Ensino médio
 - Superior

4. Qual é o porte da sua organização (número de funcionários da empresa ou aproximado):
 - Funcionários diretos: _____
 - Funcionários indiretos: _____

5. Qual o ano de fundação da sua empresa? _____ Tempo de operação? _____

6. Qual a área de atuação?
 - Ouro Preto e região
 - Minas Gerais
 - Brasil
 - Brasil e exterior

7. Qual é a área de operação da sua empresa? Marcar um x.
 - Construção Industrial** (Indústrias siderúrgicas, indústrias manufatureiras pesadas,...)
 - Construção Pesada** (Barragens, túneis, pontes, estradas, usinas de tratamento de água,...)
 - Construções Residenciais** (Residências unifamiliares, residências multifamiliares, edifícios de apartamentos, condomínios,...)
 - Construção de Edifícios não residenciais** (Escolas, universidades, hospitais, edifícios comerciais e escritórios, depósitos,...)

8. Em relação a questão anterior, poderia fornecer o percentual de atuação em cada uma das operações? (Caso tenha mais de uma área de atuação).

Construção Industrial: _____

Construção Pesada: _____

Construção Residenciais: _____

Construção de Edifícios: _____

PARTE B – GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

9. Descreva abaixo os principais métodos e técnicas adotados para Gestão das Construções na sua empresa.

10. Descreva abaixo as principais tecnologias adotadas no auxílio da Gestão das Construções na sua empresa.

11. Já ouviu falar na filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta)?

() Sim

() Não

12. Marque as opções em relação ao tratamento de perdas na sua empresa.

() A empresa sempre identifica as perdas e avalia os custos

() A empresa identifica as perdas, mas não avalia os custos

() A empresa nunca identificou as perdas e avaliou os custos.

() A empresa passou a identificar as perdas e avaliar os custos após a adoção do Lean Construction (se houver)

PARTE C – FERRAMENTAS E TÉCNICAS DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

13. Sobre as 10 técnicas e ferramentas descritas a seguir, assinale a opção mais adequada:

Técnicas e Ferramentas	Não conhece	Conhece, mas não usa	Usa de forma isolada em partes da empresa	Usa em toda a empresa
Last Planner System (LPS): mecanismo para transformar o que deve ser feito no que pode ser feito com base na capacidade de realizá-los, incorporando a abordagem “puxar”. Forma um inventário de trabalho pronto, a partir do qual os Planos de Trabalho Semanais podem ser estipulados, a curto prazo.	()	()	()	()
BIM: cria modelos computacionais contendo geometria e dados precisos necessários para apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada.	()	()	()	()
Cinco S (5S): cinco conceitos para melhorar o ambiente de trabalho: utilização, organização, limpeza, padronização e autodisciplina.	()	()	()	()
Mapeamento de fluxo de valor: visualização gráfica do fluxo e dos processos do início ao fim.	()	()	()	()
Poka-Yoke (Sistema a Prova de Falhas): mecanismo que auxilia trabalhadores a evitar erros (montagem incorreta, escolha de peça errada etc.), buscando zero defeitos.	()	()	()	()
Gestão Visual: práticas comuns como a utilização de quadros digitais, sinais de segurança, painéis gráficos e outros indicadores de desempenho.	()	()	()	()
Just in Time (JIT): redução de estoques, adquirindo produtos somente na hora e na quantidade necessária.	()	()	()	()
Kanban: ferramenta de controle visual, que autoriza o início da produção ou a retirada de itens do sistema produtivo e garante que o sistema produza somente o necessário, na hora e na quantidade necessária.	()	()	()	()
Trabalho Padronizado: padronização de atividades ou procedimentos dos trabalhadores em um processo de produção.	()	()	()	()
Reuniões diárias com a equipe: reuniões diárias com o objetivo de envolvimento dos funcionários.	()	()	()	()

14. Além das ferramentas e práticas citadas acima, há alguma outra não citada que gostaria de mencionar? Descreva abaixo.

15. Quais são os principais fatores que levaram a adoção das ferramentas e técnicas de construção enxuta pela sua empresa? (Pode marcar mais de um item)

- Não adota ferramentas e técnicas de manufatura enxuta
- Aumentar a produtividade
- Reduzir desperdício, defeitos e retrabalhos. Por exemplo, reduzir consumo de material em excesso, reduzir descartes, reduzir tempo morto, etc.
- Aumentar a qualidade de produtos e serviços
- Melhorar a segurança e ergonomia do trabalhador
- Outras empresas (concorrentes, fornecedores, clientes) adotaram
- Aumentar a flexibilidade de produção
- Estabilidade do processo produtivo
- Outro. Especifique: _____

16. Quais as principais barreiras para adoção das ferramentas e técnicas da construção enxuta? (Pode marcar mais itens)

- Não há barreiras para adoção das ferramentas e técnicas de manufatura enxuta
- Falta de conhecimento das ferramentas e técnicas
- Alto custo de consultoria e/ou implantação
- Falta de capacitação da gerência para implementar as técnicas
- Falta de qualificação dos trabalhadores para implementar as técnicas
- Resistência dos trabalhadores à mudança
- Resistência dos gerentes e/ou diretores à mudança
- Alta rotatividade de trabalhadores e/ou gerentes
- Outro. Especifique: _____

PARTE D – CONSTRUÇÃO ENXUTA

Caso a empresa adote os princípios da filosofia da Construção Enxuta (e não apenas algumas ferramentas), responda as questões abaixo:

17. Há quanto tempo a empresa adota a Construção Enxuta?

18. Quais são os princípios da Construção Enxuta utilizados pela empresa?

- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor
- Reduzir a variabilidade
- Reduzir o tempo de ciclo
- Eliminar atividades de fluxo
- Aumentar o valor do produto ofertado ao cliente pela redução de atividade que não agregam valor à obra
- Aumentar a flexibilidade de saída
- Fazer benchmarking
- Manter um equilíbrio entre melhorias dos fluxos e nas conversões
- Focar o controle no processo global
- Aumentar a transparência do processo
- Introduzir a melhoria contínua no processo