

Aplicação dos conceitos da construção enxuta em obras de infraestrutura: estudo de casos múltiplos

Tauane Barbosa dos Santos ^[1], Renan Tenório de A. Lima ^[2],
Débora de Gois Santos ^[3]

[1] tauane.bsantos@gmail.com. Universidade Federal de Sergipe. [2] rtalsa@hotmail.com. Universidade de Aveiro. [3] deboragois@yahoo.com.br. Universidade Federal de Sergipe.

RESUMO

A inexistência de um controle satisfatório dos processos nas obras de infraestrutura acarreta interrupções, perdas e uma ineficiente produção. Como é visto na literatura, a construção enxuta potencializa o controle sobre os processos. O objetivo deste trabalho foi investigar a prática da construção enxuta em obras públicas de infraestrutura, e assim indicar as possíveis perdas e boas práticas presentes na implantação de rede coletora de esgoto. Na pesquisa, foi desenvolvido um estudo de casos múltiplos envolvendo três obras públicas, nas quais foram aplicadas entrevistas não estruturadas, baseadas no *Rapid Lean Construction-Quality Rating Model* (LCR). Como resultado, foram identificadas perdas, e a classificação da empresa analisada foi no nível "ccc". Conclui-se, a partir do LCR, que existe um longo caminho para o conhecimento e aplicação dos conceitos da construção enxuta, mesmo considerando o emprego de alguns conceitos de boas práticas por parte da empresa analisada.

Palavras-chave: Construção enxuta. Infraestrutura. Obras públicas. Rede coletora.

ABSTRACT

The unsatisfactory processes control in infrastructure works results in interruptions, losses and inefficient production. As seen in the literature, lean construction techniques enhance control over processes. The objective of this paper was to investigate the practice of lean construction in public infrastructure works, evincing the possible losses and good practices present in the implementation of the sewage collection network. For this, a multiple case study involving three public works was developed, in which unstructured interviews were applied, based on the Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR). As a result, different kinds of losses were identified, and the classification of the analyzed company was at the "ccc" level. It is concluded, from the LCR, that there is a long way to know and apply the concepts of lean construction, even considering the use of some concepts of good practices by the analyzed company.

Keywords: *Lean Construction. Infrastructure. Public Works. Sewage Network.*

1 Introdução

Sabe-se que a existência de uma rede de infraestrutura atual e modernizada é uma necessidade urgente em todo o mundo, sobretudo devido à carência de investimento neste setor. No Brasil, uma das justificativas para não se alcançar o desenvolvimento é a infraestrutura deficitária. Tal déficit assume notoriedade, relacionando-se a problemas que exigem solução urgente e precisa, oriundos de uma situação que vem se arrastando por muito tempo (BRASIL, 2019).

Conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), referente ao ano de 2017, a maior lacuna da infraestrutura urbana está no saneamento básico, uma vez que pouco mais da metade da população tem acesso à rede de esgoto adequada (BRASIL, 2017).

A existência de uma sintonia entre a urbanização e as obras de infraestrutura torna-se necessária, apesar disso, essa realidade não é evidenciada pelo Brasil. A infraestrutura no país é iniciada com um certo atraso e de acordo com Carvalho, Paula e Gonçalves (2018), o gerenciamento é precário, fazendo com que os requisitos responsáveis pelo sucesso do projeto (prazo, custo e qualidade) nem sempre sejam atendidos.

Perante o contexto, a introdução de uma filosofia gerencial, como a filosofia *Lean*, também conhecida como Construção Enxuta e que tem em sua base conceitos da gestão da qualidade, é de grande valia, dado que potencializa o controle sobre os processos.

Comumente, os fluxos da construção não recebem a devida importância, advindo uma produção com um número considerável de resíduos e atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992). Diante disso, Koskela (1992) estabeleceu 11 princípios enxutos para o aperfeiçoamento do sistema de gestão e planejamento de obras. Ressaltando que com a ausência desses, poderá haver tipos de perdas.

Tais perdas, de acordo com Shingo (1996), são classificadas segundo três critérios: controle, natureza e origem. A presente pesquisa abordará as perdas de acordo com a natureza.

Para Ohno (1997), há 7 categorias de perdas quanto à natureza: por superprodução, transporte, no processamento em si, execução de produtos defeituosos, movimentação, espera e estoque. Existe ainda uma oitava categoria, definida por Koskela (2004), como a perda por *making-do*. Essas perdas são descritas a seguir:

- 1) Perda por superprodução: acontece quando se produz além do necessário. Ao reduzir as perdas por superprodução, diminui-se o desencadeamento de outras perdas, pois os grandes estoques são reduzidos (FIREMAN, 2012);
- 2) Perda por transporte: ocorre devido à movimentação excessiva ou inadequada de materiais e produtos, resultante de uma má programação ou *layout* ineficiente (FORMOSO *et al.*, 1996);
- 3) Perda no processamento: decorrente de atividades desnecessárias e que ao serem ignoradas não afetam as características funcionais do produto (SOMMER, 2010);
- 4) Perda por execução de produtos defeituosos: quando o produto final não condiz com as características desejadas, fazendo com que o fluxo seja interrompido e acarrete retrabalho (SHINGO, 1996). Para Sommer (2010), são as perdas mais perceptíveis e comuns, pois se materializam no objeto;
- 5) Perda por movimentação: são resultantes de movimentos desnecessários do funcionário durante a execução de uma atividade. Um *layout* ineficiente também contribui para essa perda (FIREMAN, 2012);
- 6) Perda por espera: desenvolve-se quando não há sincronização na produção, interrompendo assim o serviço. Ocorre pela falta de material, pelo fluxo de materiais no ambiente de trabalho ou pelo grande tempo de *setup* (SHINGO, 1996);
- 7) Perda por estoque: dar-se pela manutenção de estoques desnecessários, devido à falta de programação ou erros de orçamento. Contribuindo, assim, para o custo, furto e desperdício (FORMOSO *et al.*, 1996).
- 8) Perda por *making-do*: trata-se de uma improvisação, ou seja, executa-se uma atividade com o que se tem disponível (KOSKELA, 2004).

A falta de planejamento habitacional e a desenfreada taxa de urbanização fazem da infraestrutura um quesito emergencial. Contudo, como não existe um controle satisfatório dos processos nestas obras, acarretam interrupções, perdas e uma ineficiente produção.

Assim, a problemática da pesquisa é responder ao seguinte questionamento: as práticas enxutas podem ser aplicadas em obras de infraestrutura para incrementar a produção?

Desse modo, o objetivo foi investigar a prática da construção enxuta em obras públicas de infraestrutura e assim indicar as possíveis perdas e boas práticas enxutas presentes na implantação de rede coletora, de acordo com os dados do estudo de caso aqui apresentado.

2 Referencial teórico

2.1 Sistema Toyota de Produção e Produção Enxuta

Ao final da Segunda Guerra Mundial, a economia japonesa ficou devastada, principalmente o setor automobilístico da Toyota. Com o resultado da segunda guerra mundial, não era possível a adoção de um modelo de produção em massa, como o desenvolvido por Henry Ford, inapropriado para a situação, devido à baixa produtividade e a grande falta de recursos da economia do país. Daí a necessidade em criar um sistema que solucionasse a crise da época, como o aumento da produtividade e as necessidades pelas quais as indústrias vivenciavam (SHINGO, 1996).

A aplicação do sistema japonês, elevou o interesse de empresas internacionais, ainda em meados dos anos 1970, quando a crise do petróleo atingiu as grandes potências mundiais, e o Japão, sendo uma destas potências, também sofreu, porém, a *Toyota Motor Company* continuava faturando (OHNO, 1997).

A resposta era fácil, de acordo com Shingo (1996): ao contrário da filosofia da produção clássica, o Sistema Toyota de Produção (STP) não enxergava a produção como um simples processo de conversão, mas sim, como um conjunto de fluxos, separados em processos e operações. Entende-se como processo, o fluxo temporal e espacial de materiais, isto é, a transformação de matérias-primas em produtos. Enquanto esse fluxo de operações é responsável por analisar o trabalho e fixar tais transformações. Julga-se necessário tal divisão, para que se almeje melhorias significativas na produção e mantenha-se o lucro em tempos de baixa procura.

Pode-se dizer, então, que o Sistema Toyota de Produção nasceu com o intuito de ajustar a produção, ou seja, produzir o necessário e reduzir as perdas (OHNO, 1997). O STP tem como base: o *Just In*

Time (JIT) e a *automação*. O primeiro, JIT, também conhecido como estoque zero, nasceu na fábrica da Toyota e tem como fundamento a eliminação da perda, para assim, ter um fluxo contínuo na produção. Uma ferramenta do sistema JIT é o *Kanban*, responsável pela eficiência global e por melhorias no ambiente de trabalho, trata-se de um meio para indicar necessidades (OHNO, 1997).

Já a automação é definida por Ohno (1997) como uma automatização com contribuição humana. Na verdade, trata-se de conferir inteligência humana à máquina, ao tempo que se adapta o simples movimento do operador humano às máquinas autônomas.

O controle de qualidade “zero defeitos” é uma outra característica do STP, e o conhecimento da fonte dos erros é a estratégia. Sendo assim, a empresa deve investir em seus funcionários, por meio de treinamentos, boas condições de trabalho, estabilidade de emprego e salários justos (GUINATO, 1996).

Retomando o assunto das perdas e observando a diversidade de naturezas das perdas, Koskela (1992) justifica a mudança do modo de produção tradicional para a produção enxuta, como uma forma das indústrias aplicarem o STP de acordo com a sua realidade. Um dos trabalhos fundamentais para a disseminação da produção enxuta foi o clássico “A Máquina que Mudou o Mundo”, de Womack e Jones (1990). Nessa obra, os autores abordam sobre a indústria automobilística mundial, mencionando as vantagens competitivas que empresas líderes, como a fabricante de automóveis Toyota, apresentavam.

Ainda de acordo com os autores do livro, através da produção enxuta se pode combinar características da produção artesanal (flexibilidade, atendimento das exigências dos clientes, mão de obra com qualidade) com da produção em massa (custos baixos de produção e ampliação do consumo) (WOMACK e JONES, 1990).

2.2 Construção enxuta

A partir da produção enxuta se origina o termo construção enxuta (*lean construction*), lançado por Koskela (1992). Este, adaptou os princípios da produção enxuta, o qual enxerga o processo como sendo um fluxo de materiais e/ou informações, desde a matéria-prima até o produto final (produção idealizada pelo Sistema Toyota de Produção em 1950), para o campo da construção civil.

Para o idealizador do conceito, esse surgiu para proporcionar melhorias na gestão de qualidade dos

processos de produção e do produto final. Howell (1999) afirma que, para se ter um melhor desempenho e redução de perdas, deve-se fazer uso do conceito de construção enxuta, mecanismo que tem como escopo “usar tudo menos”.

A construção enxuta tem como pilares: *Just In Time* (JIT) e Controle de Qualidade Total (TQC) (KOSKELA, 1992). O JIT foi explicado no tópico anterior. Já o segundo, TQC, trata da abrangência da qualidade em todas as operações da empresa (SHINGO, 1996).

Para Ballard (2005), aplicar os conceitos e as técnicas *lean* à construção, constantemente leva ao preceito de que a construção é ou poderia ser algum tipo de manufatura. Todavia, essa afirmação não considera a etapa do projeto e sujeita o desenvolvimento de valor à redução de perdas, invertendo, assim, a ligação entre esses conceitos.

No entanto, de acordo com Koskela (2000), há alguns empecilhos para a prática dessa teoria, sendo um deles a conduta dos gestores na construção. Isso acontece devido às particularidades de orientações dos serviços, já que se procuram resultados imediatos e concentram-se esforços a fim de concluir a tarefa. Além disso, ocorrem descuidos com relação à interferência entre as etapas em curso, acarretando a redução do tempo para os gestores resolverem problemáticas do dia a dia, de forma mais consciente e efetiva.

Uma forma de otimizar a gestão dos processos produtivos e assim amenizar os problemas do cotidiano, seria com a aplicação das ideias da produção enxuta, traduzidas em 11 princípios para a construção enxuta. De acordo com Koskela (1992), são eles:

- 1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
- 2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;
- 3) Reduzir a variabilidade;
- 4) Reduzir o tempo de ciclo;
- 5) Minimizar o número de passos e partes;
- 6) Aumentar a flexibilidade da saída;
- 7) Aumentar a transparência do processo;
- 8) Focar o controle no processo global;
- 9) Introduzir melhorias contínuas no processo;
- 10) Equilibrar melhoria de fluxo;
- 11) *Benchmarking*.

Dentre esses princípios, aplicam-se a essa pesquisa: aumento da transparência do processo e redução do tempo de ciclo, dada as características das obras de

serem longitudinais e interferirem diretamente no dia a dia da comunidade onde estavam inseridas.

Os princípios enxutos apresentam uma ligação entre si e estão atrelados à busca da eficiência do processo. A utilização do *kit* completo é uma das ferramentas para alcançar o êxito de tais princípios.

Para Ronen (1992), *kit* completo é um agregado de componentes, documentos, projetos e informações necessárias para inteirar um conjunto, subconjunto ou um processo, havendo um *kit* de entrada e um de saída, antecessor das últimas etapas. Além disso, os itens necessários para desenvolvimento do trabalho precisam estar disponíveis antes do início do trabalho.

A variabilidade está presente em praticamente todos os processos, o que interfere diretamente na qualidade, tempo de entrega e custo. Uma forma de contornar tal variabilidade, segundo Santos *et al.* (2002), seria padronizar os procedimentos executivos.

Ronen (1992) ainda declara que não se deve iniciar nenhuma tarefa com um *kit* incompleto, uma vez que isso pode ocasionar problemas técnicos, como complexidade para execução do serviço, diminuição da produtividade e qualidade, aumento do custo financeiro e influência na motivação do colaborador. Pode-se considerar como problemas técnicos a redução da segurança, de acordo com Koskela (2004). Tais problemas levam a perdas na produção que, segundo Koskela (1992), estão relacionadas às atividades que não agregam valor ao produto e devem ser evitadas ao máximo.

Serpell *et al.* (1997) acrescentam que nem sempre os gerentes das obras detectam as causas das perdas, visto que são de difícil percepção. Afirmam também que as mesmas podem se manifestar em todos os momentos do processo de construção, desde a criação do projeto (o processo de construção em si) até a manutenção da edificação.

Fireman *et al.* (2013) analisaram um novo tipo de perda adicional, a qual é chamada de trabalho inacabado. A designação dessa perda foi fruto de análises de impactos em canteiros de obras, a fim de detectar os motivos de retrabalho, falta de terminalidade e *work in progress*, sendo esse *último mensurado pelo número de ambientes que estão sendo confeccionados simultaneamente* (SACKS *et al.*, 2010). Esses impactos, que levam ao trabalho inacabado, são responsáveis por processos não concluídos (interrupção) ou concluídos com má qualidade (possível improvisação), que levam à perda por *making-do* (SANTOS; SANTOS, 2017).

Para Fireman (2012, p. 97), o trabalho inacabado se manifesta em pacotes de trabalho em que não houve planejamento por serem discutidos em reuniões de curto prazo. O autor considera os pacotes como sendo informais e os divide em três categorias:

- “Falta de terminalidade - representa que uma tarefa considerada concluída na semana anterior podia ainda estar em execução durante as semanas seguintes. Essa tarefa poderia estar associada a alguns elementos (ex.: uma parede inteira) que faltavam ser executados ou mesmo pequenos detalhes (arremates);
- Novos - refere-se à antecipação de uma tarefa que, de acordo com a sequência do ciclo, iria ser iniciada apenas na semana seguinte;
- Retrabalho - atividades relacionadas à correção de pacotes executados sem qualidade, no ciclo de produção anterior.”

Uma forma de minimizar ou reduzir os impactos do *making-do* é utilizar ações que facilitem o trabalho. São exemplos dessas ações as atividades facilitadoras (SANTOS, 2004), as boas práticas (TREVILLE; ANTONAKIS, 2006) e os pontos chave (LIKER; MEIER, 2008).

As atividades facilitadoras são as que impedem ou minimizam as interrupções no trabalho (SANTOS, 2004). As boas práticas enxutas são ações de melhorias adotadas em determinado setor para auferir à atividade produtiva mais eficácia e eficiência, por meio da realização de tarefas (TREVILLE; ANTONAKIS, 2006).

Para Liker e Meier (2008), os pontos-chaves influenciam diretamente na realização do trabalho, dado que contribuem para um treinamento adequado, trabalho contínuo e para ganhos de produtividade.

Diante disso, fica claro que as perdas acontecem em qualquer situação e, na construção civil, levam à improvisação e à interrupção do trabalho. Tais perdas são evidenciadas em quaisquer tipos de obra, sejam públicas ou privadas. Ferramentas como indicadores são grandes aliadas, responsáveis por mensurar determinadas ações de empresas que visam melhorias contínuas.

2.3 Indicador Lean

O desenvolvimento das atividades no campo da construção civil, a inquietude em aperfeiçoar os

processos construtivos e, conseqüentemente, almejar melhorias contínuas, redução de desperdícios / perdas e qualidade nas atividades em progresso, exigem a busca por ferramentas de medição de desempenho, para assim tornar o produto sustentável em todas as suas etapas (ISERHARD; KIPPER, 2014).

De acordo com Brandão *et al.* (2018), a mensuração da qualidade, bem como a aplicação dos princípios da *Lean Construction* na indústria da construção civil estão sendo efetuadas através de medidas qualitativas. Entretanto, existe um modelo que possibilita analisar de forma quantitativa o ambiente da construção, tendo como base as repostas de um *checklist* – denominado de *Rapid Lean Construction-Quality Rating Model* (LCR).

Os precursores desse modelo foram Hofacker *et al.* (2008). Segundo esses autores, o questionário é um modelo fácil para determinar o quão *lean* é uma obra. Afirmando, ainda, que o mesmo foi fundamentado nos cinco princípios *lean* definidos por Womack e Jones (1996) (valor, fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição) e nos onze princípios do *Lean Construction* de Koskela (1992).

Ainda, segundo os idealizadores, a análise é efetuada por meio de um questionário em conjunto com uma visita à obra. São conferidas as notas e estas levam em consideração o desempenho da empresa em seis categorias, sendo estas: (a) Foco no cliente; (b) Desperdícios; (c) Qualidade; (d) Fluxo de materiais e produção puxada; (e) Organização, planejamento e fluxo de informações; e (f) Melhorias contínuas.

Para cada uma das seis categorias, são conferidos pontos de avaliação em escala *Likert*, de 0 a 6, em que 0 significa não aplicada e 6 totalmente aplicada, totalizando 30 questões a serem respondidas. Disposto disso, são calculadas as porcentagens entre a classificação máxima e a alcançada em pontos. Um projeto com a classificação mais baixa é definido como projeto LC-d, enquanto o de pontuação mais alta é classificado como LC-aaa. A Figura 1 detalha a classificação da ferramenta LCR.

Hofacker *et al.* (2008) alertam que há alguns pré-requisitos para aplicação e realização do LCR: necessita ser aplicado ao menos em três obras; as visitas e entrevistas no local devem ser conduzidas por dois ou mais entrevistadores, para facilitar a observação e o questionamento.

Figura 1 – Classificação do LCR

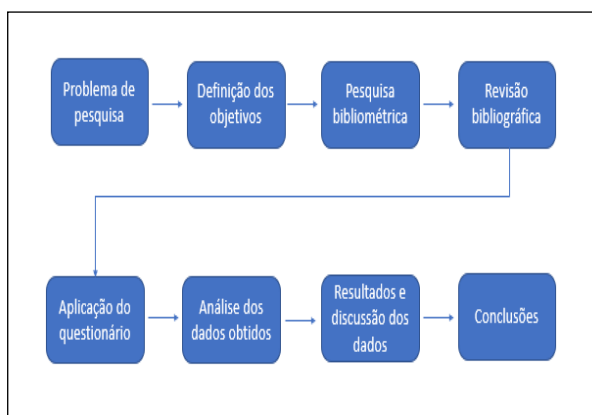
	Resultado	% alcançada	Degrau	Intercepção de classe
LC	aaa	95% - 100%	6	Esforça-se pela percepção em melhorias de qualidade e aplicação da construção enxuta.
LC	aa	89% - 94%	6	
LC	a	81% - 88%	8	
LC	bbb	73% - 80%	8	Foco de alta qualidade e aprendizado enxuto nos principais níveis de projeto/ empresa.
LC	bb	64% - 72%	9	
LC	b	55% - 63%	9	
LC	ccc	46% - 54%	9	Consciência de qualidade, porém com pouco/ nenhum conhecimento sobre construção enxuta.
LC	cc	37% - 45%	9	
LC	c	28% - 36%	9	
LC	ddd	19% - 27%	9	Baixa qualidade e baixo foco na melhoria, desperdício.
LC	dd	10% - 18%	9	
LC	d	0% - 9%	10	

Fonte: Hofacker et al. (2008).

3 Método da pesquisa

Como procedimentos para a pesquisa, foram adotados os passos da Figura 2.

Figura 2 – Etapas da pesquisa



Fonte: Santos (2019).

3.1 Pesquisa bibliométrica

Inicialmente, para elaborar a revisão bibliográfica, procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica antecedida do desenvolvimento da bibliometria. Nessa etapa foram levantadas algumas informações sobre o tema da pesquisa. Com tais informações, definiu-se as palavras-chave a serem utilizadas na busca bibliométrica. Foram estabelecidas algumas restrições de busca: ano de publicação, considerou-se apenas publicações dos últimos 5 anos (2015- 2019) e ano corrente, área engenharia ou engenharia civil e

pesquisas com artigos presentes em periódicos e eventos nacionais e internacionais.

As bases de dados pesquisadas foram, Web of Science® e Scopus®, através do Portal de Periódicos da CAPES. Além de pesquisa na Revista Ambiente Construído, Revista Principia e em congressos científicos brasileiros, a exemplo do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) e o Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC).

Como palavras-chave, foram pesquisadas: construção enxuta, rede coletora, drenagem, pavimentação, infraestrutura e obras públicas; em inglês e português. A partir delas, foram realizadas combinações (*strings*), as quais foram:

- *Lean AND construction AND infrastructure;*
- *Lean AND construction AND urban infrastructure;*
- *Lean AND construction AND infrastructure AND sewage AND network;*
- *Lean AND construction AND infrastructure AND public works.*

Essas strings foram apenas utilizadas para pesquisa nas bases de dados Web of Science® e Scopus®; assim como nas Revista Ambiente Construído e Principia. Nos eventos científicos, foram pesquisadas as palavras-chave separadamente, através da ferramenta de localização de palavras, em que se verificava o título e se havia concordância entre esse e a presente pesquisa.

3.2 Estudo de casos múltiplos

Trata-se de um estudo de casos múltiplos (YIN, 2005), que ocorreu de forma exploratória e descritiva, pois, além de descrever o fenômeno estudado, refere-se a algo pouco estudado na área de infraestrutura.

O envolvimento dos pesquisadores, de acordo com Gil (1995), trata-se do modelo clássico, ou seja, o pesquisador planeja, executa e divulga a pesquisa e, a população, por sua vez, é apenas “objeto passivo” dessa última.

Para isso, utilizou-se como ferramenta principal o questionário do *Rapid Lean Construction-Quality Rating Model* (LCR), criado no método descrito por Hofacker et al. (2008); esse foi aplicado em três obras públicas denominadas de A, B e C.

O LCR foi aplicado de acordo com as exigências de Hofacker *et al.* (2008), em sua maior parte, como:

- Aplicar o *Checklist*, conforme o Anexo I, ao maior número possível de empreendimentos pertencentes a uma mesma empresa; e ser conduzido pelos mesmos entrevistadores;
- O tempo de duração das entrevistas ser em torno de uma hora;
- Preencher o questionário após o término da entrevista, fora da obra;
- Analisar atentamente os dados coletados para chegar ao resultado final.

Conforme Hofacker *et al.* (2008), após a atribuição de notas de 0 a 6 a cada item do questionário e, a partir da proporção entre a nota máxima e a alcançada, de acordo com a tabela de classificação do LCR, determina-se o quão *lean* a obra era (classificação da Figura 1).

Foram realizadas entrevistas não estruturadas, em que o tema é abordado livremente nas três obras visitadas, totalizando para cada obra aproximadamente 90 minutos; desses, 60 minutos couberam à entrevista e os 30 minutos restantes foram destinados à análise do questionário.

Também, durante a visita às obras, foram feitos questionamentos aos gestores para sanar qualquer dúvida quanto aos pontos do questionário. Como ferramenta de coleta de dados, além da observação direta e entrevista, realizou-se registros fotográficos, para assim evidenciar as categorias analisadas.

Ao final das entrevistas não estruturadas com os gerentes das obras, o entrevistador avaliava a pontuação das obras (de 0 a 6, em cada quesito), de acordo com o questionário do LCR, como mostra o Anexo I, e conforme classificação da Figura 1.

4 Resultados da pesquisa

4.1 Pesquisa bibliométrica

A partir da pesquisa realizada nas bases de dados Web of Science® e Scopus®, pôde-se identificar os principais países ligados ao tema infraestrutura. Dentre esses países, os cinco com maior número de trabalhos científicos estão destacados no Quadro 1. O Brasil aparece em 9ª colocação, com 8 publicações.

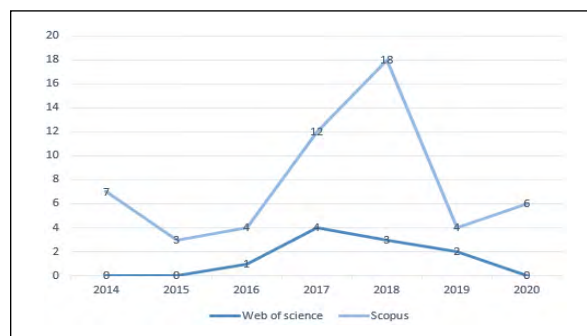
Quadro 1 – Países com maior número de trabalhos científicos ligado ao tema

Países	Nº de publicações
Reino Unido	32
Austrália	18
Índia	17
China	17
EUA	12

Fonte: Santos (2019).

Além disso, pôde-se perceber com a *string* “lean AND construction AND infrastructure”, nessas mesmas bases de dados, que o tema mostra um crescimento desordenado ao longo dos anos e se apresenta de modo incipiente nas publicações. O ano de 2018 apresentou um maior número de publicações, porém, esse crescimento não se manteve em 2019. Logo, é preciso uma pesquisa mais aprofundada para o entendimento dessa desconformidade. A Figura 4 mostra a evolução da combinação nos últimos 5 anos e ano corrente. O resultado obtido para o ano de 2020 poderá sofrer alterações, uma vez que o ano ainda está em curso.

Figura 4 – Evolução da string “lean AND construction AND infrastructure” nos últimos 5 anos e ano corrente



Fonte: Santos (2019).

4.2 Descrição da pesquisa

Em termos de descrição do trabalho, o objeto de pesquisa foram três obras públicas de infraestrutura em desenvolvimento, executadas pela Empresa “X”. Essa atua no mercado há 25 anos, nos setores públicos e privados. Por se enquadrarem em obras e serviços de engenharia, dado o seu valor, as obras foram

licitadas através da modalidade concorrência e tipo menor preço.

A obra "A" tratava-se da complementação da infraestrutura do loteamento Marivan, Zona Sul do município de Aracaju, compreendendo a execução de rede coletora, sistema de drenagem e pavimentação em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ). A obra, iniciada no ano de 2009, com o financiamento de recursos federais e municipais, foi abandonada por motivos desconhecidos pela primeira empresa contratada, sendo retomada apenas em 2019, com o período previsto para conclusão de mais 365 dias e um contrato de R\$ 12.151.497,87.

A segunda obra, "B", também localizada na Zona Sul do município de Aracaju, tratava-se da infraestrutura de áreas do Bairro Santa Maria I e II, loteamento Senhor do Bonfim e Terra Dura. Essa contemplava a execução de terraplanagem, drenagem pluvial, rede coletora e pavimentação asfáltica. A mesma teve suas despesas arcadas por verbas federais que totalizam R\$ 9.602.893,03, com 365 dias como prazo para ser finalizada, a partir de março de 2018. Entretanto, por atrasos no aditivo, o prazo de entrega foi adiado para março de 2020.

Já a terceira, obra "C", correspondeu à concepção do sistema de esgotamento sanitário do bairro Jabutiana, na zona Oeste de Aracaju. A construção de uma estação de tratamento de esgoto e a instalação da tubulação levará o esgoto doméstico para ser tratado. A obra em questão, iniciada em 2019, conta com o apoio de recursos federais, apresentando um custo de R\$ 22.962.929,87, com previsão para ser concluída em 540 dias.

Dentre os diversos serviços das obras, foram analisados, nos três estudos, os que fazem parte da execução de rede coletora de esgoto. O fato de serem serviços comuns às três obras, facilitou a determinação do perfil *lean*, da Empresa "X". Além disso, trata-se de uma etapa com grande parcela de contribuição no saneamento básico, por ser uma das áreas mais precárias do país.

4.3 Análise do LCR

A Empresa "X" apresenta certificação de qualidade pelo Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e está em busca, segundo os gestores, da certificação ISO 9001, o que seria uma das vertentes do *lean*, a busca por melhorias.

A partir da aplicação do LCR e demais instrumentos de pesquisa, verificou-se em todas as obras, a presença dos conceitos enxutos, em conformidade ou não, identificando-se ainda as boas práticas.

É importante destacar que o método traz uma definição equivocada sobre o que é desperdício, porque na verdade seria perda por se tratar de algo mais global e abranger o desperdício de material (ALARCON, 1997).

Na obra "A", foi detectado como ponto forte a aplicação de uma ficha de controle, ferramenta de controle da produção ligada ao aumento da transparência dos processos, a qual era preenchida diariamente (Anexo II).

Outro ponto positivo a destacar foi a utilização de complementos. Ao invés de nivelar as caixas de inspeção ao passeio, por meio de tijolinhos, fez-se uso de complemento pré-fabricado. Esta foi considerada uma boa prática enxuta, pois otimiza o serviço, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Utilização de complementos na caixa de inspeção na obra "A"



Fonte: Santos (2019).

Entretanto, como ponto fraco, foi percebido que as caixas de inspeção não vêm com as aberturas definidas para a tubulação, necessitando serem executadas *in loco*. Isso caracteriza um serviço não uniforme, podendo danificar a peça e influenciar negativamente no seu desempenho, ou seja, relacionando-se com a produção de produtos defeituosos.

Segundo Sommer (2010), tal postura caracteriza a categoria de perda por *making-do*, já que houve uma improvisação. As Figuras 6 e 7 evidenciam a atitude.

Figuras 6 – Abertura para passagem da tubulação executada in loco na obra “A”



Fonte: Santos (2019).

Figura 7 – Caixa danificada após abertura in loco na obra “A”



Fonte: Santos (2019).

Figura 8 – Locação dos pontos topográficos na obra “A”



Fonte: Santos (2019).

Evidenciou-se também retrabalho na obra “A”, pois, como houve abandono da obra, existiu a necessidade de relocar todos os pontos topográficos (ver Figura 8), já que esses estavam desatualizados.

De acordo com a classificação LCR (HOFACKER *et al.*, 2008), a obra “A” atingiu um percentual de 50%, nível ‘ccc’ (Tabela 1), ou seja, apresenta consciência de qualidade, mas com pouco/nenhum conhecimento sobre construção enxuta.

Já a obra “B”, apresentou como ponto positivo a sinalização de segurança do trabalho, informando a existência de obra nas imediações, visto que se trata de uma região urbanizada, conforme Figura 9 (página seguinte). Essa prática se relaciona com o princípio de aumento da transparência.

Tabela 1 – Porcentagem de classificação LCR da obra “A”

Obra A			
Categoria	Máxima	Alcançada	Classificação (%)
Foco no cliente	24	15	62,50%
Desperdícios	30	16	56,33%
Qualidade	48	30	62,50%
Fluxo de materiais e produção puxada	30	9	30,00%
Organização, planejamento e o fluxo de informações	36	12	33,33%w
Melhorias contínuas	12	8	66,67%
Total	180	90	50,00%

Fonte: Santos (2019).

Por outro lado, percebeu-se como ponto negativo que as aberturas para a passagem de tubulação nos poços de visitas (PVs) não seguiam nenhum protocolo, sendo realizadas *in loco*, algo que afetava diretamente o seu desempenho. Trata-se de uma perda por execução de produtos defeituosos e por *making-do*, conforme a Figura 10.

Figura 9 – Sinalização nas frentes de serviço na obra “B”



Fonte: Santos (2019).

Figura 11 – Ponto de apoio para a frente de serviço na obra “B”



Fonte: Santos (2019).

Figura 10 – Abertura para passagem da tubulação realizada *in loco* na obra “B”



Fonte: Santos (2019).

Outro ponto negativo a destacar foi a ausência de pontos de apoio aos serviços, como tendas, banheiros e áreas com estoques intermediários, uma vez que a execução dos serviços acontecia distante do canteiro de obras. Essa condição proporciona perda por movimentação e espera. A primeira ocorreu devido ao fato do colaborador precisar se deslocar para realizar suas necessidades em outro lugar (relacionada com a saúde e segurança do trabalhador); e a segunda pela falta de um ponto de apoio intermediário com materiais, ocasionando interrupções nas atividades, por desabastecimentos, como mostra a Figura 11.

Na Tabela 2 estão dispostas as porcentagens para cada categoria, bem como a classificação do LCR para a referente obra.

Tabela 2 – Porcentagem de classificação LCR na obra “B”

Obra B			
Categoria	Máxima	Alcançada	Classificação (%)
Foco no cliente	24	14	58,33%
Desperdícios	30	15	50,00%
Qualidade	48	29	60,41%
Fluxo de materiais e produção puxada	30	9	30,00%
Organização, planejamento e o fluxo de informações	36	12	33,33%
Melhorias contínuas	12	8	66,67%
Total	180	87	48,33%

Fonte: Santos (2019).

Com relação à classificação LCR (HOFACKER *et al.*, 2008), a obra “B” atingiu um percentual de 48,33%, nível ‘ccc’, ou seja, apresenta consciência de qualidade, mas com pouco/nenhum conhecimento sobre construção enxuta.

Quanto à obra “C”, considerou-se ponto forte a existência de tendas e banheiros como pontos de apoio intermediário para as frentes de serviço, tendo em vista que o canteiro se encontrava a uma distância relativamente grande, como mostra a Figura 12, atendendo assim o princípio de redução do tempo de ciclo.

Figura 12 – Frente de serviço com ponto de apoio na obra “C”



Fonte: Santos (2019).

Pode-se notar também que as caixas de inspeção já chegavam à obra com as aberturas para a passagem de tubulação estabelecidas, otimizando o tempo de execução dos serviços e reduzindo a variabilidade, como expresso na Figura 13.

Notou-se a utilização de um molde para execução das canaletas nas caixas de inspeção, eliminando a variabilidade no produto final e caracterizando-se como uma boa prática enxuta, conforme Figura 14.

Outro ponto positivo a ser destacado foi a comunicação. Cada equipe dispunha de um rádio comunicador, tornando o diálogo eficaz entre os integrantes da obra, como exemplificado na Figura 15.

Figura 13 – Caixas de inspeção de ligação com aberturas na obra “C”



Fonte: Santos (2019).

Figura 14 – Execução de canaletas nas caixas de inspeção na obra “C”



Fonte: Santos (2019).

Figura 15 – Utilização de rádio comunicador na obra “C”



Fonte: Santos (2019).

Porém, como ponto negativo, percebeu-se a disposição do armazenamento dos materiais a céu aberto, sem nenhuma proteção contra intempéries, conforme Figura 16. Trata-se de uma perda de estoque, devido à possibilidade de deteriorações.

Na Tabela 3 expõem-se as porcentagens e sua classificação do LCR para a obra “C”.

A classificação da obra “C” para o LCR (HOFACKER *et al.*, 2008) atingiu um percentual de 53,89 %, nível ‘ccc’, ou seja, apresenta consciência de qualidade, mas com pouco/ninguém conhecimento sobre construção enxuta.

De posse das porcentagens de classificação das três obras, optou-se pela sobreposição gráfica destas, como visto na Figura 17, a título comparativo.

Figura 16 – Disposição dos materiais a céu aberto na obra “C”



Fonte: Santos (2019).

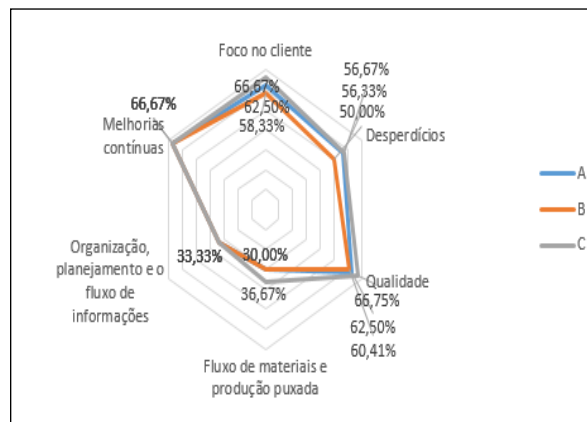
O comparativo evidenciado pela Figura 18 demonstra o quão próximo estão as obras. A Empresa “X” não é classificada como *lean*. No entanto, a mesma apresenta um padrão entre suas obras. As áreas mais carentes são organização, planejamento e o fluxo de informações; e fluxo de materiais e produção puxada, cabendo à empresa intervir no desenvolvimento. Por essa classificação percebe-se que as empresas precisam mudar. Uma possível mudança seria a inserção dos conceitos enxutos. Para Meira *et al.* (2019), deve ser incansável a busca por melhorias, mesmo não sendo simples. Complementarmente, percebe-se que a obra “C” destacou-se na maioria das categorias, por conta de suas práticas relacionadas a melhorias na gestão.

Tabela 3 – Porcentagem de classificação da obra “C” no LCR

Obra C			
Categoria	Máxima	Alcançada	Classificação (%)
Foco no cliente	24	16	66,67%
Desperdícios	30	17	56,67%
Qualidade	48	33	66,75%
Fluxo de materiais e produção puxada	30	11	36,67%
Organização, planejamento e o fluxo de informações	36	12	33,33%
Melhorias contínuas	12	8	66,67%
Total	180	97	53,89%

Fonte: Santos (2019).

Figura 17 – Sobreposição da classificação do LCR



Fonte: Santos (2019).

5 Conclusão

Observou-se, a partir do LCR, que existe um longo caminho para o conhecimento e aplicação dos conceitos da construção enxuta, mesmo considerando o emprego de alguns conceitos de boas práticas por parte da empresa analisada.

Isso fica evidente, pois foi possível perceber a presença dos conceitos enxutos nas obras de infraestrutura analisadas, sendo esses atendidos ou não. Pode-se perceber que as perdas mais frequentes

numa obra de infraestrutura, mais especificamente na etapa de rede coletora, foram por *making-do*, movimento, espera, estoque e execução de produtos defeituosos.

Os princípios enxutos identificados foram aumento da transparência (Obra "B") e redução de tempo de ciclo (Obra "C").

Ao estudar o método LCR, percebe-se que sua análise pode ser considerada um tanto vaga, pois a percepção, base da ferramenta, é algo relativo e varia de pessoa para pessoa. O aplicador não tem contato com o questionário durante a entrevista, cabendo a esse interpretar e levar para o questionário posteriormente, e isso caracteriza-se como ruído. Na presente pesquisa o LCR foi realizado apenas por um entrevistador, o que implica numa única visão de obra, o que pode ter influenciado diretamente nos resultados.

Com os resultados da aplicação do LCR nas três obras, foi possível traçar o perfil *lean* da Empresa "X". Assim, constatou-se que a classificação está apropriada, pois as três foram classificadas como nível "ccc", ou seja, apresentam consciência de qualidade, porém com pouco/ninguém conhecimento sobre construção enxuta.

Foram detectadas poucas boas práticas enxutas, o que pode ser justificado pela restrição do tempo de aplicação do método LCR. Apenas uma boa prática enxuta, nas obras "A" e "C", foi identificada, respectivamente a utilização de complementos nas caixas de inspeção e o gabarito na execução das canaletas.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se avaliar mais de três obras de uma mesma empresa para assim construir um perfil *lean* mais sólido. Outro ponto interessante que merece atenção, são os prazos de entrega das obras de infraestrutura. Uma análise nesse quesito é de grande valia.

REFERÊNCIAS

ALARCON, L. F. **Tools for the identification and reduction of waste in construction projects**. Rotterdam: A. A. Bolkema, 1997.

BALLARD, G. Construction: one type of project production system. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13th, 2005, Sydney, Australia. **Proceedings...** Sydney, 2005.

BRANDÃO, E. L., PACHECO, A. P. G., WONS, L., FREITAS, M. C. D. Aplicação do Rapid Lean

Construction-Quality Rating Model em obras públicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17^a, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Porto Alegre, 2018.

BRASIL. Ministério do desenvolvimento regional: **Sistema nacional de informações sobre o saneamento**. 2017. Disponível em: < <http://app4.cidades.gov.br/snisweb/src/Sistema/index>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

BRASIL. Ministério do planejamento. **Investimentos privados no setor de infraestrutura do Brasil: oportunidades no âmbito de acordos internacionais**. 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/engra/Downloads/Investimentos%20privados%20em%20Infraestrutura%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2019.

CARVALHO, M. T. M.; PAULA, J. M. P. de; GONÇALVES, P. H. **Gerenciamento de obras públicas e as políticas de infraestrutura do Brasil contemporâneo**. [S.2.]: Brasil, 2018.

FIREMAN, M. C. T. **Proposta de método de controle integrado da produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por making-do e retrabalho**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

FIREMAN, M. C. T. *et al.* Integrating production and quality control: monitoring making-do and unfinished work. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21th, 2013, Fortaleza, Brazil. **Proceedings...** Fortaleza, 2013.

FORMOSO, C. T. *et al.* As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação**, 1996.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1995.

GUINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

HOFACKER, A.; OLIVEIRA, B. F.; GEHBAUER, F.; FREITAS, M. do C. D.; MENDES JÚNIOR, R.; SANTOS, A.; KIRSCH, J. Rapid lean construction-quality rating model (LCR). In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN

- CONSTRUCTION, 16th, 2008, Manchester, UK. **Proceedings...** Manchester, 2008.
- HOWELL, G. What is lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7th, 1999, Berkeley, EUA. **Proceedings...** Berkeley, 1999.
- ISERHARD, F. Z., KIPPER, L. M. Indicadores de desempenho e construção enxuta: uma análise bibliométrica de publicações sobre gestão no setor da construção civil. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 24^o, 2014, Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Anais [...]** Santa Cruz do Sul, 2014.
- KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report no 72**. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. Thesis (PhD) - Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.
- KOSKELA, L. Making-do: the eight category of waste. In: ANNUAL CONFERENCE ON THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 12th, Elsinore, Denmark. 2004. **Proceedings...** Denmark, 2004.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. P. **O talento Toyota: o modelo Toyota aplicado ao desenvolvimento de pessoas**. Porto Alegre: Bookman, 2008, 296p.
- MEIRA, A. R.; SILVA, I. M. L. da; SOUZA, D.D.S. de. Lean construction: um estudo de múltiplos casos na cidade de João Pessoa. **Principia**, João Pessoa, n.45, p. 208-220, 2019. ISSN 1517-0306.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. [S.l.]: Bookman, 1997.
- OLIVEIRA, B. F. de et al. Um modelo de avaliação do grau de aplicação de ferramentas lean em empresas construtoras: o Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR). **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 2, n. 4, p. 156-174, 2010.
- RONEN, B. The complete kit concept. **The International Journal of Production Research**, v. 30, n. 10, p. 2457-2466, 1992.
- SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 641-655, ago. 2010.
- SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; TOOKEY, J. E. Expanding the meaning of standardization within construction processes, **The TQM Magazine**, v. 14, n^o. 1, 2002.
- SANTOS, D. G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras**. 219 p. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2004.
- SANTOS, T. B. **Aplicação dos conceitos da construção enxuta em obras de infraestrutura: estudos de caso múltiplos**. 2019, 56p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Sergipe. Departamento de Engenharia Civil. São Cristóvão, 2019.
- SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. G. Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 39 - 52, abr./jun. 2017. ISSN 1678 - 8621.
- SERPELL, A. et al. **Characterization of waste in building construction projects**. Rotterdam: A. A. Balkema, 1997.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. 2^a. Edição, Porto Alegre: RS, Editora Artes Médicas/ Bookman, 1996.
- SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- TREVILLE, S., ANTONAKIS, J. Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. **Journal of Operations Management**, 24, 2006, p.99-123.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **Machine that Changed the World**. Simon and Schuster, 1990.
- WOMACK, J.P., JONES, D.T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**, Simon & Schuster, September 1996.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.