

## **EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA NO DESEMPENHO OPERACIONAL DAS EMPRESAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA PESQUISA CONSIDERANDO A PERCEPÇÃO DE PROFISSIONAIS DO RIO GRANDE DO SUL**

### **EFFECTS OF THE USE OF LEAN CONSTRUCTION PRINCIPLES ON THE OPERATIONAL PERFORMANCE OF CIVIL CONSTRUCTION COMPANIES: A SURVEY CONSIDERING THE PERCEPTION OF PROFESSIONALS IN RIO GRANDE DO SUL**

Josiel Silva do Prado\* E-mail: [pradoa.c@outlook.com](mailto:pradoa.c@outlook.com)  
Douglas Rhoden Calderaro\*\* E-mail: [douglasrhodencalderaro@outlook.com](mailto:douglasrhodencalderaro@outlook.com)  
Fabio Antonio Sartori Piran\* E-mail: [fabiosartoripiran@gmail.com](mailto:fabiosartoripiran@gmail.com)

\*Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas (ICET), Universidade Feevale  
Novo Hamburgo, RS

\*\*Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS

**Resumo:** A construção enxuta ou *Lean Construction*, auxilia no gerenciamento dos processos das empresas da construção civil, buscando a redução das atividades que não agregam valor e da variabilidade do processo. Além disso, pode proporcionar o aumento da flexibilidade do produto e promover o uso da melhoria contínua dos processos. No entanto, apesar dos benefícios relatados, existem escassez de pesquisas que avaliem os efeitos proporcionados pela utilização da construção enxuta. Buscando contribuir neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar a percepção dos profissionais de engenharia e construção civil quanto aos benefícios proporcionados pela aplicação dos princípios da construção enxuta como uma filosofia que auxilia as empresas da construção civil a melhorar o seu desempenho operacional. Foi realizada uma pesquisa tipo *survey* com engenheiros e gestores que atuam na construção civil no Sul do Brasil. Para análise de dados foi utilizado a regressão linear. Dentre os principais resultados foi possível identificar os princípios prevalentes para aumento do desempenho operacional das empresas que utilizam a construção enxuta. Conforme observado, o uso de produtos pré-moldados ou a utilização de kits foi apontado como o mais relevante, seguido pela flexibilização das saídas, do controle das inconformidades nos serviços na empresa, do incentivo ao funcionário em apresentar novas ideias, o controle do tempo de ciclo e por fim a utilização do benchmarking. A identificação das variáveis prevalentes sobre a melhoria do desempenho operacional pode guiar os gestores em decisões futuras.

**Palavras-chave:** Construção Civil. Gerenciamento. Construção Enxuta. Princípios da Construção Enxuta.

**Abstract:** Lean Construction assists in the management of the processes of construction companies, seeking the reduction of activities that do not add value and the variability of the process. In addition, it can provide increased product flexibility and promote the use of continuous process improvement. However, despite the reported benefits, there is a paucity of research that assesses the effects of using Lean Construction. The aim of this research is to analyze the perception of engineering and civil construction professionals regarding the benefits provided by the application of the principles of lean construction as a philosophy that assists civil construction companies to improve their operational performance. A survey was conducted with engineers and managers who work in the construction industry in Southern Brazil. Linear regression was used for data analysis. Among the main results it was possible to identify the prevailing principles for increasing the operational performance of companies that use lean construction. As noted, the use of precast products or the use of kits was pointed out as

the most relevant, followed by flexibilization of exits, control of nonconformities in services in the company, encouragement to the employee to present new ideas, time control and the use of benchmarking. Identifying prevailing variables on improving operational performance can guide managers in future decisions.

**Keywords:** Construction Companies. Management. Lean Construction. Principles of Lean Construction.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil contribui com valores significativos para a economia do Brasil (IBGE, 2016). No entanto, o setor tem sofrido pressões internas e externas como crise financeira, escassez de obras e o aumento da importância da qualidade por parte dos clientes. Assim, as empresas estão buscando novas soluções para melhorar a competitividade através da utilização de diferentes práticas de planejamento e gerenciamento para melhorar o desempenho operacional (AL-AOMAR, 2012). No contexto brasileiro, a baixa produtividade, a baixa eficiência e o elevado número de desperdícios na construção civil são históricos. Normalmente os valores relativos aos desperdícios gerados são repassados para os clientes, sob a justificativa da alta rotatividade e a baixa qualificação da mão de obra (LORENZON, 2008).

Para reduzir estes desperdícios e diminuir a sua vulnerabilidade no mercado interno, as empresas de construção civil tem apostado em aspectos como a sustentabilidade, a busca pela melhoria na competitividade e qualidade, entre outros, de modo a assegurar a sua sobrevivência e crescimento. Apesar de todos os esforços, estudos mostram que a taxa de falência das empresas de construção civil chegou a 21% em 2012 (SEBRAE, 2016). Isso mostra que as ações executadas pelas organizações ainda não satisfazem as necessidades atuais. Uma das opções que pode contribuir neste contexto é a adoção dos princípios do *Lean Construction* (construção enxuta) por parte das empresas (KOSKELA et al., 2002; THOMAS et al., 2003).

A construção enxuta é uma filosofia de produção que vem sendo implantada na construção civil (AZIZ, HAFEZ, 2013; CASTILLO et al., 2014). A construção enxuta foi desenvolvida com base no sistema Toyota de Produção, posteriormente denominado de *Lean Production* ou produção enxuta. Formoso (2002) considera que o principal objetivo da construção enxuta é a eliminação dos desperdícios na produção de um bem ou serviço. Assim, o grande desafio da construção enxuta é contribuir para

melhoria do desempenho operacional das empresas (FORMOSO, 2002; THOMAS et al., 2003; AL-AOMAR, 2012).

Embora a construção enxuta, ainda esteja em fase de transição na indústria da construção civil, algumas empresas do mundo estão aplicando os seus princípios e obtendo melhorias nos processos de produção. Sarhan et al. (2017), por exemplo, relata que a implantação da construção enxuta aumentou a qualidade e a produtividade de projetos de construção em aproximadamente 77% em empresas na Arábia Saudita. Apesar de no Brasil ainda não ser muito utilizada, a construção enxuta é reconhecida mundialmente por proporcionar melhorias no desempenho operacional das empresas que a adotam (ALARCÓN et al., 2008; GLASER-SEGURA, 2011; DANTAS FILHO et al., 2017). No contexto brasileiro pouco gestores conhecem os princípios da construção enxuta, o que pode dificultar sua utilização (FORMOSO, 2002). Assim, entende-se que o desenvolvimento de pesquisas sobre os conceitos e princípios da construção enxuta são necessários para contribuir com sua utilização para auxiliar na melhoria do setor da construção civil brasileiro de modo geral.

Este trabalho busca contribuir neste sentido, pois tem como objetivo analisar a percepção dos profissionais de engenharia e construção civil quanto aos benefícios proporcionados pela utilização dos princípios da construção enxuta como uma filosofia que auxilia as empresas da construção civil a melhorar o seu desempenho operacional. O artigo busca contribuir mostrando evidências empíricas dos efeitos da utilização da construção enxuta pelas empresas. Conforme mostra a literatura, por exemplo Lorenzon (2008), o interesse na adoção dos princípios enxutos pelos profissionais, é baseado em evidências empíricas as quais demonstram melhorias na competitividade na redução de prazos e custos e no aumento da qualidade final.

Além desta introdução, na segunda seção do artigo, é apresentado o referencial teórico acerca da construção enxuta em geral, com foco nos seus princípios em específico. A compreensão dos efeitos dos princípios da construção enxuta é o foco deste trabalho. Além disso, na seção 3 é apresentado o método de trabalho. Na seção 4 os resultados são analisados. Por fim na seção 5 é efetuada a discussão dos resultados e as conclusões são delineadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O termo construção enxuta originou-se da filosofia da produção enxuta, tendo com marco a publicação do trabalho “*Application of the production philosophy in the construction industry*” por Lauri Koskela (1992). O processo da construção enxuta consiste basicamente em analisar o fluxo dos materiais, mapeando e reduzindo atividades desnecessárias, como por exemplo, atividades de transporte, espera para processamento e inspeção (ISATTO et al., 2000). Assim, a construção enxuta valoriza a entrega do produto final de forma rápida e confiável trazendo benefícios e qualidade para o cliente final (ARANTES, 2008).

### 2.1 Onze princípios da construção enxuta

Com o intuito de potencializar a produtividade e eficiência das atividades de conversão, e também reduzir as atividades de fluxo, Koskela (1992), propôs os onze princípios da construção enxuta, que são baseados nos estudos empíricos desenvolvidos por Ohno (1988) e sua aplicação no Sistema Toyota de Produção (PICCHI, 2003). Através da aplicação dos princípios da construção enxuta é possível reduzir perdas e os custos de produção da construção civil (KOSKELA, 1992). Os princípios da construção enxuta são: i) reduzir as atividades que não agregam valor; ii) aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente; iii) reduzir a variabilidade; iv) reduzir o tempo de ciclo; v) simplificar e minimizar o número de passos ou partes; vi) aumentar a flexibilidade de saída; vii) aumentar a transparência do processo; viii) focar o controle no processo global; ix) introduzir melhoria contínua no processo; x) manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões e xi) fazer benchmarking;

Conforme Bernardes (2010) as “atividades que agregam valor são as atividades que convertem materiais ou informações para atender os requisitos dos clientes, e são chamadas de atividades de conversão ou processamento. Já as atividades que não satisfazem os requisitos dos clientes são denominadas de atividades de fluxo, pois somente consomem tempo e recurso”. O transporte e a inspeção, são exemplos de atividades de fluxo (BERNARDES, 2010, CASTILLO et al., 2014). Além disso, entende-se que somente se agrega valor ao produto quando o cliente interno ou

externo tem suas necessidades atendidas. Desta forma é importante envolver o cliente em todo o processo e compreender suas necessidades (CASTILLO et al., 2014).

A redução da variabilidade está diretamente relacionada ao conceito de eficiência operacional e de redução das etapas dos processos. Conforme Isatto et al., (2000) as variabilidades mais comuns são: i) variabilidade nos processos anteriores, que está relacionada aos fornecedores e é ocasionada pela não padronização de seus produtos, ii) variabilidade no próprio processo, que está ligada a forma como é executado o processo e iii) variabilidade na demanda que é associada a necessidade do cliente.

Para Koskela (1992) a “redução do tempo de ciclo pode ser viabilizada por ações como por exemplo a redução do tamanho do lote, otimização do *layout*, sincronização dos fluxos, redução da variabilidade e alteração da sequência do trabalho”. A redução do tempo de ciclo proporciona benefícios para as empresas, as quais pode-se destacar: i) mais agilidade na entrega para o cliente, ii) facilita o processo de gestão, iii) diminui a curva de aprendizagem das tarefas e iv) aumenta a precisão nas estimativas de entregas e custos (ARANTES, 2008).

A simplificação do número de passos ou partes pode ser entendido como a redução de componentes em um produto (KOSKELA, 1992). Assim, um elevado número de passos ou partes em um fluxo, seja de material ou de informação, além de aumentar as atividades que não agregam valor, também aumenta os custos do processo. Formoso (2002) mostra formas de simplificar o número de passos ou partes, com a utilização de elementos pré-fabricados, o uso equipes polivalentes que possam executar a alvenaria e fazer o revestimento, o foco no planejamento do processo e também a disponibilização de equipamentos, ferramentas e informações em locais adequados, reduzindo as movimentações e os deslocamentos desnecessários. Além disso, o a simplificação do número de passos ou partes pode ser viabilizada pela modularização de produtos (MOHAMAD et al., 2013; PERO et al., 2015).

Quanto a ao aumento da flexibilidade de saída, Koskela (1992) descreve que “para obter sucesso com este princípio é necessário a minimização dos tamanhos dos lotes, a redução do tempo de preparação e ainda desenvolver o processo de forma a customizar o produto as exigências do cliente o mais tarde possível”. Coletar

informações sobre possíveis alterações por partes dos clientes garante flexibilidade na produção e agrega valor ao produto (BERNARDES, 2010).

Ao aumentar a transparência do processo verifica-se uma melhoria na identificação dos erros do sistema. Esse princípio facilita o trabalho das partes envolvidas no processo com constante troca de informação facilitando a execução das tarefas (CALÉ, 2015). Também pode ser utilizado para envolver a mão de obra na obtenção de melhorias. Formoso (2002) aponta algumas formas para aumentar a transparência dos processos nos canteiros de obras com: i) a remoção de possíveis obstáculos que atrapalhem a visão, ii) as informações importantes para a execução de determinadas tarefas devem ser disponibilizadas pelos gestores para todos através de cartazes, iii) utilizar sinalização ou dispositivos visuais, iv) ter claro através de indicadores os níveis de produtividade e de não produtividade e v) buscar a melhoria contínua da organização através de programas como o 5S, e o gerenciamento visual

O foco no controle no processo global trata da necessidade de visualizar o processo globalmente na tentativa de otimizá-lo. Arantes (2008) destaca que um dos grandes problemas de melhorar os processos através da otimização é sub-otimizar uma atividade específica, o que pode acarretar em um impacto negativo para o processo global, pois em execução de obras existem muitos processos independentes.

As melhorias implementadas no processo, que está diretamente relacionada com a redução de desperdícios e aumento do valor do produto, devem ter caráter incremental, ou seja, ser contínua. Calé (2015) define quatro passos para introduzir melhoria contínua: i) estabelecer metas de melhoria; ii) medição e monitoramento das melhorias; iii) atribuição de responsabilidade sobre as melhorias a todos os colaboradores e iv) conexão das melhorias ao controle. O trabalho em equipe e a gestão participativa são essenciais para a introdução das melhorias, e que para se obter êxito é necessária a utilização de ferramentas que auxiliem a alcançar os objetivos, como indicadores de desempenho, premiação pela execução de tarefas e metas e a normatização dos procedimentos (FORMOSO, 2002).

Koskela (1992) aponta que as melhorias de fluxo estão diretamente relacionadas com as melhorias de conversão, portanto, ao melhorar as atividades de fluxo, melhora-se também as atividades de conversão. Assim, menores investimentos com equipamentos e maquinários serão necessários. A melhoria nas atividades de

fluxo, facilita a implantação de novas tecnologias nos processos de conversão e consequentemente podem promover menor variabilidade no processo. Formoso (2002) diz que “em um processo de produção há grandes diferenças de potencial de melhoria em conversões e fluxos, e que quanto maior e mais complexo for o processo, também maiores serão os benefícios que as melhorias podem proporcionar”.

De acordo com Kopper (2012) “o benchmarking consiste em um processo de aprendizado das práticas adotadas em outras empresas, consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção”. Através do benchmarking se busca entender esses princípios e adapta-los a realidade da empresa. As empresas da construção civil podem obter os seguintes benefícios ao efetuar o benchmarking (COSTA et al., 2005): i) realizar comparações dos processos utilizados pela empresa com relação a outras práticas internas, ou realizar comparações de práticas de competidores diretos, de empresas de outras regiões, ou até mesmo, de empresas de outros setores industriais; ii) conhecer sua posição em relação aos concorrentes, possibilitando o entendimento de como atingir melhores desempenhos; iii) fixar metas realistas com base na visão conjunta do ambiente interno e externo, e priorizar áreas de melhoria; iv) compartilhar e discutir suas práticas com outras empresas; e v) criar uma cultura que valoriza a melhoria continua para alcance da excelência.

### **3 MÉTODO**

#### **3.1 Instrumento de avaliação**

Para realizar a análise proposta, adaptou-se o instrumento de avaliação desenvolvido por Cunha (2009), que procura analisar a aplicação dos princípios da construção enxuta na indústria da construção civil. Visando alinhar o instrumento com os objetivos desta pesquisa, o questionário foi reduzido. O processo de redução foi assistido por um especialista e consultor de *Lean Construction*. Assim, o instrumento da pesquisa objetiva verificar a percepção dos profissionais de engenharia e construção civil sobre os princípios da construção enxuta propostos por Koskela (1992).

Foi utilizado como base de avaliação a escala de verificação Likert. A escala consiste em tomar um conceito e desenvolver um conjunto de afirmações relacionadas à sua definição, aos quais os respondentes expressarão seu grau de concordância entre um e cinco (1 a 5), em que um (1) ele discorda totalmente e cinco (5) concorda totalmente. A vantagem da escala Likert é a facilidade no seu manuseio, pois é simples para um respondente emitir o grau de concordância sobre uma afirmação qualquer (COSTA, 2011). O instrumento de pesquisa pode ser consultado no Anexo 1.

### **3.2 Validação e pré-teste do instrumento de pesquisa**

A realização de um pré-teste é necessária para verificação de compreensão, clareza, além de possibilitar o aperfeiçoamento do instrumento de pesquisa (MALHOTRA, 2012). O pré-teste foi conduzido com um grupo de 20 estudantes do Curso de Engenharia Civil de uma Instituição de Ensino Superior (IES). Inicialmente percebeu-se que algumas questões não foram totalmente compreendidas. Baseado neste *feedback*, as questões foram revisadas e um novo pré-teste foi realizado com um grupo de 10 estudantes com as mesmas características. Neste novo pré-teste houve pleno entendimento por parte dos respondentes. A razão para a escolha desta amostra foi a facilidade para acompanhamento do pré-teste de maneira presencial, que de acordo com Malhotra et al., (2012) é a melhor alternativa. Assim, após a aprovação no pré-teste o instrumento de pesquisa foi liberado para aplicação.

### **3.3 Distribuição do instrumento de pesquisa e coleta de dados**

O instrumento de pesquisa foi distribuído por meio eletrônico, a partir do qual os respondentes acessaram um endereço para visualização de um formulário eletrônico. A amostra foi composta por engenheiros e gestores que atuam na construção civil do Rio Grande do Sul. O questionário foi encaminhado para uma amostra de 200 pessoas. Foram obtidas 89 respostas, correspondente a uma taxa de retorno de 44,50%. A taxa de retorno foi satisfatória, observando-se parâmetros detectados na literatura (entre 31% e 46%) (SHEEHAN, 2001).

### 3.4 Análise dos Dados

Para análise dos dados foram utilizados a análise confiabilidade, método de validação de face, validação de conteúdo, análise de regressão múltipla e análise de variância (ANOVA). A confiabilidade é um termo utilizado para verificar se um procedimento produz resultados semelhantes quando replicado (JAIN et al., 2014). Na pesquisa utilizou-se o método da consistência interna que, de acordo com Saraph et al., (1989) é utilizado para mensurar o nível em que os itens do conjunto estudado são homogêneos. Este nível pode ser estimado utilizando o coeficiente Alfa de Cronbach (HAIR et al., 2005). O Alfa de Cronbach é uma medida de confiabilidade que varia de 0 a 1, sendo os valores 0,60 a 0,70 considerados o limite inferior de aceitabilidade (HAIR et al., 2005, p. 90).

A validação de face foi utilizada para verificar se o item a ser avaliado media o que realmente se objetiva mensurar (JAIN et al., 2014; HAIR et al., 2005). Esse método foi utilizado durante a redução do instrumento de pesquisa para proporcionar uma formulação adequada e compreensível das afirmações para todos os respondentes. A versão inicial encontrou divergências, depois de solucionadas a validação de face foi adequada, ou seja, possibilitou avaliar os princípios do *Lean Construction* corretamente.

A validação de conteúdo foi feita para averiguar se o conteúdo das questões estava alinhado com as especificações do universo no qual o mesmo seria testado. Ou seja, é uma avaliação subjetiva da capacidade da escala para medir o que realmente deve medir (HAIR et al., 2005). Assim, conforme verificado no teste efetuado, pode-se afirmar que o trabalho tem validade de conteúdo.

Posteriormente, realizou-se a análise de regressão múltipla com nível de significância de 95%. Sendo considerada a variável dependente a seguinte afirmação “a utilização dos princípios da construção enxuta na indústria da construção civil, ajuda a melhorar o desempenho operacional das empresas”. As demais variáveis do instrumento de pesquisa foram consideradas as variáveis independentes. Na análise de regressão múltipla, quanto maior o resultado, maior a força de relação entre as variáveis que estão sendo examinadas (TABACHNICK, 1996; HAIR et al., 2005). Além disso, os pressupostos da análise de regressão múltipla também foram testados.

A análise fatorial desempenha um papel confirmatório, ou seja, avalia o grau em que os dados satisfazem a estrutura esperada (HAIR et al., 2005, p. 92). Por essa razão, a análise fatorial exploratória foi escolhida para explorar os constructos estudados, pois por meio da variável resultante “R<sup>2</sup>” é possível visualizar o quanto o instrumento de pesquisa está sendo explicado pelas variáveis. Por fim, foi utilizado o teste da ANOVA para comparar se o modelo estimado é melhor do que o modelo nulo (sem nenhuma variável independente) (HAIR et al., 2005).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Confiabilidade

A Tabela 1 exhibe a confiabilidade obtida para cada um dos princípios. Os dados foram organizados da maior representatividade (confiabilidade) para a menor.

**Tabela 1** – Resultados do teste de confiabilidade (Alfa de Cronbach)

Princípio	Descrição	Alfa de Cronbach
III	Sobre reduzir a variabilidade	0,848
IX	Sobre introduzir melhoria contínua do processo	0,806
VI	Sobre aumentar a flexibilidade de saída	0,718
VII	Sobre aumentar a transparência do processo	0,708
XI	Sobre fazer benchmarking	0,695
X	Sobre manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	0,692
IV	Sobre reduzir o tempo de ciclo	0,663
VIII	Sobre focar no controle no processo global	0,641
V	Sobre simplificar e minimizar o número de passos e partes	0,634
II	Sobre aumentar o valor do produto através das considerações das necessidades dos clientes	0,51
I	Sobre reduzir atividades que não agregam valor	0,508

Fonte: Os Autores (2019)

Com base nos resultados, observa-se que aproximadamente 82% das questões estão com resultados quanto a confiabilidade acima do mínimo de aceitabilidade. Apenas os princípios “I” e “II” não estão dentro do limite. Esse limite é considerado um Alfa de Cronbach maior ou igual a 0,60 conforme orientado por Hair et al., (2005). Devido a isto, entende-se que o instrumento de pesquisa é confiável. Um instrumento confiável significa que os respondentes estão entendendo as perguntas da mesma maneira, ou seja, utilizando o instrumento de pesquisa em questão, é possível avaliar o que está sendo medido.

## 4.2 Análise de Regressão

O valor de  $R^2$  obtido foi de 0,470. Com isto, fica evidenciado que há uma associação de 47% entre a variável dependente e as variáveis independentes. A análise dos resíduos mostrou normalidade dos dados (os dados constituem uma distribuição normal). Referente à tolerância VIF, obteve-se resultados dos parâmetros aceitáveis. Quanto à homocedasticidade dos resíduos, verificou-se que os dados são homogeneamente distribuídos e em formato de elipse. A amostra possui alguns ofensores que não são considerados graves. E por fim, a amostra ficou com valores próximos a dois quanto a ausência de autocorrelação serial/espacial nos resíduos. Com isto, os pressupostos da análise de regressão múltipla foram atendidos. Com relação ao erro padrão da estimativa, obteve-se 0,99145. Quanto menor o erro padrão (neste caso  $1 - 0,99145$ ), maior a precisão das estimativas (HAIR, 2005).

## 4.3 Análise de Variância (ANOVA)

A análise de variância (ANOVA) compara se o modelo estimado é melhor do que o modelo nulo (sem nenhuma variável independente). O teste avalia se algum dos coeficientes estimados (intercepto e coeficientes de regressão) é significativamente diferente de zero. Em termos técnicos, a estatística F é calculada a partir da divisão da média dos quadrados atribuída à regressão (10,561) pela média dos quadrados dos resíduos (0,983). A probabilidade de que o resultado observado é proveniente de erro amostral pode ser examinada através do teste de significância (*sign.*) assumindo que o modelo nulo é melhor do que o modelo estimado (HAIR et al., 2005). No referido caso, a probabilidade de que o resultado observado esteja errado é muito pequena dado que o grau de significância é menor do que 0,000, conforme Tabela 2. Assim, entende-se o resultado observado é confiável e pode ser usado para fazer inferências sobre a percepção dos respondentes quanto aos efeitos proporcionados pela construção enxuta no desempenho operacional das empresas.

**Tabela 2** – Resultados da ANOVA

<b>Modelo</b>	<b>Média dos quadrados</b>	<b>F</b>	<b>Sign.</b>
Regressão	10,561		0,000
Residual total	0,983	10,744	

Fonte: Os Autores (2019)

#### 4.4 Coeficientes estimados

A pesquisa verificou o efeito que as variáveis independentes (relacionadas nas Tabelas 3 e 4) exercem sobre a variável dependente (“**A utilização dos princípios da construção enxuta na indústria da construção civil, ajuda a melhorar o desempenho operacional das empresas**”). A relação pode ser positiva ou negativa, sendo positiva quer dizer que quanto maior o coeficiente maior é a influência da variável independente sobre a variável dependente. Sendo negativa quer dizer que quanto maior o coeficiente relacionado a variável independente mais estará influenciando negativamente a variável dependente. A Tabela 3 exhibe as relações positivas e a Tabela 4 as relações negativas.

**Tabela 3** – Resultados da regressão linear (relações positivas)

Variável	Beta	Sign.
A empresa faz uso de produtos pré-moldados ou kits sempre que possível?	0,379	0,000
Na sua empresa os produtos e processos ofertados possuem flexibilização?	0,341	0,001
Existe controle sobre as inconformidades nos serviços cotidianos na empresa?	0,330	0,004
A empresa possui algum programa que incentive o funcionário a apresentar novas ideias para a melhoria contínua?	0,329	0,002
Na sua empresa o tempo de ciclo das tarefas são planejados e controlados?	0,212	0,033
Para executar tarefas é utilizado algum outro trabalho da empresa como um modelo bem-sucedido a ser espelhado?	0,197	0,027

Fonte: Os Autores (2019)

Conforme observado na Tabela 3, a variável independente de maior influência positiva na variável dependente é o uso de produtos pré-moldados ou a utilização de kits. O uso de produtos pré-moldados ou a utilização de kits refere-se ao princípio que sugere a simplificação do número de passos ou partes. Esse resultado está alinhado com a literatura, por exemplo, Isatto et al., (2000) que discorre que um elevado número de passos ou partes, contribuiu para aumentar as atividades que não agregam valor, levando a redução do desempenho operacional. Esta afirmação é corroborada por Formoso (2002). Além da utilização de produtos pré-moldados e kits a simplificação de passos ou partes por de ser alcançada com a utilização da modularização na construção civil (PERO et al., 2015). A modularização é uma abordagem de projetos de produtos com base na decomposição do produto em partes menores. Essas partes

menores são chamadas de módulos, que podem ser recombinados ampliando a oferta de produtos finais (PERO et al., 2015).

A modularização contribuiu para o aumento do desempenho operacional das empresas que a utilizam (MOHAMAD et al., 2013). Mohamad et al. (2013) apresentam uma estratégia de projeto, baseada em modularização e padronização, que visa reduzir a variedade de componentes de construção, onde essa variedade afeta negativamente a produtividade. Esses autores concluíram que a modularização melhora o potencial de padronização em projetos pontuais e resulta na melhoria do desempenho operacional. Apesar dos benefícios relatados a modularização é pouco utilizada na indústria da construção civil (PERO et al., 2015). Esse é um fator a ser destacado, pois apesar de ser apontado pelos respondentes como a variável que mais impacta positivamente o resultado operacional das empresas, esse é um princípio pouco utilizado em termos práticos.

Em segundo lugar a variável independente que influencia positivamente a variável dependente é a flexibilização do produto e processo. Segundo Koskela (1992) para se obter sucesso neste princípio é necessário a redução dos tamanhos dos lotes. Além disso, é preciso reduzir os tempos de preparação das tarefas (*setup*). Esses aspectos estão completamente alinhados com os princípios da produção enxuta propostos por Ohno (1988) que foram adaptados por Koskela (1992). A redução do tamanho do lote e a redução dos tempos de *setup*, podem melhorar o fluxo de materiais no processo de produção e reduzir o estoque em processo (OHNO, 1988). Em terceiro lugar a variável independente de influência positiva na variável dependente é o controle das inconformidades. Isso sugere que as empresas devem efetuar controles de qualidade na execução das obras. Isso pode ser operacionalizado pela realização de *check list* de conformidades, por exemplo. Em quarto lugar a variável independente de influência positiva na variável dependente é a implantação de programas que incentivem o funcionário a apresentar novas ideias. O controle das inconformidades e os programas de incentivo a apresentação de novas ideias estão relacionados com o princípio sobre introduzir melhoria contínua no processo, corroborando com Calé (2015). Para Calé (2015) a introdução de melhorias está diretamente relacionada com a melhoria do desempenho operacional das empresas da construção civil. Para operacionalizar este princípio as empresas podem incentivar os funcionários a sugerir melhorias que em muitos casos não são observados pelos

gestores. Existem empresas que criam prêmios de incentivos para as melhores sugestões.

Em quinto lugar a variável independente de influência positiva na variável dependente é controle do tempo de ciclo. Controlar e reduzir o tempo de ciclo é defendido por Arantes (2008). Desta forma é possível efetuar uma entrega mais rápida do produto para o cliente, facilitando o gerenciamento do processo. Além disso, com o controle do tempo de ciclo de cada processo, torna-se possível melhorar a acuracidade do planejamento de produção da obra. O controle de tempo de ciclo também pode ajudar a melhorar as previsões de entregas e a controlar a eficiência da mão de obra. Por fim, em sexto lugar, a variável independente de influência positiva na variável dependente é a utilização de um modelo de trabalho como exemplo para buscar melhoria na execução das tarefas. Esse aspecto está relacionado ao princípio sobre fazer benchmark. Costa et al. (2005) mostra que o benchmark pode gerar importantes benefícios para as empresas. O processo de benchmark gera aprendizagens para as empresas, que podem implantar melhorias que proporciona a melhoria do desempenho operacional (COSTA et al., 2005).

**Tabela 4** – Resultados da regressão linear (relações negativas)

Variável	Beta	Sign.
Existe constante participação dos colaboradores em ações que buscam melhorar os processos internos?	-0,603	0,000
Existem sistemas de comunicação eficiente como: painéis, placas e rádios?	-0,292	0,005

**Fonte:** Os Autores (2019)

Por outro lado, verificou-se que a variável relacionada a participação dos colaboradores em ações que buscam melhorar os processos internos influencia negativamente o desempenho operacional das empresas. Isso significa que quanto maior a participação dos colaboradores nos processos, piores serão os resultados. Além disso, também se percebeu relação negativa da variável sobre os sistemas de comunicação, ou seja, quanto mais se utilizar sistemas de comunicação piores resultados serão observados no desempenho operacional da empresa. Nestes casos, especulamos que estes resultados estão relacionados com o perfil dos respondentes, que são engenheiros e gestores. Entendemos que a participação ativa dos funcionários para buscar melhorias nos processos internos e os sistemas de comunicação nos canteiros de obras não são bem aceitos pelos gestores. Destacamos que esses resultados estão desalinhados com os princípios do *Lean*

*Construction* que destaca que esta participação e comunicação são positivas. As demais variáveis não foram exploradas devido ao p-valor não ser significativo.

## 5 CONCLUSÃO

A principal contribuição do trabalho é evidenciar quais princípios da construção enxuta auxiliam na melhoria do desempenho operacional das empresas da construção civil. Através da pesquisa realizada foi possível elencar as variáveis prevalentes sobre esta melhoria do desempenho operacional. Os resultados do trabalho podem servir como guia para gestores que desejam implantar a construção enxuta. Além disso, pode-se utilizar os resultados obtidos na pesquisa para definir na implantação de quais princípios se deve investir primeiro, por exemplo. Essa decisão é importante para empresas direcionarem seus esforços e investimentos nos princípios que podem gerar melhores resultados.

Destaca-se que segundo os respondentes da pesquisa, as variáveis relacionadas ao *Lean Construction* que ajudam a melhorar o desempenho operacional das empresas (em ordem de importância) são: 1) a utilização de produtos pré-moldados ou kits; 2) trabalhar na flexibilização de produtos ou processo; 3) desenvolver controles de inconformidades; 4) desenvolver programas de incentivo aos funcionários para apresentar novas ideias para melhoria contínua; 5) Planejar e controlar os tempos de ciclo; 6) realizar benchmarking. Também verificou-se que segundo os respondentes, duas variáveis relacionadas aos princípios do *Lean Construction*, além de não contribuir para melhorar o desempenho operacional das empresas, ainda podem proporcionar efeitos negativos. Essas variáveis são: 1) a participação dos colaboradores em ações que buscam melhorar os processos internos; 2) e a implementação de sistemas de comunicação, como painéis, placas e rádios. Entendemos que estes aspectos precisam ser mais investigados de maneira qualitativa, visto que esta investigação qualitativa não é objetivo deste trabalho.

Quanto aos resultados em relação aos princípios que não apresentaram significância estatística no teste de regressão linear, sugere-se aprofundamento da análise em pesquisas futuras. As variáveis independentes que não apresentaram significância estatística são: referente a reduzir atividades que não agregam valor; melhorar o valor do produto através das considerações sistemáticas requeridas pelo

cliente; sobre reduzir variabilidades; sobre focar o controle do processo global; sobre balancear as melhorias no fluxo com as melhorias das conversões.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se estender essa pesquisa no sentido de explorar como a adoção dos princípios da construção enxuta são percebidos pelos clientes internos, externos, fornecedores, colaboradores e parceiros. Além disso, sugere-se ampliar a quantidade de participantes da pesquisa com o objetivo de tornar possível a generalização do setor sob a ótica da construção enxuta no contexto brasileiro. Adicionalmente, sugere-se estudos adicionais para incremento da confiabilidade do instrumento, em especial, dos princípios I e II. Por fim sugere-se a realização de um estudo de caso, para analisar em profundidade os efeitos da implantação da construção enxuta em uma empresa da construção civil, evidenciando as melhorias e as dificuldades encontradas durante todo o processo.

## REFERÊNCIAS

AL-AOMAR, Raid. A lean construction framework with Six Sigma rating. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 4, p. 299-314, 2012.  
<https://doi.org/10.1108/20401461211284761>

ALARCÓN, Luis F. et al. Evaluando los impactos de la implementación de lean construction. **Revista ingeniería de construcción**, v. 23, n. 1, p. 26-33, 2008.

ARANTES, Paula Cristina F. Gonçalves, **Lean Construction – Filosofias e Metodologias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Especialização em Construções 2008.

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

BERNARDES, M. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

CALÉ, Tiago André Lourenço. **Aplicação da filosofia Lean a um caso de estudo para otimização de processos de construção na pré-fabricação de peças de betão**. 2015. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015.

CASTILLO, Gustavo; ALARCÓN, Luis F.; GONZÁLEZ, Vicente A. Implementing lean production in copper mining development projects: Case study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 1, p. 05014013, 2014.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000917](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000917)

COSTA, Dayana. B. et al. **Sistema de Indicadores para benchmarking na construção civil**: manual de utilização. Porto Alegre, 2005.

COSTA, F. J. **Mensuração e desenvolvimento de escalas**: aplicações em administração. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

CUNHA, Anieli Araujo Rangel. **Aplicabilidade do Sistema Lean Construction na Indústria da Construção Civil em Petrolina-PE**. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2009.

DANTAS FILHO, J. B. P.; BARROS NETO, J. de P.; ANGELIM, B. M. Mapeamento do fluxo de valor de processo de construção virtual baseado em BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 343-358, out./dez. 2017. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000400201>

FORMOSO Carlos T. **Lean Construction**: princípios básicos e exemplos. Porto Alegre: Núcleo Orientado para inovação da Edificação, 2002.

GLASER-SEGURA, Daniel A.; PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Fatores influenciadores do sucesso da adoção da produção enxuta: uma análise da indústria de três países de economia emergente. **Revista Administração da Universidade de São Paulo**, v. 46, n. 4, p. 423-436, 2011. <https://doi.org/10.5700/rausp1021>

HAIR, Jr, J.F. **Análise multivariada de dados**. Tradução: Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. 5.ed. – Porto Alegre: Bookman, 2005.

IBGE. **PIB cresce 0,5% em 2014 e chega a R\$ 5,8 trilhões**. 2016. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/9470-pib-cresce-0-5-em-2014-chega-a-r-5-8-trilhoes.html>. Acesso em: 22 maio 2017.

ISATTO, Eduardo L. et al. **Lean construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

JAIN, Bhurchand; ADIL, Gajendra K.; ANANTHAKUMAR, Usha. Development of questionnaire to assess manufacturing capability along different decision areas. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 71, n. 9-12, p. 2091-2105, 2014. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5589-2>

KOPPER, Rafael. **Construção enxuta**: a prática do princípio da transparência nos processos construtivos em empresas da grande Porto Alegre. 2013. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ufrgs, Porto Alegre, 2012.

KOSKELA, L. J. et al. The underlying theory of project management is obsolete. In: **Proceedings of the PMI Research Conference**. PMI, 2002. p. 293-302.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. 1992. 222 f. Technical Report, Finland, Finlândia, 1992.

LORENZON, Itamar Aparecido. **A medição de desempenho na construção enxuta**: estudo de caso. 2008. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Ufsc, São Carlos, 2008.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada . Bookman Editora, 2012.

MOHAMAD, Ahlam et al. Use of Modularization in Design as a Strategy to Reduce Component Variety in One-off Projects. In: **21th Conference of the International Group of Lean Construction (IGLC-21)**, Fortaleza, Brazil. 2013.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system**: beyond large-scale production. crc Press, 1988.

PERO, Margherita; STÖßLEIN, Martin; CIGOLINI, Roberto. Linking product modularity to supply chain integration in the construction and shipbuilding industries. **International Journal of Production Economics**, v. 170, p. 602-615, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.011>

PICCHI, Flávio Augusto. Opportunities for the application of Lean Thinking in construction. **Ambiente construído**, v. 3, n. 1, p. 7-23, 2003.

SARAPH, Jayant V.; BENSON, P. George; SCHROEDER, Roger G. An instrument for measuring the critical factors of quality management. **Decision sciences**, v. 20, n. 4, p. 810-829, 1989. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1989.tb01421.x>

SARHAN, Jamil Ghazi. **Implementação de construção lean na indústria da construção da Arábia Saudita**. 2017. 15 f. Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciência e Engenharia da Austrália, Brisbane, 2017.

SEBRAE. **Sobrevivência das empresas no Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/sobrevivencia-das-empresas-no-brasil-relatorio-2016.pdf>. Acesso em: 22 maio 2017.

SHEEHAN, Kim Bartel. E-mail survey response rates: A review. **Journal of Computer-Mediated Communication**, v. 6, n. 2, p. 0-0, 2001. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2001.tb00117.x>

TABACHNICK, B.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics** (3a ed.). New York: Harper Collins, 1996.

THOMAS, H. Randolph et al. Improving labor flow reliability for better productivity as lean construction principle. **Journal of construction engineering and management**, v. 129, n. 3, p. 251-261, 2003. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:3\(251\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:3(251))



Artigo recebido em: 24/04/2018 e aceito para publicação em: 30/05/2019  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i2.3231>

Anexo 1 – Instrumento de pesquisa

Responda conforme o grau de concordância em escala de 1 a 5 em que o 1 discordo totalmente e 5 concordo totalmente.		( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Discordo ..... Concordo Totalmente Totalmente
<b>I</b>	<b>Sobre reduzir atividades que não agregam valor</b>	
01	Na sua empresa há a preocupação de reduzir atividades que não agregam valor?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Na sua empresa existem equipamentos para auxiliar nos transportes verticais e horizontais?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
03	É realizado medição de desempenho das atividades realizadas?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>II</b>	<b>Sobre aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente</b>	
01	O cliente possui um meio de comunicação eficiente, no qual pode realizar suas considerações sobre o trabalho efetuado?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Busca-se implantar as considerações dos clientes, quando solicitados para tal?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>III</b>	<b>Sobre reduzir a variabilidade</b>	
01	Existem procedimentos formalizados para execução das atividades?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Existe um sistema de qualidade implantado na empresa?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
03	As equipes são polivalentes e os trabalhos são facilitados por moldes ou gabaritos para atividades repetitivas?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>IV</b>	<b>Sobre reduzir o tempo de ciclo</b>	
01	Na sua empresa o tempo de ciclo das tarefas são planejados e controlados?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	O tempo de ciclo das atividades internas é conhecido?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>V</b>	<b>Sobre simplificar e minimizar o número de passos e partes</b>	
01	Os processos e os fluxos são simples e eficientes? (contratação de empresas terceirizadas, fluxos de informações, etc...).	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	A empresa faz uso de produtos pré-moldados ou kits sempre que possível?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
03	As informações sobre quais tarefas serão realizadas na semana são claras e estão disponíveis a todos os trabalhadores?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>VI</b>	<b>Sobre aumentar a flexibilidade de saída</b>	
01	Na sua empresa os produtos e os processos ofertados possuem flexibilização?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Os funcionários são capazes de realizar atividades diversas?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>VII</b>	<b>Sobre aumentar a transparência do processo</b>	
01	Na sua empresa os ambientes de trabalhos são limpos, claros, ergonômicos e agradáveis de se trabalhar?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	As metas, resultados e expectativas são informações abertas e divulgadas entre os funcionários?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
03	Existem sistemas de comunicação eficiente como: painéis, placas e rádios?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )

04	Existe um espaço agradável destinado aos clientes?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>VIII</b>	<b>Sobre focar no controle no processo global</b>	
01	A sua empresa realiza controle sobre seu faturamento periodicamente?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Os funcionários sabem quais são as atividades a serem executadas em cada dia da semana?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>IX</b>	<b>Sobre introduzir melhoria contínua do processo</b>	
01	Na sua empresa existe algum programa de implantação de melhoria contínua na empresa?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Existe controle sobre as inconformidades nos serviços cotidianos na empresa?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
03	Existe constante participação dos colaboradores em ações que buscam melhorar os processos internos?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
04	A empresa possui algum programa que incentive o funcionário a apresentar novas ideias para a melhoria contínua?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>X</b>	<b>Sobre manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões</b>	
01	Como você classifica o controle sobre o fluxo de informações em sua empresa?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Como você classifica o controle sobre o fluxo de materiais internos?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>XI</b>	<b>Sobre fazer benchmarking</b>	
01	A empresa faz uso de Benchmark? (Benchmark pode ser considerado o destaque positivo de outras empresas que pode ser usado como modelo para seus trabalhos)	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
02	Para executar tarefas é utilizado algum outro trabalho da empresa como um modelo bem-sucedido a ser espelhado?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )
<b>B</b>	A utilização dos princípios da construção enxuta na indústria da construção civil, ajuda a melhorar o desempenho operacional das empresas (FORMOSO, 2002; THOMAS et al., 2003; LORENZON, 2008; AL-AOMAR, 2012). Você concorda?	( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 )

Fonte: Elaborado pelos Autores (2019) com base em Cunha (2009)