

CONSTRUÇÃO ENXUTA E SISTEMAS MENSURADORES DE DESEMPENHO: DOIS MÉTODOS APLICADOS AO MESMO PROJETO

Priscila Mirapalhete Rodegheri (Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção - PPGECiv - UFSCar) eng.priscilamr@gmail.com

Sheyla Mara Baptista Serra (Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção - PPGECiv - UFSCar) sheylabs@ufscar.br

Resumo

O objetivo do presente trabalho é comparar dois Sistemas Mensuradores de Desempenho, ou Performance Measurement Systems (PMS), desenvolvidos para medir a adesão da empresa ou empreendimento aos princípios da construção enxuta. Os sistemas foram aplicados ao mesmo empreendimento e com o resultado obtido pode-se verificar que os dois apresentam classificação equivalente quanto à adesão aos princípios da construção enxuta. Concluiu-se que os PMS utilizados possuem significativa diferença em seu método de aplicação, abrangência e necessidade de engajamento da empresa, mas convergem a resultados semelhantes de avaliação global do mesmo empreendimento podendo serem utilizados de forma complementar para uma avaliação integral da empresa.

Palavras-Chaves: Lean Construction, Sistemas Mensuradores de Desempenho, Gestão do conhecimento em sistemas produtivos.

1. Introdução

Ao longo da história, a construção civil vem acompanhando o desenvolvimento tecnológico das diferentes gerações adaptando os avanços aos seus conceitos básicos. Dentre esses avanços pode-se citar o desenvolvimento da construção enxuta, ou Lean Construction (LC) em inglês, que foi idealizada por Koskela (1992) aplicando os princípios do pensamento enxuto, ou Lean Thinking (LT), consagrados na indústria automobilística, à construção civil.

A partir do trabalho de Koskela (1992), as práticas enxutas foram sendo difundidas entre as empresas e profissionais da construção, trazendo benefícios a estes e aos demais envolvidos. A mensuração das melhorias oriundas da aplicação da construção enxuta faz-se necessário assim como a qualquer outro sistema de gestão, como dito por Chrysostomou (2000), “quem não mede não gerencia”, citado por Alarcón et al. (2001).

Dentro da construção civil, são difundidos alguns sistemas mensuradores de desempenho, ou Performance Measurement Systems (PMS), baseados em resultados como os Key Performance Indicators (KPI) e Balanced Scorecard (BCS). Após a divulgação dos onze princípios propostos por Koskela (1992) e das cinco diretrizes do pensamento enxuto apresentadas por Womack e Jones (1997), precisou-se desenvolver PMS dedicados a essa nova estrutura.

Os PMS desenvolvidos com base nos princípios enxutos tendem a focar a avaliação em algumas das premissas e na aplicação integral da LC, como é o caso do Last Planner System (LPS) (BALLARD, 2000), dos parâmetros sugeridos por Alarcón et al. (2001) que focam na quantificação dos desperdícios, tempo de ciclo e retrabalho e do processo de avaliação proposto por Moon, Yu e Kim (2007) baseado no sistema de produção focado no Transformation-Flow-Value (TFV).

Em 2008 foram publicados dois PMS da LC: Carvalho (2008) e Hofacker et al., (2008) baseados no desenvolvimento e aplicação de questionários que consideram a avaliação dos onze princípios propostos por Koskela (1992). O resultado obtido traduz, de forma quantitativa, a aderência do empreendimento aos princípios enxutos. Os métodos podem ser classificados como modelos quantitativos de sistemas mensuradores de desempenho, ou Quantitative Models for Performance Measurement Systems (QMPMS). Apesar de avaliar a adesão a todos princípios da LC e apontar o foco de melhoria que deve ser adotado, esses métodos tem como desvantagem o fato de serem subjetivos e de difícil aplicação prática, pois avaliam grande número de fatores e os resultados devem, preferencialmente, serem analisados por avaliadores que dominem as técnicas de LC, conforme cita Sarhan e Fox (2013).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo traçar um comparativo entre os métodos de avaliação propostos por Carvalho (2008) e Hofacker et al. (2008) por meio do estudo de caso de um empreendimento residencial realizado no interior do estado de São Paulo, e apresentar as vantagens e desvantagens de cada método e a visão dos autores sobre as melhores aplicações dos mesmos.

2. Materiais e métodos

Inicialmente foi realizada revisão bibliográfica em bases de dados de documentos científicos buscando por termos como “evaluation lean construction”, “performance measurement systems lean construction” e “performance indicator lean construction” onde foram

encontrados diversos documentos que foram filtrados através da leitura de seus resumos. Os artigos selecionados abrangem o período de 2000 a 2018 oriundos de diferentes partes do mundo, com estudos de casos, revisões bibliográficas, proposição e comparação entre PMS voltados a LC.

Dentre as metodologias de avaliação do desempenho voltadas a LC verificadas na bibliografia, as apresentadas por Carvalho (2008) e Hofaker et al. (2008) foram as selecionadas para este trabalho. A escolha se deu por serem mais abrangentes em relação ao LT sendo baseadas diretamente nos onze princípios da LC. O fato de possuírem metodologia de aplicação e origem semelhantes, conforme será apresentado na sequência, possibilita a comparação dos resultados obtidos após a aplicação das ferramentas em um mesmo empreendimento.

2.1. Sistemas mensuradores de desempenho

2.1.1 Carvalho (2008)

O método deste autor consiste em questionários estruturados, baseados nos conceitos propostos por Koskela (1992), onde os onze princípios foram adaptados em forma de perguntas direcionadas a diferentes áreas da empresa a ser avaliada. Após a aplicação, os questionários fornecem dados quantitativos que permitem a análise do empreendimento e da empresa em relação a presença e eficiência da LC.

Carvalho (2008) propõe a aplicação dos questionários a seis diferentes partes envolvidas no empreendimento, a fim de apresentar a visão focada de cada setor e sua adesão aos conceitos da LC. Os questionários são direcionados aos seguintes agentes: diretor, projetista, engenheiro, fornecedor e operário, representando as diferentes áreas internas da empresa e cliente, apresentando a visão externa.

Mesmo sendo focado nos princípios da LC, o método é aplicável a empresas que não adotam o sistema e pode ser utilizado para avaliação do desempenho desta antes e após a implementação das ferramentas de LC. Carvalho (2008) ressalta a importância da aplicação dos questionários a, ao menos, um representante de cada uma das categorias e a preferência da realização das entrevistas por pessoa externa ao empreendimento que possua domínio sobre os conceitos de LC podendo solucionar possíveis dúvidas.

Todas as perguntas devem ser respondidas de forma quantitativa, na escala Likert de zero a três, em relação a presença ou não do princípio descrito. Sendo zero equivalente a ausência de características do princípio e três referente à presença e implementação bem sucedida do princípio nos últimos doze meses. A opção por escala com quatro valores (zero, um, dois e três) para resposta das perguntas, evita a tendência do respondente ao valor intermediário que pode levar a resultados inconsistentes na análise final.

Após a aplicação deste PMS, é obtido um valor percentual referente a adesão do empreendimento aos princípios da LC e este é classificado em uma escala de quatro classes com três subclasses cada, variando de **D** (sem adesão a LC) a **AAA** (aplicação total da LC).

Carvalho (2008) desenvolveu inicialmente os questionários e os aplicou a alguns profissionais, discutindo em seguida o resultado obtido com especialistas a fim de aprimorá-los até atingir a versão final destes. A versão final foi aplicada a quatro empresas de diferentes regiões e portes, que foram avaliadas quanto à adoção ou não os princípios da LC. Os resultados apresentaram a validade do método e forneceram dados para traçar um plano de ação a fim de corrigir a aderência aos princípios menos pontuados e estabelecer metas para um estado futuro de desempenho.

2.1.2. Hofaker et al. (2008)

Este trabalho foi desenvolvido por pesquisadores do projeto PROBRAL (Universidade Federal do Paraná/BR e Universidade de Karlsruhe/AL) a fim de desenvolver um sistema mensurador de desempenho específico a LC. O modelo foi nomeado Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR) por se tratar de uma ferramenta de aplicação rápida com resultados quantitativos sobre o grau de adesão aos conceitos da LC.

A equipe do projeto visitou diversas obras em ambos países buscando identificar melhores práticas e aplicações de ferramentas de LC. Os empreendimentos foram comparados, mesmo que com diferentes configurações e aplicações da filosofia LC e foi possível identificar referências de ponta (benchmark) em diferentes temáticas, porém não foi possível elencar uma. Na sequência os pesquisadores desenvolveram o sistema LCR a fim de ranquear o desempenho de cada empreendimento visitado.

Para atender a demanda, foi necessário desenvolver uma ferramenta flexível que pudesse ser aplicada a diferentes tipos de empreendimentos e as variadas implementações dos princípios da LC. Os resultados obtidos através da aplicação deste sistema apresentam a adesão a LC e

podem ser usados como ferramenta de apoio a mensuração dos riscos e desempenho do empreendimento com foco no valor e qualidade do processo de produção.

O questionário deve ser preenchido individualmente por, pelo menos, dois pesquisadores após a visita a obra que não deve durar mais de uma hora. A visita deve ser acompanhada por dois ou mais profissionais da empresa e os entrevistadores devem ter domínio sobre os princípios e práticas de LC e das perguntas do questionário. Os resultados obtidos individualmente por cada entrevistador, devem ser debatidos e então preenchido um questionário final com respostas de comum acordo entre eles.

Hofaker et al. (2008) tomou por base trabalhos anteriores desenvolvidos para avaliar o desempenho de indústrias que adotaram o LT. As trinta questões propostas consideram os princípios da LC e do LT. Elas foram subdivididas em seis categorias: foco no cliente; desperdícios; qualidade; fluxo de materiais e produção puxada; organização, planejamento e fluxo de informações e melhoria contínua.

As respostas devem ser numéricas em uma escala Likert de zero a seis, sendo zero sem aderência ao princípio abordado e seis aplicabilidade máxima deste. O resultado final é dado em porcentagem e classificado entre quatro classes com três subclasses cada uma, variando de **d** (sem adesão) a **aaa** (domínio e uso dos princípios de LC).

2.1.3. Carvalho (2008) x Hofaker et al. (2008)

Os dois PMS escolhidos apresentam similaridade em sua origem tanto em relação ao embasamento na filosofia da LC, como no período de desenvolvimento e objetivos finais. As diferenças consistem na forma de aplicação, escala de classificação dos resultados e nível diferente de adesão da empresa para cada pesquisa.

A proposta de Carvalho (2008) apresenta seis questionários, com cerca de trinta questões cada, a serem respondidos por meio de entrevistas a diferentes agentes envolvidos no empreendimento além de visita ao canteiro de obras e, posteriormente, avaliação dos resultados individuais e compilação dos mesmos para classificação do empreendimento.

O questionário proposto por Hofaker et al. (2008) apresenta trinta questões e deve ser preenchido por dois pesquisadores após visita ao canteiro de obras. Com os resultados obtidos, os pesquisadores devem discutir e entrar em consenso quanto a avaliação final do empreendimento.

O segundo mostra-se mais ágil em sua aplicação necessitando menor adesão da equipe do empreendimento e interferência na rotina de obra apresentando resultado focado na aplicação dos princípios da LC em canteiro de obra. O primeiro demanda mais tempo de aplicação e maior envolvimento da empresa na pesquisa, porém abrange visões internas e externas a obra podendo expandir de forma abrangente seus resultados ao âmbito da empresa.

Os dois PMS consideram o valor das perguntas uniforme fazendo com que os princípios sejam considerados igualmente na avaliação. Para a pontuação final da empresa, Carvalho (2008) também considera mesmo peso aos questionários aplicados as diferentes pessoas internas e externas ao empreendimento, assim como de diferentes níveis hierárquicos.

A principal distinção entre os métodos de avaliação é a escala de valores adotada para classificação final do empreendimento, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Escalas de classificação propostas por Carvalho (2008) e Hofaker et al. (2008)

| CLASSIFICAÇÃO | | | | | |
|-----------------|-------------|-----------|-----------------------|-------------|---------|
| CARVALHO (2008) | | | HOFAKER ET AL. (2008) | | |
| PATAMAR | % | CATEGORIA | CATEGORIA | % | PATAMAR |
| 5 | 95% to 100% | AAA | aaa | 95% to 100% | 6 |
| 5 | 90% to 94% | AA | aa | 89% to 94% | 6 |
| 5 | 85% to 89% | A | a | 81% to 88% | 8 |
| 5 | 80% to 84% | BBB | bbb | 73% to 80% | 8 |
| 5 | 75% to 79% | BB | bb | 64% to 72% | 9 |
| 5 | 70% to 74% | B | b | 55% to 63% | 9 |
| 5 | 65% to 69% | CCC | ccc | 46% to 54% | 9 |
| 5 | 60% 64% | CC | cc | 37% to 45% | 9 |
| 5 | 55% to 59% | C | c | 28% to 36% | 9 |
| 5 | 50% to 54% | DDD | ddd | 19% to 27% | 9 |
| 5 | 45% to 49% | DD | dd | 10% to 18% | 9 |
| 45 | 0 to 44% | D | d | 0 to 9% | 9 |

Fonte: As autoras.

Para Hofaker et al. (2008), a distribuição das classes é mais homogênea entre os percentuais com patamares de classes superiores gradualmente menores. Em seu trabalho, o autor cita a

utilização da mesma lógica de classificação e representação adotada para avaliação de riscos em empreendimentos e afirma que essa escala foi calibrada a partir da aplicação do método em diferentes obras no Brasil e discussões envolvendo pesquisadores dos países envolvidos no programa que deu origem a esse PMS.

Para classificação final proposta em seu trabalho, Carvalho (2008) baseou-se na escala de Hofaker et al. (2008), porém não esclareceu os motivos da alteração das proporções entre os patamares.

Observa-se que, em ambos os sistemas, os patamares de avaliação mais baixos possuem amplitude maior que os patamares de maior aderência as diretrizes da LC. Os dois autores aplicaram suas metodologias em diferentes empresas para teste e calibração dos modelos, assim como da escala de classificação final. Com os resultados obtidos da aplicação de seus sistemas, os autores observaram que as escalas propostas atendem o objetivo do trabalho pois, classificaram de forma mais elevada empresas que utilizam da LC em relação as que não utilizam.

Os seis questionários propostos por Carvalho (2008) possuem suas questões agrupadas dentre os princípios da LC, já as questões propostas por Hofaker et al. (2008) não possuem esse agrupamento e sim subdivididos em seis categorias apresentadas anteriormente.

2.2. Situações de contorno desse estudo de caso

O empreendimento deste estudo de caso é um condomínio residencial multifamiliar constituído por cinquenta casas e infraestrutura comum aos condôminos. A empresa responsável pelo desenvolvimento da obra é de pequeno porte, fundada em 2015 a partir da fusão de uma empresa de projetos e uma construtora residencial que somam doze anos de experiência na região de Sorocaba-SP.

O empreendimento foi idealizado por um grupo de investidores sendo este o cliente principal da obra e contou com financiamento de programas habitacionais brasileiros. No período das avaliações a obra encontrava-se em fase de acabamento tendo as instalações de canteiro de obras reduzidas assim como estoque e fluxo de materiais e pessoas.

A empresa não se diz utilizadora dos princípios da LC mesmo estes sendo de conhecimento de alguns entrevistados e de fornecedores externos. Na visita realizada, verificou-se a aplicação de ferramentas da LC mesmo que de forma despropositada e foram detectadas

limitações à adoção por alguns dos princípios devido ao caráter repetitivo de um condomínio e de exigências específicas do programa federal de fomento.

Para aplicação dos questionários propostos por Carvalho (2008), foram entrevistados quatro agentes internos da empresa (operário, projetista, diretor e engenheiro) e um investidor do empreendimento como cliente externo. Não foi possível contatar um fornecedor, o que reduz a amplitude de abrangência da pesquisa, porém os dados obtidos foram considerados suficientes para traçar o perfil do empreendimento e o grau de adesão aos princípios da LC.

Por motivos técnicos, não foi possível realizar a aplicação do questionário proposto por Hofaker et al. (2008) por, ao menos, dois entrevistadores externos ao empreendimento. Os questionários foram respondidos, um por entrevistador e outro pelo projetista da empresa, ambos com conhecimento de LC. O preenchimento foi realizado após visita a obra onde foram discutidas ferramentas aplicadas baseadas nos conceitos do LT e as limitações impostas pela natureza do empreendimento e concepções de projeto exigidas pelo cliente.

3. Resultados

3.1. Carvalho (2008)

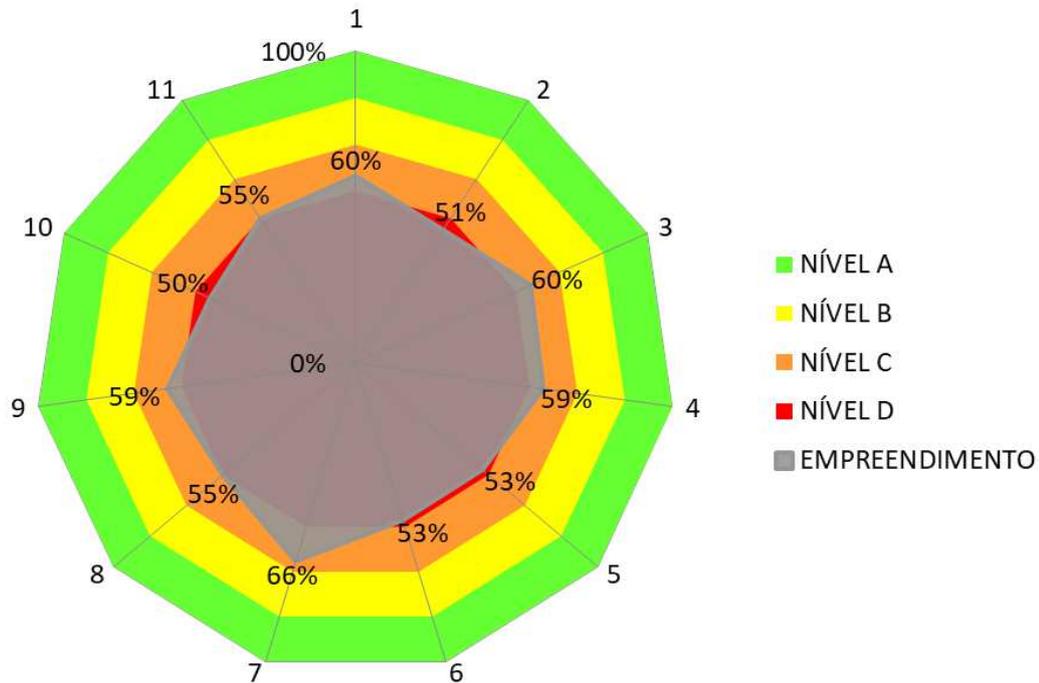
Os dados coletados por meio das entrevistas com os envolvidos no empreendimento são apresentados no Quadro 1 e na Figura 2. Verifica-se a classificação da empresa como sendo na categoria C, subcategoria C, com 56% de aderência aos princípios da LC mesmo não tendo declarado a adoção consciente dessa filosofia.

Quadro 1 – Resultados dos questionários propostos por Carvalho (2008)

| ENTREVISTADO | CONHECE LC? | % |
|-----------------------|--------------------|------------|
| Diretor | Não | 39% |
| Engenheiro | Sim | 49% |
| Projetista | Sim | 66% |
| Operário | Não | 68% |
| Cliente | Sim | 59% |
| CLASSIFICAÇÃO: | | 56% |

Fonte: As autoras.

Figura 2 – Avaliação do empreendimento segundo o método de Carvalho (2008)



Fonte: As autoras.

3.2. Hofaker et al. (2008)

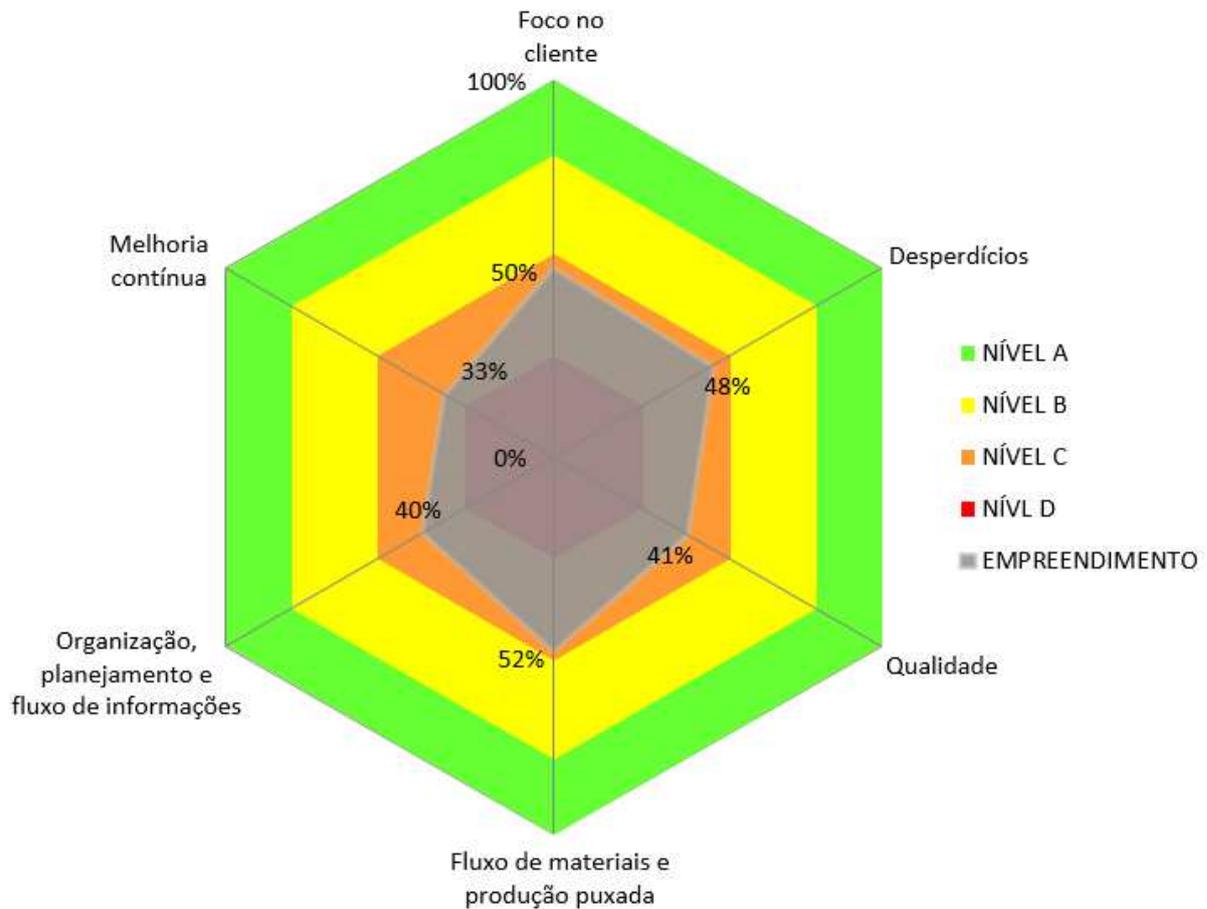
Os dados coletados através do preenchimento e discussão do questionário são apresentados no Quadro 2 e na Figura 3. Verifica-se a classificação da empresa como sendo na categoria **c**, subcategoria **ccc**, com 44% de aderência aos princípios da LC.

Quadro 2 – Resultados do questionário proposto por Hofaker et al. (2008)

| CATEGORIAS segundo Hofaker et al. (2008) | | % |
|---|---|------------|
| 1 | Foco no cliente | 50% |
| 2 | Desperdícios | 48% |
| 3 | Qualidade | 41% |
| 4 | Fluxo de materiais e produção puxada | 52% |
| 5 | Organização, planejamento e fluxo de informação | 40% |
| 6 | Melhoria continua | 33% |
| CLASSIFICAÇÃO: | | 44% |

Fonte: As autoras.

Figura 3 – Avaliação do empreendimento segundo o método de Hofaker et al. (2008)



Fonte: As autoras.

4. Resultados

A metodologia proposta por Carvalho (2008) classificou a empresa como pertencente ao nível **C** subnível **C**, com 56% de aderência aos princípios da LC. O método LCR de Hofaker et al (2008) classificou a empresa no nível **c** subnível **cc**, com 44% de aderência aos princípios enxutos. Percebe-se que a diferença percentual e de classificação final entre os métodos é pequena e nos dois casos o empreendimento ficou abaixo da classificação média das subclasses **B-CCC** e **b-ccc**, respectivamente.

O LCR realiza a avaliação apenas na obra, sem considerar outros aspectos internos e externos a empresa. Carvalho (2008) propõe a aplicação dos questionários a agentes de diferentes setores da empresa, incluindo o engenheiro responsável pela obra, sendo que o valor obtido por meio da entrevista com este agente foi de 49% de adesão à filosofia enxuta. Nessas condições, pode-se observar que a correlação entre os valores obtidos com os dois métodos é

ainda mais próxima, porém a diferença entre a escala dos patamares iniciais de classificação propostos por Carvalho (2008) e da ascensão gradual apresentada por Hofaker et al. (2008) fazem com que a categoria se distancie, sendo classificada na categoria **D** subcategoria **DD** pelo primeiro método.

As categorias que agrupam as questões propostas por Hofaker et al. (2008) incluem a perspectiva de foco no cliente, para a qual o empreendimento pontuou 50% de adesão, categoria **c** subcategoria **ccc**. O questionário de Carvalho (2008) direcionado ao cliente obteve pontuação de 59%, categoria **C** subcategoria **C**. Observa-se diferença de apenas 9 pontos percentuais entre as duas metodologias e ambas categorizadas como **C**, terceiro nível.

Para a categoria de melhoria contínua das questões do método LCR, o empreendimento registrou o menor percentual de aderência, apenas 33%, classe **c** subclasse **c**. Pode-se correlacionar esta categoria diretamente com o nono princípio da LC que, no questionário de Carvalho (2008), foi classificado na categoria **C** subcategoria **C** com 59% de aderência.

A diferença nos patamares das categorias de classificação final dos dois métodos mostra sua diferença quando observa-se que, para Hofaker et al. (2008) nenhuma categoria de perguntas foi classificada como **d**, **dd** ou **ddd**. Enquanto no método de Carvalho (2008) verifica-se que quatro princípios foram classificados como **D**, **DD** e **DDD**, mesmo tendo pontuação superior a 50%, são eles: 2, 5, 6, 10.

5. Conclusão

Observa-se que, após aplicação dos dois métodos, a empresa, considerando o empreendimento estudado, foi classificada na categoria **C** com foco em qualidade, porém baixo ou nenhum conhecimento em LC. Com 12 pontos percentuais de diferença entre a média das respostas aos questionários de adesão a construção enxuta, os dois métodos convergem na classificação mesmo tendo diferenças significativas na abrangência da coleta de dados.

Quando comparados apenas os resultados referentes a perspectiva do canteiro de obras, a diferença percentual diminui ainda mais para apenas 5 pontos percentuais, mas a classificação dentro das escalas propostas muda significativamente. Isso mostra que a escala proposta por Carvalho (2008) é mais rigorosa em relação a empresas que mostram menor adesão a filosofia enxuta em relação à escala do método LCR.

O comparativo entre os métodos quanto a aspectos correlacionados como foco no cliente, melhoria contínua e flexibilização do produto ressalta a abrupta mudança de patamar na escala de Carvalho (2008) entre a subcategoria **D** e **DD**. Essa escala faz com que qualquer aspecto com valor menor que 45% seja automaticamente classificado como não aderente a filosofia. Isso generaliza os parâmetros de forma que, caso a empresa venha a aplicar os princípios da construção enxuta de forma gradual, aferindo periodicamente seu desenvolvimento, a evolução inicial pode ser mascarada pela ampla gama de valores que abrange o primeiro patamar de categorização.

A escala de avaliação final do método LCR possui patamares de evolução graduais, que se desenvolvem de forma inversa ao grau de adesão, isso faz com que o aprimoramento gradual seja melhor observado com essa escala. As subcategorias de maior aderência possuem patamares mais próximos, indicando que empresas que já possuem certo grau de aplicação de LC tendem a ter mais facilidade aumentar sua adesão aos princípios dessa filosofia.

Para a avaliação de um empreendimento, pode-se indicar inicialmente a aplicação do método LCR por ser mais expedito e, posteriormente, utilizar a proposta de Carvalho (2008) para refinar os resultados diante de toda empresa, apontando as áreas que necessitam de maior atenção na busca pela aplicação dos princípios da LC.

Consideram-se assim os métodos como complementares e podendo adequar-se à necessidade da empresa por um sistema mais ágil ou detalhado de avaliação. Ambos os autores ressaltam em seus trabalhos que a aplicação em apenas uma obra não é representativa dos aspectos enxutos da empresa como um todo, e sim apenas do empreendimento avaliado.

Hofaker et al. (2008) ressalta que, se o método for aplicado em três ou mais obras da mesma empresa, pode-se generalizar os resultados como sendo da companhia e não apenas das obras. Em comparação com o método de Carvalho (2008), o anterior possui a desvantagem de avaliar apenas a obra, portanto é sugerido que para avaliação do estado atual da empresa como um todo se deve aplicar os questionários de Carvalho (2008) em diferentes obras, tendo assim maior amplitude de resultados para vislumbrar o estado atual de adesão dos princípios da LC pela empresa.

Para trabalhos futuros, propõe-se a criação de um processo com fluxo estruturado para avaliação de empresas através da aplicação dos dois PMS utilizados neste estudo que, ao final, apresente proposições expeditas de melhorias conforme os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ALARCÓN, L. F. et al. Learning from collaborative benchmarking in the construction industry. In: 9th Annual Conference of the International Group of Lean Construction (IGLC 9), **Proceedings...** Singapore p. 1–10, 2001. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/129>. Acesso em fevereiro de 2019.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Thesis. Faculty of Engineering of University of Birmingham, 2000. 192p. Disponível em: <http://www.leanconstruction.dk/media/15590/ballard2000-dissertation.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

CARVALHO, B. S. DE. Proposta de uma ferramenta de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta. 141p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/21468/Revisao%20Dissertacao%20BSC%20V16.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

HOFACKER, A. et al. Rapid Lean Construction-quality Rating model (LCR). 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-16), **Proceedings...**, Manchester, July, p. 241–250, 2008. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/573>. Acesso em fevereiro de 2019.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report #72, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, 1992. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

MOON, H.-G.; YU, J.; KIM, C. Performance indicators based on TFV theory. **In: 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-15), Proceedings...**, Michigan, v. 7101, n. July, p. 141–146, 2007. Disponível em: <http://iglc.net/papers/Details/466>. Acesso em fevereiro de 2019.

SARHAN, S.; FOX, A. Performance Measurement in the UK Construction Industry and its Role in Supporting the Application of Lean Construction Concepts. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 1, p. 23–35, 2013. Disponível em: <https://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/3069>. Acesso em fevereiro de 2019.

WOMACK, J.; JONES, D. T. Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 48, n. 11, p. 1144-1150, 1997. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1057/palgrave.jors.2600967>. Acesso em fevereiro de 2019.