Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

[1]AVANÇOS E LACUNAS NO PROCESSO DE *BENCHMARKING* EM CONSTRUTIBILIDADE: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Advances and gaps in constructability benchmarking process: a bibliographic study

João Paulo Maciel de Abreu
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, Santa Catarina | joaopaulojpma@hotmail.com

Fernanda Fernandes Marchiori
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, Santa Catarina | fernanda.marchiori@ufsc.br

RESUMO

Escolhas de projeto são decisivas para obter execuções eficientes, contudo, problemas de construtibilidade, em geral, não são reportados aos projetistas para embasar projetos futuros. Esses problemas poderiam ser mitigados usando-se ferramentas como: bancos de dados de construtibilidade, programas corporativos ou sistemas de indicadores. Do ponto de vista das contratantes de projeto, tais ferramentas permitiriam comparar partidos arquitetônicos, decisões estruturais e sistemas construtivos, com formulação de metas/comparações, todavia, há poucas menções quanto à possibilidade de realização de *benchmarking* de construtibilidade, técnicas ou dados de referência no mercado da construção atual. Diante desse contexto, a presente pesquisa desenvolveu um levantamento de como o *benchmarking* em avaliação de construtibilidade poderia ser realizado. O método possui quatro etapas (exploratória, estado-da-arte, classificação das pesquisas e definição de avanços/lacunas), em estudo bibliográfico. Como resultados, observou-se um paralelo entre *benchmarking* externo e de boas práticas, visando comprovar relações entre construtibilidade e maior produtividade. Também foram levantados estudos propondo sistemas de indicadores, restritos ao *benchmarking* interno, e poucos casos de dados para *benchmarking* externo. Pesquisas futuras podem ser desenvolvidas, como escalas de *benchmarking* (sistemas de indicadores novos ou pré-existentes), ou a realização de *benchmarking* setorial ou estrutural, até então inexplorados na bibliografia existente.

Palavras-chave: Construtibilidade; Indicadores; Melhores Práticas; *Benchmarking*.

ABSTRACT

Design choices are decisive to obtain efficient executions, however, constructability problems, in general, are not reported to designers to support future designs. These problems could be mitigated using tools such as: constructability databases, corporate programs, or indicator systems. From the point of view of project contractors, such tools would allow comparing architectural designs, structural decisions, and construction systems, with the formulation of goals/comparisons, however, there are few mentions regarding the possibility of carrying out benchmarking of constructability, techniques or reference data in the current construction market. Given this context, this research developed a study of how benchmarking in constructability assessment could be carried out. The method has four stages (exploratory, state-of-the-art, research classification and definition of advances/gaps), in a bibliographical study. As a result, a parallel was observed between external benchmarking and good practices, aiming to prove relationships between constructability and greater productivity. Studies were also raised proposing systems of indicators, restricted to internal benchmarking, and few cases of data for external benchmarking. Future research can be developed, such as benchmarking scales (new or pre-existing indicator systems), or the performance of sectoral or structural benchmarking, hitherto unexplored in the existing bibliography.

Keywords: *Constructability; Buildability; Indicators; Best Practices; Benchmarking*.

1 INTRODUÇÃO

Construtibilidade é uma característica inerente às construções, indicando seu grau de facilidade de execução, uso ótimo de recursos disponíveis e a consideração antecipada das operações construtivas na etapa de projeto (ASCE, 1991; SABBATINI, 1989). Problemas de construtibilidade apontados desde o *Emmerson Report*, de 1962 (EMMERSON, 1962 *apud* LAM; WONG; CHAN, 2006), persistem ao longo dos anos, como elementos construtivos sem compatibilização, detalhes de difícil execução (*e.g.*, geometria, dimensões, acabamentos) ou a falta de comunicação entre os envolvidos no projeto e na execução (BELLAN; FABRICIO, 2010; KIFOKERIS; XENIDIS, 2017).

[1]ABREU, J.P.M. de; MARCHIORI, F.F. Avanços e lacunas no processo de *benchmarking* em construtibilidade: um estudo bibliográfico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

Visando a mitigação desses problemas, ferramentas foram desenvolvidas, como: bancos de dados de construtibilidade (SILVA, 2018); programas corporativos (O'CONNOR; MILLER, 1994); ou ainda sistemas de indicadores de construtibilidade (LAM; WONG; CHAN, 2006). Esses sistemas de indicadores podem auxiliar na definição de metas e objetivos, utilizando indicadores para avaliar, controlar e melhorar a construtibilidade em projetos. As avaliações podem ser realizadas de forma individualizada, ou serem tecidas comparações entre diferentes elementos, que podem ser unidades, produtos ou empreendimentos (GHALAYINI; NOBLE, 1996). O processo de comparação, interno e externo, com as melhores práticas (em construtibilidade ou outras características) é chamado de *benchmarking* (COSTA *et al.,* 2006; COSTA; FORMOSO, 2011). Esse processo faz parte das melhores práticas em gestão e medição do desempenho, bem como dos princípios da construção enxuta (BARTH; FORMOSO; STERZI, 2019)

Lam e Wong (2009) ressaltam a importância da existência de *benchmarking* para que haja melhorias de construtibilidade, com envolvimento de todos os *stakeholders*, como empresas, projetistas e o setor de construção como um todo. Ainda segundo esses autores, pode-se associar o crescimento de indicadores de construtibilidade a ganhos de performance em termos de produtividade, custo, qualidade e segurança.

Apesar de existirem sistemas de indicadores visando a avaliação de construtibilidade como os propostos por Wong (2007), Tauriainen, Puttonen e Saari (2015) e Fadoul, Tizani e Osorio-Sandoval (2021), dentre outros, poucas ou mesmo inexistentes são as menções nessas pesquisas à possibilidade de realização de *benchmarking*, técnicas ou dados de referência. Desse modo, o ciclo de avaliação e melhoria torna-se limitado. Diante desse contexto, a presente pesquisa buscou realizar um levantamento de como o *benchmarking* em avaliação de construtibilidade poderia ser realizado, descrevendo avanços e lacunas nesse estágio que sucede a avaliação de desempenho por indicadores.

Estruturou-se o presente artigo da seguinte forma: (item 1) introdução, descrevendo problemas de construtibilidade, ferramentas de melhoria, a existência do processo de *benchmarking* e de poucos dados na área de avaliação de construtibilidade; (item 2) com a descrição dos tipos de *benchmarking* existentes, norteando as classificações posteriores e (item 3) descrevendo todos os procedimentos metodológicos. Por fim (item 4), apresenta-se os resultados da pesquisa, em que são observadas lacunas quanto à existência de *benchmarking* em construtibilidade: alguns casos de *benchmarking* externo e de melhores práticas (qualitativo), e outros casos nos quais há a criação de sistemas de indicadores, em algumas pesquisas nas quais não se cita a possibilidade de *benchmarking* interno, ou a mesma é citada, ou ainda são escassos os dados de *benchmarking* externo.

2 TIPOS DE *BENCHMARKING*

Não existe uma forma única de realização de *benchmarking*. Segundo Kyrö (2003), a prática de *benchmarking*, em seus diferentes tipos, pode ser realizada em organizações com variados portes, do setor público e privado. Ainda segundo a autora, as classificações e finalidades do *benchmarking* variam segundo diferentes autores, sendo que tal processo consiste na melhoria de atividades, processo ou de gestão (KYRÖ, 2003).

Considerando aplicações nos mais diversos setores comerciais e industriais, uma das possíveis classificações, proposta por Albertin, Kohl e Elias (2015) é indicada no Quadro 1. Dentre todas as classificações presentes no Quadro 1, esses autores e outros como Formoso *et al.* (2003) pontuam que o processo de *benchmarking* pode conter mais de um tipo dentre os listados. Ressaltam, ainda, que os processos mais ricos em resultados e de implementação mais complexa envolvem *benchmarking* empresarial externo e de desempenho (ALBERTIN; KOHL; ELIAS, 2015).

A execução de estudos visando o *benchmarking* pode ocorrer por uma organização ou unidade (*benchmarker*) ou com o intermédio de parceiros externos que desenvolvem o processo, com o apoio de um conjunto de organizações (KYRÖ, 2003). Esse segundo caso inclui os chamados clubes setoriais de *benchmarking,* como descrito por Costa e Formoso (2011).

A existência de sistemas de indicadores não é condição restrita para melhorias de performance, de modo que existem formatos de *benchmarking* como o de boas práticas (Quadro 1). Entretanto, o diagnóstico da situação de um elemento de análise (organização/empreendimento) ou mesmo sua comparação com referenciais pode ser adequadamente reconhecida por meio de indicadores (PARK; THOMAS; TUCKER, 2005).

Quadro 1: Tipos de *benchmarking*

	TIPOS	DESCRIÇÃO
De acordo com o objeto	Produto	Comparativo de produto próprio com o de concorrentes, subsidiando o desenvolvimento de novos produtos.
	Processo	Busca comparar processos empresariais, podendo ser realizado com empresas do mesmo setor ou setores distintos.
	Estratégico	Compara estratégias realizadas visando a obtenção de novas vantagens competitivas.
De acordo com o parâmetro	Desempenho	São utilizados sistemas de indicadores para o estabelecimento de comparativos objetivos.
	Melhores práticas	São listadas as melhores práticas e a sua frequência de ocorrência.
De acordo com a aplicação	Setorial	Compara-se e transfere-se práticas entre setores distintos (*e.g.*, supermercados e indústria automotiva)
	Empresarial Interno	O foco de comparativo são os dados de uma mesma empresa, atuais e históricos.
	Empresarial Externo	O comparativo é realizado entre empresas diferentes, com foco competitivo.
	Estrutural	Considera a comparação entre empresas em diferentes locais, situações econômicas, cadeias produtivas, dentre outras situações.

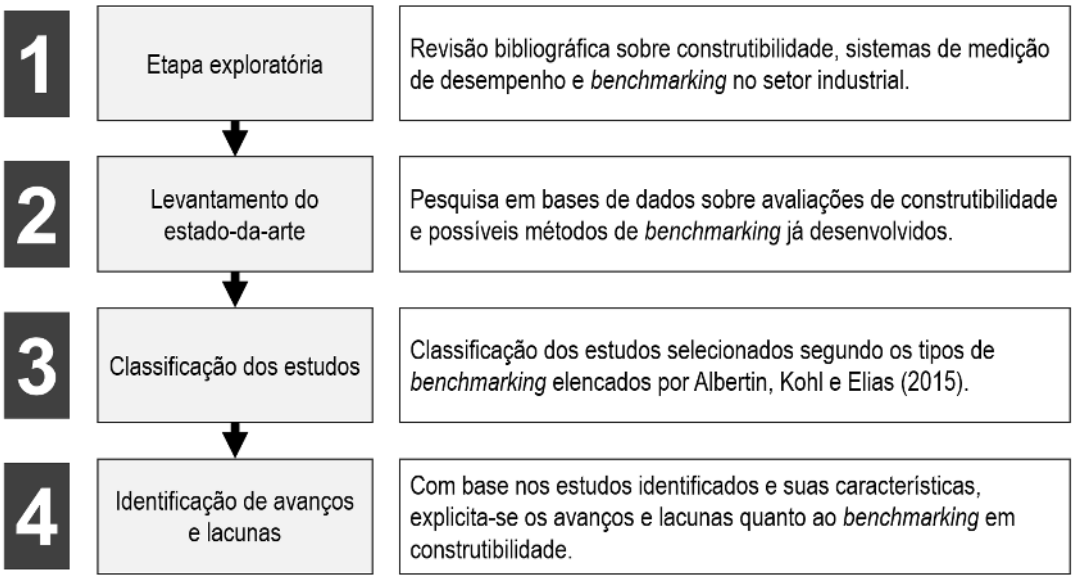
Fonte: Albertin, Kohl e Elias (2015)

Li *et al*. (2021) ressaltam que a realização de *benchmarking* auxilia gestores de edificações ou empresas de construção na tomada de decisão diante de recursos restritos. Esses recursos podem ser financeiros ou de pessoal (LI *et al.*; 2021).

3 MÉTODO

A presente pesquisa foi desenvolvida segundo as quatro etapas descritas na Figura 1. A primeira consistiu em revisão bibliográfica narrativa (sem critério sistemático de seleção, conforme indicam Botelho, Cunha e Macedo (2011)) sobre construtibilidade, avaliação de desempenho e *benchmarking*. Identificada inexpressiva presença de pesquisas envolvendo *benchmarking* em avaliação de construtibilidade, foi desenvolvida a segunda etapa de pesquisa.

Figura 1: Etapas do método.



Fonte: Autores (2023)

Na segunda etapa, de levantamento do estado-da-arte, foram feitas buscas nas bases de dados *Scopus®, Web of Science™*, *EBSCOhost, IEEE Xplore®, SciELO, Wiley Online Library, Google* Acadêmico e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), sem filtros temporais ou de tipo de relatório de pesquisa. Para as buscas, uniformizou-se os termos, utilizando-se duas *strings:*

- *("buildability" or "constructability") and "benchmark*"*
- *("buildability" or "constructability") and "indicator*"*

Com o desenvolvimento das buscas, foram obtidos 992 resultados de pesquisa em todas as bases, os quais foram filtrados segundo os seguintes critérios:

- **Títulos, resumos, duplicados**: foram analisados os títulos, resumos ou mesmo o conteúdo das publicações para verificação de aderência ao tema de pesquisa.
- **Período de tempo**: não foi estabelecida restrição.
- **Tipo de publicação**: foram considerados artigos de periódicos, artigos de eventos, teses e dissertações nacionais e internacionais.
- **Tipo de obra**: foram considerados artigos relacionados à construtibilidade em edificações, excluindo-se obras de infraestrutura (para as quais não há sistemas de medição de construtibilidade).
- **Enfoque da publicação**: considerou-se artigos relacionados a edificações, exceto artigos não aderentes que versavam sobre otimizações estruturais (relações entre material estrutural empregado e esforços suportados) ou energéticas (análises de ciclo-de-vida ou simulações), constantes nos resultados de pesquisa nas bases.

Pela aplicação dos filtros, obteve-se 12 referências para composição de portfólio bibliográfico. Essas últimas, finalizada a seleção, foram classificadas (terceira etapa) segundo os tipos de *benchmarking* listados por Albertin, Kohl e Elias (2015) e, por fim, a partir da leitura e classificação, foi desenvolvida a quarta etapa, explicitando-se os avanços e lacunas quanto ao *benchmarking* em construtibilidade.

Do ponto de vista de classificação da pesquisa, a mesma pode ser definida como pesquisa exploratória (visando familiaridade, explicitando o problema de pesquisa). Também pode ser considerada pesquisa bibliográfica / de levantamento bibliográfico (SILVA; MENEZES, 2005).

4 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa serão apresentados a partir da classificação do portfólio bibliográfico e, posteriormente, com a descrição dos avanços e lacunas identificados.

4.1 Classificação do portfólio bibliográfico

No Quadro 2, apresenta-se a classificação do portfólio bibliográfico quanto aos tipos de *benchmarking* identificados. Dentre esses tipos, verifica-se a presença de *benchmarking* de produto, desempenho, melhores práticas, empresarial interno e externo. Os tipos de processo ou estratégico não foram identificados, visto que construtibilidade possui relação direta com características operacionais e com o escopo do produto desenvolvido.

Também não se observa a existência de pesquisas que envolvam *benchmarking* setorial para construtibilidade, apesar de que autores como Almeida (2013) ressaltem a relação entre construtibilidade e o conceito de Engenharia Simultânea, que integra engenharias de produto e de processo em outros setores industriais, o que poderia permitir estudos de práticas paralelas setoriais. Por fim, não se identifica a existência de *benchmarking* estrutural, apesar de que autores como Abreu (2020) e Fadoul, Tizani e Osorio-Sandoval (2021) apontem a relação entre local de obra e nível de construtibilidade.

Quadro 2: Classificação do portfólio bibliográfico quanto aos tipos de *benchmarking*

REFERÊNCIA	TIPOS DE *BENCHMARKING*									Frequência
	Produto	Processo	Estratégico	Desempenho	Melhores práticas	Setorial	Empresarial Interno	Empresarial Externo	Estrutural	
O'Connor e Miller (1994)					▪			▪		2
Lam *et al.* (2008)	▪			▪				▪		3
Shan *et al.* (2015)					▪			▪		2
Hijazi (2009)	▪			▪			▪			3
Carvalho *et al.* (2021)	▪						▪			2
Carvalho (2021)	▪						▪			2
Safapour, Kermanshachi e Ramaji (2023)					▪			▪		2
Trigunarsyah (2004)					▪			▪		2
Al-Yousif (2001)					▪			▪		2
Hassan (1997)	▪						▪			2
Abreu (2020)	▪			▪			▪			3
Lam e Wong (2009)	▪			▪				▪		3
Frequência	7	0	0	4	5	0	5	7	0	

Fonte: Autores (2023)

4.2 Avanços e lacunas identificados

Com base na análise do portfólio bibliográfico, podem ser definidos avanços e lacunas quanto ao *benchmarking* em construtibilidade, sumarizados no Quadro 3:

Quadro 3: Avanços e lacunas observados

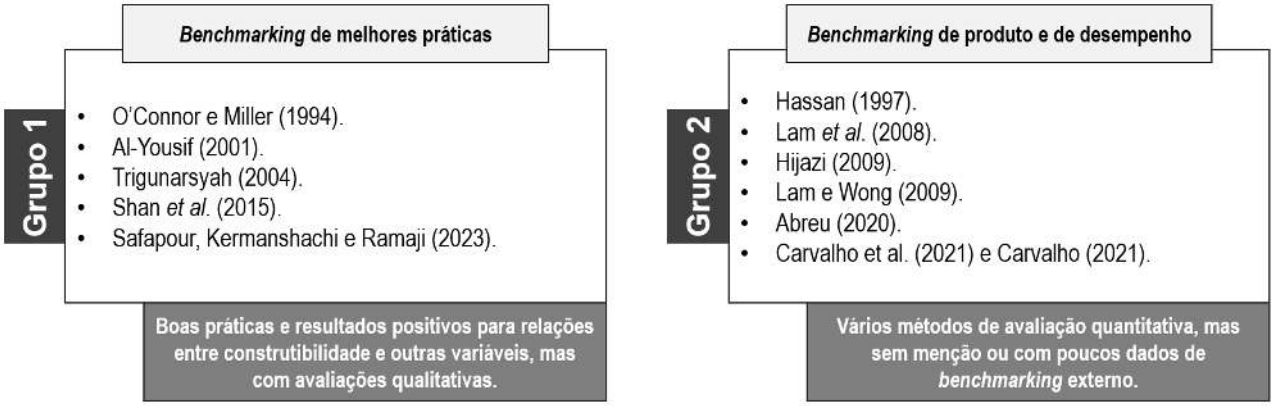
AVANÇOS	LACUNAS
• Existência de pesquisas com *benchmarking* em boas práticas. • Sistemas de indicadores (avaliações quantitativas) desenvolvidos, para mais de um tipo de obra/serviço/país. • *Benchmarking* com indicadores globais e relação com variáveis como tempo, custo e prazo para Hong Kong. • Mecanismos de avaliação que podem ser integrados ao BIM.	• Poucos exemplos de *benchmarking* externo. • *Benchmarking* externo desenvolvido apenas sobre indicadores globais de construtibilidade (empreendimento completo). • Ferramentas computacionais já desenvolvidas para avaliar construtibilidade não agregam dados relativos a *benchmarking*. • Nem todos os tipos de *benchmarking* possíveis foram observados quanto à construtibilidade.

Fonte: Autores (2023)

Além da síntese de avanços e lacunas, a partir da identificação dos tipos de *benchmarking*, podem ser estabelecidos dois grandes grupamentos de estudos sobre *benchmarking* em construtibilidade (Figura 2): o primeiro grande grupo envolve estudos de *benchmarking* de melhores práticas, enquanto que o segundo consiste em *benchmarking* de produto e de desempenho.

Pertencente ao primeiro grande grupo, o estudo de O'Connor e Miller (1994) apresenta uma matriz de avaliação de programas corporativos de construtibilidade, com referência aos princípios de construtibilidade advindos do *Construction Industry Institute* (CII) dos Estados Unidos. Nesse estudo, o principal foco consistiu na construção do método de avaliação das melhores práticas.

Figura 2: Grandes grupamentos de estudos.



Fonte: Autores (2023)

Já a pesquisa de Shan *et al*. (2015), com base em dados do CII, buscou verificar a efetividade de programas corporativos, incluindo o de construtibilidade, em ganhos de produtividade de mão de obra. Esses autores concluíram pela existência de correlação positiva. O estudo de Safapour, Kermanshachi e Ramaji (2023), por sua vez, listou boas práticas, como a adoção de princípios de construtibilidade, e, a partir dessas boas práticas, realizou análises quanto aos impactos de custo e de prazo.

Outros autores realizaram estudos de *benchmarking* de forma exploratória, visando caracterizar a frequência de boas práticas realizadas nos mercados nacionais de construção. Como exemplos, tem-se os estudos de Al-Yousif (2001) na Arábia Saudita e de Trigunarsyah (2004) na Indonésia. Esse último levantou a frequência de práticas como o envolvimento prévio do construtor em etapas de estudo de viabilidade e de projeto, sugerindo tipos de materiais, sistemas estruturais, dentre outras colaborações (TRIGUNARSYAH; 2004).

O avanço de conhecimento trazido por esse primeiro grupo de estudos está na caracterização de boas práticas quanto à construtibilidade e de seu resultado positivo quanto a ganhos de custo, prazo e de produtividade. Por outro lado, a realização de *benchmarking* mediante comparativo de boas práticas apresenta o viés qualitativo de avaliação, característica que pode ser enfrentada com a adoção de critérios quantitativos de medição de construtibilidade, por meio de sistemas de indicadores.

Nesse contexto, o segundo grande grupo envolve *benchmarking* de produto e de desempenho. Hassan (1997) criou um sistema de indicadores de construtibilidade relacionados ao *design* do produto (*buildability*) e criou, mediante os recursos computacionais disponíveis à época, uma ferramenta visual de apoio à criação de *designs* de melhor construtibilidade. Os indicadores de Hassan (1997) incluem aspectos dimensionais, escolha de materiais, processos construtivos dentro e fora de canteiro (construção industrializada), dentre outros.

Posteriormente, Hijazi (2009) e Carvalho *et al.* (2021) criaram ferramentas computacionais com o objetivo similar ao de Hassan (1997), entretanto, baseando-se em arquivos computacionais em *Building Information Modeling* (BIM).

Carvalho *et al.* (2021) incluíram nas avaliações de construtibilidade indicadores como índice de compacidade em planta (relação área/perímetro, como medida indireta de otimização e redução de áreas de fachada) e de densidade de elementos estruturais. Foram avaliados dois empreendimentos de única torre, alto padrão, acima de quinze pavimentos, com unidades residenciais com aproximadamente 90 m² (CARVALHO *et al.*; 2021).

Todas essas ferramentas computacionais integram o processo de modelagem do produto e, dentro dele, permitem o comparativo entre as diferentes versões do *design*, o que consiste em *benchmarking* interno, isto é, dentro da mesma organização. Apesar de existir essa possibilidade no contexto das ferramentas, Hassan (1997), Hijazi (2009) e Carvalho *et al.* (2021) não a citam explicitamente.

A pesquisa de Abreu (2020) se destinou à criação de um sistema de indicadores que abrange *design* do produto, planejamento do empreendimento e execução (*constructability*). Os indicadores incluem a avaliação da modelagem de projetos (CAD/BIM), existência de projetos de canteiro, padronizações arquitetônicas e de elementos estruturais, sistemas de vedações verticais utilizadas, dentre outros (ABREU, 2020).

Nela, o autor explicita a possibilidade de criação de um histórico de avaliação dos empreendimentos de uma mesma empresa, o que permitiria o *benchmarking* interno para novos empreendimentos. Apresenta-se, ainda, três estudos de caso em empreendimentos de padrão popular, com descrição de indicadores isolados e indicadores globais de construtibilidade por empreendimento. Os três estudos de caso foram em empreendimentos em estrutura de concreto armado moldado *in loco* e vedação em alvenaria cerâmica, alvenaria estrutural em blocos de concreto e em paredes de concreto armado moldado *in loco*, edificações com blocos de três e quatro pavimentos. Todos os empreendimentos de construção avaliados já haviam sido concluídos e foram validadas as avaliações de construtibilidade com profissionais de Engenharia envolvidos na execução dos mesmos.

Entretanto, os estudos citados até então neste segundo grupo, não desenvolveram *benchmarking* externo, o que, segundo Albertin, Kohl e Elias (2015), permitiria avaliações mais ricas, envolvendo não apenas um processo evolutivo interno de melhoria dos empreendimentos, mas em relação a outros *players* de mercado. O *benchmarking* externo é citado na pesquisa de Lam *et al.* (2008), na qual as avaliações globais de construtibilidade de nove empreendimentos públicos e privados, com base no *Buildability Assessment Model* (BAM), são apresentadas. Por fim, Lam e Wong (2009) realizaram *benchmarking* externo de avaliações de empreendimentos pelo BAM e verificaram, seguindo ideia existente no outro grande grupo de estudos, a relação da construtibilidade com variáveis como custo, tempo, qualidade e segurança, observando relações positivas para essas variáveis com o aumento dos indicadores de construtibilidade.

Mesmo nas situações em que são apresentadas avaliações de construtibilidade de empreendimentos, e as mesmas podem representar dados para *benchmarking* externo, há um pequeno número de dados disponíveis para a realização desse *benchmarking*. Se considerado o estudo de Lam *et al.* (2008), observa-se que apenas os indicadores globais de avaliação dos empreendimentos são explicitados, não existindo escalas para cada indicador individual que compõe o sistema.

Tal limitação reduz a possibilidade de realização de *benchmarking* de forma mais efetiva. Considerando que os sistemas de indicadores de construtibilidade como o BAM e outros realizam avaliações pela agregação de indicadores, a busca por maior construtibilidade por meio do processo de avaliação exige atenção ao cálculo de cada indicador de um sistema, sendo relevante a existência de escalas individuais de referência. Outra lacuna consiste no número restrito de dados de *benchmarking* para empreendimentos como um todo, com variação de um a três empreendimentos de uma mesma tipologia (sistema construtivo, tipo de ocupação, porte).

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa cumpre com o objetivo de realizar um levantamento de como o *benchmarking* em avaliação de construtibilidade pode ser realizado, descrevendo avanços e lacunas nesse processo. Haja vista que *benchmarking* consiste em uma prática ampla e que pode ser realizada de diferentes formas, um primeiro critério de pesquisa consistiu na compreensão desses diferentes tipos e, a partir deles, de quais avanços e lacunas poderiam ser identificados.

O *benchmarking* de boas práticas e externo pode ser identificado, tendo sido desenvolvido em paralelo a avaliações de custo, prazo e produtividade, sendo um mecanismo de comprovação dos benefícios na adoção de práticas que levem à maior construtibilidade. Também foram observadas ferramentas de *benchmarking* de produto e interno, na forma de sistemas de indicadores e ferramentas computacionais destinadas ao cálculo, cuja limitação consiste apenas na melhoria considerando o contexto interno à organização.

Observa-se exemplos pontuais de *benchmarking* externo, com dados referenciais de construtibilidade global de empreendimentos. Diante desse contexto, apresenta-se a limitação de existência de dados para *benchmarking* indicador a indicador, considerando o modelo de agregação de indicadores em um indicador global.

Os sistemas de indicadores presentes nas pesquisas identificadas avaliam diferentes tipos de obras, sendo necessária a análise do escopo de avaliação para o qual foram concebidos. Carvalho *et al.* (2021) consideram empreendimentos de alto padrão, residenciais, enquanto Abreu (2020) considera residenciais de padrão popular. O BAM, por sua vez, trata de empreendimentos residenciais e comerciais, tendo escopo mais abrangente.

A partir das lacunas identificadas, futuras pesquisas podem ser desenvolvidas, como: desenvolvimento de sistemas de indicadores providos de escalas de *benchmarking*; criação de um banco de dados para *benchmarking* baseando-se em modelos de avaliação conhecidos; realização de *benchmarking* setorial, verificando se outras indústrias ou setores produtivos podem conter práticas favoráveis à construtibilidade (com as devidas adaptações); ou ainda a realização de *benchmarking* estrutural, observando se as práticas visando maior construtibilidade são afetadas por fatores locais ou econômicos.

6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001, e com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ABREU, J.P.M. de. **Desenvolvimento de um sistema de indicadores de construtibilidade para empreendimentos residenciais multifamiliares de padrão popular**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

ALBERTIN, M.R.; KOHL, H.; ELIAS, S.J.B. **Manual do Benchmarking: um guia para implantação bem-sucedida**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015.

ALMEIDA, E.C.O. de. **Termo de referência para projetos de edificações públicas: inserção de princípios de sustentabilidade e de projeto simultâneo**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

AL-YOUSIF, F.A. **Assessment of constructability practices among general contractors in the eastern province of Saudi Arabia**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão da Construção) – King Fahd University of Petroleum & Minerals, Dhahran, Arábia Saudita, 2001.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) - Construction Management Committee of the ASCE Construction Division. Constructability and constructability programs: white paper. **Journal of Construction Engineering and Management**. v.117, n.1, p. 67-89, 1991.

BARTH. K.B.; FORMOSO, C.T.; STERZI, M.P. Performance Measurement in Lean Production Systems: an Exploration on Requirements and Taxonomies. *In*: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 27, 2019, Dublin, Irlanda. **Anais [...]**. IGLC, 2019. p. 629–640.

BELLAN, M.; FABRICIO, M.M. Práticas e ferramentas gerenciais de apoio à integração e coordenação de projetos. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**. v.1, p. 32-58, 2010.

BOTELHO, L.L.R.; CUNHA, C.C. de A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**. v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

CARVALHO, Y.M.V. de. **Ferramenta BIM de análise automatizada de projetos**. 2021. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

CARVALHO, Y.M.V. de, OLIMPIO, L.C.M.; LIMA, M.G.; LIMA, M.M.X.; BARROS NETO, J. de P. BIM and Visual Programming Language Supporting Project Constructability. *In*: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 29, 2021, Lima, Peru. **Anais [...]**. IGLC, 2021. p. 126–135.

COSTA, D.B.; FORMOSO, C.T.; KAGLIOLOU, M.; ALARCÓN, L.F.; CALDAS, C.H. Benchmarking Initiatives in the Construction Industry: Lessons Learned and Improvement Opportunities. **Journal of Management in Engineering**, v. 22, n. 4, p. 157-211, 2006.

COSTA, D.B.; FORMOSO, C.T. Fatores chaves de sucesso para sistemas de indicadores de desempenho para benchmarking colaborativo entre empresas construtoras. **Ambiente Construído**. v. 11, n. 3, p. 143-159, jul./set. 2011.

FADOUL, A.; TIZANI, W.; OSORIO-SANDOVAL, C.A. A Knowledge-Based Model for Constructability Assessment of Buildings Design Using BIM. *In*: International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 18, 2020. **Anais [...]** 2021, p. 147-159.

FORMOSO, C.T.; LANTELME, E.M.V.; TZORTZOPOULOS, P.; BARROS NETO, J de P.; FENSTERSEIFER, J.E.; SAURIN, T.A.; BERNARDES, M.M. e S. Capítulo 11: Gestão da qualidade na Construção Civil: estratégias e melhorias de processo em empresas de pequeno porte. *In:* FORMOSO, C.T.; INO, A. **Coletânea HABITARE - vol 2**. Porto Alegre: Antac, 2003, p. 251-395. Disponivel em: http://www.habitare.org.br/publicacao_coletanea2.aspx. Acesso em: 02 jun. 2023.

GHALAYINI, A.M.; NOBLE, J.S. The changing basis of performance measurement. **International Journal of Operations & Production Management**. v.16, n. 8, p. 63-80, 1996.

HASSAN, Z. **CONPLAN: Construction Planning and Buildability Evaluation in an integrated and intelligent construction environment**. 1997. Tese (Doutorado) – Escola do Espaço Construído, Universidade de Salford, Ann Arbor, EUA, 1997.

HIJAZI, W.M. **Constructability Assessment Platform Using Customized BIM and 4D Models**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, de Construção e Urbana) – Universidade Concordia, Montreal, Canadá, 2009.

KIFOKERIS, D.; XENIDIS, Y. Constructability: Outline of Past, Present, and Future Research. **Journal of Construction Engineeering and Management.** v.143, n.8, 2017.

KYRÖ, P. Revising the concept and forms of benchmarking. **Benchmarking: An International Journal**, v.10, n. 3, p. 210-225, 2003.

LAM, P.T.I.; WONG, F.W.H.; CHAN, A.P.C. Contributions of designers to improving buildability and constructability. **Design Studies**. v. 27, n. 4, p. 457-479, 2006.

LAM, P.T.I.; WONG, F.W.H. Improving building project performance: how buildability benchmarking can help, **Construction Management and Economics**, v. 27, n. 1, p. 41-52, 2009

LAM, Patrick T.I.; WONG, Franky W.H.; CHAN, Albert P.C.; CHAN, Daniel W.M. Benchmarking Buildability Using the Buildability Assessment Model in Hong Kong. **HKIE Transactions**. v. 15, n. 1, p. 7-17, 2008.

LI, Y.; CAO, L.; ZHANG, J.; JIANG, Y; HAN, Y.; WEI, J. Energy Benchmarking in Healthcare Facilities: A Comparative Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 11, 04021159, 2021.

O'CONNOR, J.T.; MILLER, S.J. Constructability programs: method for assessment and benchmarking. **Journal of Performance of Constructed Facilities.** v.8, n.1, p. 46-64, 1994.

PARK, H.-S.; THOMAS, S.R.; TUCKER, R.L. Benchmarking of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 7, p. 772-778, 2005.

SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SAFAPOUR, E.; KERMANSHACHI, S.; RAMAJI, I. Selection of Best Practices that Enhance Phase-Based Cost and Schedule Performances in Complex Construction Projects, **Engineering Management Journal**, v. 35, n. 1, p. 84-99, 2023.

SHAN, Y.; ZHAI, D; GOODRUM, P.M.; HAAS, C.T.; CALDAS, C.H. Statistical Analysis of the Effectiveness of Management Programs in Improving Construction Labor Productivity on Large Industrial Projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 32, n. 1, 04015018, 2015.

SILVA, E.L da. MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p.

SILVA, F.A.C. da. **Proposta de melhoria na construtibilidade de edificações a partir da implantação de banco de lições aprendidas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

TAURIAINEN, M.K.; PUTTONEN, J.A.; SAARI, A.J. The assessment of constructability: BIM cases. **Journal of Information Technology in Construction.** v.20, p. 51-67, 2015.

TRIGUNARSYAH, B. Constructability Practices among Construction Contractors in Indonesia. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 130, n. 5: p. 656-669, 2004.

WONG, W.-h. **Developing and implementing an empirical system for scoring buildability of designs in the Hong Kong construction industry**. 2007. Tese (Doutorado em Construção e Mercado Imobiliário) – Departamento de Construção e Mercado Imobiliário, Universidade Politécnica de Hong Kong, Hong Kong, 2007.