XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8377

Diagnóstico de um modelo de maturidade da construção enxuta

Diagnosis of a Lean Construction maturity model

Andressa Lourenço dos Santos Cantú
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | andressacantu@estudante.ufscar.br
Luciana Rosa Leite
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | luciana.leite@udesc.br
Herlander da Mata Fernandes Lima
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | hmatalima@gmail.com
Vanessa Nappi
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | v.nappi@udesc.br

Resumo

A filosofia *Lean* vem se disseminando no setor como construção enxuta, sendo os modelos de maturidade utilizados para avaliar e acompanhar o seu desenvolvimento. Porém, estes modelos possuem limitações, indicando a necessidade de adequações. Diante disso, o objetivo do trabalho é aplicar um modelo de maturidade existente da construção enxuta e propor adaptações que aprimorem sua aderência à prática organizacional. A pesquisa é qualitativa mediante análise crítica de modelos de maturidade, i) realizando a adaptação de um deles e aplicação em dois estudos de caso - concreto armado e construção modular. Ao final, foram identificadas outras oportunidades de adaptação: alterações do peso de dois atributos e a situação em que o pesquisador possui liberdade de atribuir um nível de maturidade com base nas entrevistas e visita observacional. E, o estudo contribuiu para o desenvolvimento de um modelo de maturidade coerente para a construção enxuta e na obtenção de dados empíricos.

Palavras-chave: Construção enxuta. Modelo de maturidade. Concreto armado. Construção modular. Estudo de caso.

Abstract

Lean philosophy has been increasingly adopted in the sector through Lean Construction, with maturity models being used to assess and monitor its implementation. However, these models present limitations, highlighting the need for improvement. Therefore, this study aims to apply an existing Lean Construction maturity model and propose adaptations to improve its alignment with organizational practice. A qualitative research approach was adopted, based on a critical analysis of maturity models, involving (i) the adaptation of a selected model and its application in two case studies - reinforced concrete and modular construction. The findings revealed additional opportunities for improving the model: adjustments to the weighting of two attributes and allowing the researcher to assign maturity levels based on evidence gathered from interviews and on-site observations. The study contributes to the development of a Lean Construction maturity model that is better aligned with organizational practice and provides empirical evidence to support its application.

Keywords: Lean Construction. Maturity model. Reinforced concrete. Modular construction. Case study.

CANTÚ, A. L. S.; LEITE, L. R.; LIMA, H. M. F.; NAPPI, V. Diagnóstico de um modelo de maturidade da construção enxuta. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8377

INTRODUÇÃO

A filosofia da construção enxuta tem sido amplamente adotada no setor por proporcionar melhorias de gestão e produtividade, sendo apontada como solução para problemas de desempenho [1][2], sustentabilidade [3][4] e qualidade [5]. À medida que sua implementação evolui nas organizações, torna-se necessário avaliar de forma sistemática o nível de maturidade alcançado, permitindo diagnosticar o estágio de desenvolvimento e orientar ações futuras [6][7][8][9].

Rodegheri e Serra [10] encontraram 12 modelos de maturidade da construção enxuta e classificaram de acordo com os critérios: i) bibliográfica baseada, ii) fatores de avaliação, iii) método de aplicação, iv) escala de resultados, v) apresentação visual dos resultados, vi) disseminação na comunidade, vii) pontuação final. Nesse contexto, concluíram que os mais completos seriam: DOLC [11], LCMM [12], MMDPLC [13], LCI *Lean* IPD [14]. Logo, essa pesquisa parte deste resultado excluindo o LCI *Lean* IPD [14] por ser uma ferramenta *online* e não estar mais disponível.

Por sua vez, o DOLC [11] é um modelo que contempla todos os princípios da construção enxuta, assim como o LCMM [12]. Se diferencia por considerar a percepção dos *stakeholders* da diretoria, engenharia, operários, fornecedores, projetistas e clientes, sendo que a avaliação dos últimos funciona como parâmetro para análise das respostas dos demais. Por conta disso, é o mais extenso dentre esses três modelos, tendo 203 questões. Em contrapartida, o MMDPLC [13] é o mais sucinto com apenas 16 questões abordando cinco princípios da construção enxuta. Todos possuem escalas *Likert* para as respostas, o LCMM [12] apresenta fatores de ponderação para cálculo do nível de maturidade e expõe os resultados somente em gráfico de radar. Os demais, adicionalmente, utilizam gráficos de barras. Por fim, o MMDPLC [13] se diferencia por apresentar um planejamento para alcance de níveis superiores com o decorrer do tempo.

Além disso, as principais limitações identificadas por Rodegheri e Serra [10] em relação aos modelos LCMM [12] e MMDPLC [13] foram: apresentação visual dos resultados como regular para o LCMM [12] e ruim para o MMDPLC [13] e, método de aplicação regular para o DOLC [11]. Jayanetti *et al*. [15] também identificaram que o DOLC [11] e o MMDPLC [13] poderiam ter resultados enviesados devido a aplicação da ferramenta ser feita por profissional interno. O DOLC [11] mede a prontidão da empresa para a construção enxuta e, o LCMM [12], tem poucos dados registrados sobre seu uso em estudos de casos reais [10][16].

Salienta-se que a análise do nível de maturidade da construção enxuta é uma área nova de estudo [15] e os pesquisadores têm identificado limitações que podem comprometer a representatividade dos diagnósticos e sua aderência à realidade organizacional [10][15]. Diante dessa lacuna e da considerável originalidade do estudo, este trabalho busca responder à pergunta de pesquisa: como adaptar um modelo de maturidade da construção enxuta para que seus resultados representem de forma fiel a realidade da organização? Por sua vez, o objetivo da pesquisa é aplicar um modelo de maturidade existente da construção enxuta e propor adaptações que aprimorem sua aderência à prática organizacional.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8377

MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa possui abordagem qualitativa e a seção está dividida em: i) modelos de maturidade, ii) estudos de casos [17].

MODELOS DE MATURIDADE

Os modelos de maturidade inicialmente analisados foram: DOLC [11], LCMM [12] e MMDPLC [13]. E, eles passaram por um processo de filtragem para definição de qual seria aplicado na pesquisa. Os parâmetros analisados estão de acordo com o sugerido por [10][15] e estão expostos no Quadro 1 (a letra R e J indicam a referência citada, sendo, respectivamente, [10] e [15]). Os destaques em vermelho correspondem a parâmetros que não foram identificados em cada um deles.

Quadro 1: Parâmetros analisados para cada modelo de maturidade

Parâmetros analisados	LCMM	MMDPLC	DOLC
i) Ser próprio para o LC (J)			
ii) Abranger todos os princípios LC (J)			
iii) Não possuir barreira geográfica de aplicação (J)			
iv) Expor, com clareza, os fatores limitantes de cada nível (R; J)			
v) Ser validado (J)			
vi) Fornecer indicadores de desempenho (J)			
vii) Possuir atribuição de pesos (J)			
viii) Possibilitar aplicação mediante avaliação minuciosa e constante (J)			
ix) Ser aplicável a todos os setores da indústria (J)			
x) Medir apenas a aplicação do LC (J)			
xi) Possuir uma escala de respostas (R; J)			
xii) Contemplar a análise do "grau de mecanização" (J, p.17) da indústria			
xiii) Possuir uma boa apresentação (R)			
xiv) Ser didático (R)			
xv) Poder ser aplicado por terceiros (J)			
xvi) Poder ser aplicado para diferentes estágios de implantação do LC (R)			

Fonte: Desenvolvido pelos autores com base em [10][15].

Considerando que o LCMM possui mais parâmetros atendidos, a presente pesquisa fez uso deste modelo adaptado para a coleta de dados, o que corrobora com a escolha de Rodegheri e Serra [10] acerca do modelo mais adequado para pequenas e médias empresas da indústria da construção civil brasileira.

Por sua vez, o LCMM [12] é dividido em onze atributos chave ponderados conforme o Quadro 2 com sentenças avaliadas pelos respondentes quanto à sua percepção em relação a aplicação da construção enxuta. E, o seu procedimento de cálculo segue os passos: i) adotar uma nota para cada atributo chave que deve ser a menor nota dada às sentenças compreendidas dentro deste atributo; ii) multiplicar a nota de cada atributo

chave pelo peso a ele associado; iii) calcular a média ponderada de cada atributo chave; iv) arredondar o resultado ao inteiro mais próximo, com nível de maturidade global entre 0 e 4, e; v) a representação do resultado é feita mediante um gráfico de radar.

Quadro 2: Descrição e peso dos onze atributos do LCMM [12]

ATRIBUTO CHAVE	PESO	DESCRIÇÃO
Liderança *Lean*	4	“Estabelecer e manter líderes que ativamente encorajam e conduzem indivíduos e equipes em direção a mais maturidade LC” (p. 255)
Foco no cliente	3	"Estabelecer e manter um entendimento e foco no valor do cliente interno e externo" (p. 257)
Lógica de raciocínio	3	"Estabelecer e manter uma abordagem holística de pensamento que apoie a maturidade LC" (p. 260)
Cultura e comportamento	4	"Estabelecer e manter um compromisso e alinhamento de indivíduos e equipes para se envolver ativamente por meio de seu comportamento no processo de transformação" (p. 265)
Competências	2	"Estabelecer e manter uma base para que indivíduos e equipes melhorem continuamente as competências necessárias para conduzir a transformação em direção ao LC" (p. 267)
Fatores de melhoria	2	"Tornar possível para as pessoas e a organização melhorar sua maturidade LC" (p. 269)
Processos e ferramentas	2	"Estabelecer e manter uma melhoria dos processos que entregam o valor final" (p. 272)
Mudanças	2	"Estabelecer e manter um contexto pelo qual a mudança em direção ao LC seja intrínseca" (p. 275)
Ambiente de trabalho	2	"Estabelecer e manter condições de trabalho que incentivem indivíduos e equipes" (p. 278)
Resultados corporativos	1	"Melhorar o alinhamento dos critérios de desempenho com a contribuição de indivíduos e equipes" (p. 280)
Aprendizado e competência de desenvolvimento	2	"Garantir que indivíduos, equipes e a organização estejam constantemente aprendendo a aprimorar suas habilidades, conhecimentos e competências" (p. 283)

Fonte: Desenvolvido pelos autores com base em [12].

ESTUDOS DE CASOS

O estudo de caso foi o método selecionado para aplicar o modelo de maturidade adaptado proposto, pois permite a análise aprofundada de um fenômeno em seu contexto real, por meio da utilização de múltiplas evidências [17]. Além disso, existem poucos artigos na literatura que aplicaram o LCMM, evidenciando originalidade da pesquisa. Os documentos de suporte desta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade do Estado de Santa Catarina, sob parecer número 7.030.665.

Diante disso, foi definido que a escolha dos casos deveria compreender uma empresa de sistema construtivo artesanal (concreto armado ou alvenaria estrutural) e, a outra, industrializado (estrutura metálica, concreto pré-moldado, construção modular ou *Light Steel Frame*). E, os critérios de seleção foram baseados em Mendonça [18]: i) empresa fundada há cinco anos ou mais e, ii) que pratica o sistema construtivo há cinco anos ou mais e, iii) estar adotando, pelo menos, uma ferramenta da construção enxuta no seu dia a dia. A definição desses critérios foi para selecionar empresas consolidados no mercado e com conhecimento sobre construção enxuta.

A coleta de dados (jun/2024 a fev/2025) incluiu: i) questionário *online* LCMM adaptado (≈45 minutos), ii) entrevistas semiestruturadas *online*, gravadas e transcritas (≈30 minutos); e iii) visita observacional com registros fotográficos (≈75 minutos) [15][17]. Essas etapas visaram integrar diferentes perspectivas e apoiar a análise dos resultados [19].

Dessa forma, a escolha foi feita a partir de uma busca no *Google*, contato telefônico e via *e-mail* com o gestor para exposição do projeto de pesquisa, dos critérios para participação e do escopo de coleta de dados. Após a verificação do atendimento dos critérios de seleção e aceite de participação, ainda com o gestor, foram selecionados, no mínimo, três indivíduos a serem respondentes [20]. O Quadro 3 apresenta a caracterização das empresas participantes.

Quadro 3: Caracterização das empresas

CARACTERÍSTICAS	EMPRESA A	EMPRESA B
Localização	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
Sistema(s) construtivo(s)	Concreto armado e alvenaria estrutural	Construção modular
Número de funcionários	200	200
Tempo de atuação	17 anos	40 anos
Segmentos atendidos	Predial residencial/comercial	Diversos
Área geográfica de atuação	Santa Catarina	Brasil

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Por fim, a análise de dados envolveu a classificação dos níveis de maturidade, a elaboração de gráficos de radar, a codificação das entrevistas no *NVivo*, a análise dos registros de campo e a triangulação das evidências [18][20]. Ademais, o LCMM [11] foi submetido a um teste piloto conduzido em abril de 2024 com uma construtora de Santa Catarina que realiza obras locais em concreto armado e alvenaria estrutural há 16 anos e, no momento de coleta de dados, tinha 20 funcionários. Todas as etapas de coleta de dados foram aplicadas.

RESULTADOS

ADAPTAÇÕES DO LCMM

Posteriormente à condução do estudo de caso piloto (não foi objeto deste artigo) foram identificadas oportunidades de adaptações no LCMM [12], corroborando as limitações apontadas por Cantu, Leite e Pereira [16]. As modificações realizadas foram: i) inclusão de 18 sentenças ideais relacionadas a mecanização dos processos, pois, conforme apresentado no Quadro 1, este seria o único critério não atendido pelo modelo; ii) inclusão de cinco exemplos para facilitar a compreensão de algumas das sentenças ideais pré-existentes e julgadas pelas pesquisadoras como não sendo totalmente acessíveis aos respondentes; iii) inclusão da alternativa de resposta "Não sei responder"; iv) inclusão do cálculo do Índice de Concordância (IC) na análise dos resultados em uma escala de zero a um sendo que quanto mais próximo de um, maior a concordância entre as respostas dos participantes [21].
O cálculo do IC foi feito conforme equação (1) [22]:

$$IC_i = 1 - \left(\frac{DP_i^2}{\sigma_i^2}\right) \quad (1)$$

onde, o índice i indica cada nota dos respondentes, DP é o desvio padrão e σ_i^2 é a variância esperada. A equação (2) apresenta como calcular a variância [23]:

$$\sigma^2 = \frac{\left(A^2 - 1\right)}{12} \quad (2)$$

onde, A é o número opções na escala *Likert* de respostas, sendo 5 para essa pesquisa. v) inclusão de uma escala de classificação para a apresentação dos resultados, sendo verde para nível de maturidade muito desenvolvido (de 3 a 4), amarelo, desenvolvimento mediano (de 2 a 3), laranja, pouco desenvolvido (de 1 a 2) e, vermelho, não desenvolvido (de 0 a 1).

ESTUDOS DE CASOS

As duas empresas participantes da pesquisa, conforme Quadro 3, estão localizadas na região sul do Brasil, possuem o mesmo número de funcionários e longo tempo de atuação no setor. Por sua vez, a empresa A possui sede em Santa Catarina, executa obras em concreto armado e teve três funcionários respondentes. O funcionário 1A é diretor de engenharia, 2A, gestor de obras e, 3A, engenheiro residente. A empresa B, tem sede no Rio Grande do Sul, executa obras em construção modular e teve quatro respondentes. O funcionário 1B é CEO, 2B, gerente de projetos, 3B, gerente industrial e, 4B, gerente de qualidade.
Por sua vez, o Quadro 4 apresenta um resumo das respostas do LCMM adaptado com o nível de maturidade atribuído por cada funcionário (NM AT), o nível de maturidade

adotado (NM AD) considerando o procedimento indicado por Nesensohn [12], o IC e o nível de maturidade final. E, a Figura 1 apresenta o gráfico de radar das empresas.

Quadro 4: Resumo das respostas das empresas A, B e IC

ATRIBUTOS CHAVE	EMPRESA A					EMPRESA B					
	NM AT			NM AD	IC	NM AT				NM AD	IC
	Funcionário 1A	Funcionário 2A	Funcionário 3A			Funcionário 1B	Funcionário 2B	Funcionário 3B	Funcionário 4B		
Liderança Lean	3	1	2	1	0,5	2	1	1	2	1	0,83
Foco no cliente	1	2	2	1	0,83	0	0	1	2	0	0,54
Lógica de raciocínio	2	3	3	2	0,83	1	0	1	3	0	0,21
Cultura e comportamento	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	0,87
Competências	3	2	2	2	0,83	3	3	1	1	1	0,33
Fatores de melhoria	3	3	2	2	0,83	2	1	1	1	1	0,87
Processos e ferramentas	3	2	1	1	0,5	0	0	0	0	0	1
Mudanças	3	2	2	2	0,83	0	0	2	0	0	0,5
Ambiente de trabalho	3	2	1	1	0,5	1	0	1	0	0	0,83
Resultados corporativos	2	2	2	2	1	0	0	1	0	0	0,87
Aprendizado e competência de desenvolvimento	3	3	1	1	0,33	2	1	1	0	0	0,67

Nota: NM AT – Nível de Maturidade Atribuído, NM AD – Nível de Maturidade Adotado, IC – Índice de Concordância.
Fonte: Desenvolvido pelos autores com base nas respostas das empresas A e B e cálculo do IC.

Figura 1: Gráfico de radar das empresas A e B



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2025) com base das respostas das empresas A e B.

Aplicando a média ponderada, o nível de maturidade global da empresa A foi 1,59, ou seja, pouco desenvolvido e, da empresa B, 0,44, não desenvolvido. Isso evidencia que,

apesar da construção modular ser um sistema construtivo majoritariamente industrial, a empresa que adota o concreto armado apresentou-se mais desenvolvida em relação a construção enxuta. No entanto, ao fazer a triangulação das evidências possibilitada pelas entrevistas e visitas observacionais [15][17] pode-se afirmar que esse resultado não condiz com a realidade, pois diversos processos e ferramentas foram identificados (Figura 2). Essa percepção discrepante entre o medido e o observado também foi identificada por Cantu, Leite e Pereira [16].

Figura 2: Ferramentas da construção enxuta usadas na empresa B



Fonte: Fotos tiradas na visita observacional na empresa B. Autorização concedida pela mesma.

Uma possível explicação para essa divergência está relacionada à percepção dos respondentes. Embora a construção modular seja diretamente compatível com a manufatura [24], os *stakeholders* podem ter tido suas percepções prejudicadas evidenciando a importância de treinamentos (Aprendizado e competência de desenvolvimento) [25][26][27][28] e o fortalecimento da Cultura e comportamento [7] [29][30].

Ainda sobre processos e ferramentas, destaca-se que o peso a ele atribuído é baixo em relação a sua representatividade geral. As visitas observacionais evidenciaram que quanto maior a utilização de processos e ferramentas da construção enxuta, maior é o engajamento da liderança e mais disseminada está a cultura organizacional relacionada à filosofia. Dessa forma, sugere-se que o peso desses três atributos seja o mesmo (quatro). Segundo Nesensohn [12] essa revisão dos fatores de ponderação era uma limitação da sua pesquisa e, [7][10] pontuam que cada organização poderia escolher os pesos conforme os atributos que considera mais importante. Porém, entende-se que para comparação de estudos de caso os fatores devam ser os mesmos entre eles.

Além disso, o cálculo do IC se fez relevante para identificar divergências entre os respondentes, reduzindo o risco de interpretações baseadas exclusivamente em médias aritméticas [10]. Dessa forma, foi identificado que atributos com NM AT discrepantes (IC≤0,75) apresentam baixa confiabilidade e podem distorcer o NM AD, como no caso de ambiente de trabalho e aprendizado e competência de desenvolvimento para a empresa A e, lógica de raciocínio e mudanças para a empresa B. Como forma de ajuste sugere-se utilizar a média dos NM AT.

Destaca-se também, o impacto do NM AD igual a zero, que reduz o resultado. Assim, recomenda-se desconsiderar valores zero quando atribuídos por apenas um respondente, mesmo com IC acima de 0,5. Adicionalmente, propõe-se que o pesquisador possa atribuir o NM AD com base na análise das entrevistas e da observação em campo como forma de complementar os resultados [17] para reduzir aspectos de subjetividade [15].

Por fim, a aplicação do modelo em empresas executoras de obras em concreto armado e construção modular demonstrou que os resultados não estão associados exclusivamente ao sistema construtivo, mas decorrem de características do próprio instrumento de avaliação.

CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo aplicar um modelo de maturidade existente da construção enxuta e propor adaptações que aprimorem sua aderência à prática organizacional. Dessa forma, o LCMM [12] foi definido como o mais completo, passou por adaptações e foi um dos instrumentos de coleta de dados, juntamente com entrevistas e visitas observacionais nos canteiros de obra/fábrica de duas empresas consolidadas da região Sul do Brasil.

A empresa A (concreto armado), apresentou maior nível de maturidade em relação a construção enxuta do que a empresa B (construção modular) e esse resultado não era o esperado devido a maior industrialização presente na construção modular. Dessa forma, foi possível pontuar que os resultados numéricos do modelo não refletiram plenamente a realidade prática das organizações evidenciando a necessidade de mais de um instrumento de coleta de dados. Sugere-se, dessa forma, aplicar de maneira conjunta o questionário, entrevista e observação direta conforme conduzido neste estudo.

Além disso, que o pesquisador tenha liberdade de conferir um nível de maturidade com base em todas as evidências coletadas e que alguns ajustes sejam feitos no processo de cálculo, sendo elos: alteração do peso do atributo processos e ferramentas para o mesmo peso de liderança *Lean* e cultura e comportamento (quatro); cálculo da média entre os níveis de maturidade para casos em que o IC for menor ou igual a 0,75; desconsiderar a nota zero quando for conferida somente por um respondente.

Do ponto de vista científico, esta pesquisa contribuiu para o avanço dos estudos sobre modelos de maturidade da construção enxuta ao identificar oportunidades de novas adaptações do LCMM [12] posteriormente a obtenção de evidências empíricas. Evidenciou, também, a importância da obtenção de dados a partir de fontes diversas para sua triangulação e aumento da confiabilidade dos diagnósticos. E, do ponto de vista prático, ter diagnósticos mais precisos pode contribuir para o sucesso da evolução da construção enxuta nas empresas.

Como limitações da pesquisa destaca-se a condução de apenas dois estudos de casos, abordagem de somente dois sistemas construtivos em uma região específica do Brasil. Recomenda-se que os trabalhos futuros façam as adaptações sugeridas e conduzam a pesquisa empírica em outras realidades, pois os modelos de maturidade podem ser submetidos a melhorias contínuas em busca de diagnósticos mais representativos da construção enxuta.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] LUPINACCI, D. M.; MORINI, C.; EULALIA, L. A. S. O comércio internacional de serviços de construção civil: uma análise comparativa entre o Brasil e a União Europeia. **Revista Administração em Diálogo**, v. 17, n. 2, p. 81-103, 2015. DOI: https://doi.org/10.20946/rad.v17i2.16595. Acesso em: 24 set. 2024.

[2] RIBEIRO, A. A et al. Lean Construction na indústria da construção civil brasileira: uma revisão de literatura. **Revista Mundi: Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Paranaguá (PR), v. 6, n. 2, p. 339-363, 2021. DOI: https://doi.org/10.21575/25254782rmetg2021vol6n21504. Acesso em: 10 set. 2023.

[3] HORVATH, A. Construction materials and the environment. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 29, p. 181–204, 2004. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215. Acesso em: 17 fev. 2024.

[4] BAJJOU, M. S. et al. The practical relationships between lean construction tools and sustainable development: A literature review. **Journal of Engineering Science and**

Technology Review, v. 10, n. 4, p. 170–177, 2017. DOI: https://doi.org/10.25103/jestr.104.20. Acesso em: 5 abr. 2024.

[5] PEIRIS, A. et al. Digitalising modular construction: Enhancement of off-site manufacturing productivity via a manufacturing execution & control (MEC) system. **Computers and Industrial Engineering**, v. 178, 1 abr. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109117. Acesso em: 20 fev. 2024.

[6] KOSKELA, L. J. Application of the New Production Philosophy to Construction. **Centre for Integrated Facility Engineering**. Stanford University: Stanford, EUA, 1992.

[7] NESENSOHN, C. A Lean Construction maturity model for organizations. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 25. 2017, Grécia. **Anais eletrônicos IGLC**. Disponível em: https://iglc.net/Papers/Details/1448. Acesso em: 27 jun. 2026.

[8] LUCENA, A. F. E.; DE MORI, L. M. Critical analysis of Lean Construction measuring tools. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 2, p. 311–321, 1 jun. 2018. DOI: https://doi.org/10.14488/BJOPM.2018.v15.n2.a13. Acesso em: 15 abr. 2024.

[9] DU, J. et al. Lean manufacturing applications in prefabricated construction projects. **Automation in Construction**, v. 150, 1 jun. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104790. Acesso em: 10 fev. 2024.

[10] RODEGHERI, P. M.; SERRA, S. M. B. Maturity models to evaluate lean construction in Brazilian projects. **Brazilian Journal of Operations and Production Management**, v. 17, n. 2, 1 jun. 2020. DOI: https://doi.org/10.14488/BJOPM.2020.016. Acesso em: 20 mai. 2023.

[11] CARVALHO, B. S. **Proposta de uma ferramenta de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta**. 2008. 141f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/21468. Acesso em: 23 nov. 2023.

[12] NESENSOHN, C. **An innovative framework for assessing lean construction maturity**. 2014. 431f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Liverpool John Moores University, Liverpool, 2014. Disponível em: https://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/4320/. Acesso em: 7 mai. 2023.

[13] BECERRA, U. B. S. **Elavuación de la madurez de los principios Lean en proyectos de construcción**. 2016. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia) - Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2016. DOI: https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/21502. Acesso em: 7 nov. 2023.

[14] LEAN CONSTRUCITON INSTITUTE. **LCI**: Lean Evaluations. Arlington, EUA, 2016. Acesso em: 11 abr. 2024. Disponível em: https://leanconstruction.org/learning/assessments/.

[15] JAYANETTI, J. K. D. D. T. et al. Critical Analysis of Lean Construction Maturity Models: A Systematic Literature Review. **Buildings**, v. 13, n. 6, 1 jun. 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings13061508. Acesso em: 20 ago. 2023.

[16] CANTU, A. L.; LEITE, L. R.; PEREIRA, C. R. Análise do nível de maturidade na aplicação da filosofia Lean Construction em empresa de construção modular. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 14. 2025, Porto Alegre, Brasil. **Anais eletrônicos SIBRAGEC**. DOI: https://doi.org/10.46421/sibragec.v14i.6667. Acesso em: 27 jun. 2026.

[17] YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2009.

[18] MENDONÇA, A. W. **Metodologia para estudo de caso**. 1. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2014.

[19] COIMBRA, M. N. C. T.; Martins, A. M. O. O estudo de caso como abordagem metodológica no ensino superior. **Nuances: estudos sobre educação**. Presidente

Prudente, v. 24, n. 3, p. 31-46, 2013. DOI: https://doi.org/10.14572/nuances.v24i3.2696. Acesso em: 10 jul. 2024.

[20] CAUCHICK-MIGUEL, P. A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015. Acesso em: 17 jul. 2023.

[21] JAMES, L.; DEMAREE, R. G.; WOLF, G. An assessment of within-group interrater agreement. **Journal of Applied Psychology**, v. 78, n. 2, p.306–309, 1993. DOI: https://doi.org/10.1037/0021-9010.78.2.306. Acesso em: 20 jan. 2025.

[22] FINN, R. H. A note on estimating the reliability of categorical data. **Educational and psychological measurement**, v. 30, n. 1, p.71-76, 1970. https://doi.org/10.1177/001316447003000106. Acesso em: 10 abr 2025.

[23] MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. **Introduction to the theory of statistics**. 3. ed. Nova York: McGrawHill, 1974.

[24] YUAN, Z. et al. Cause analysis of hindering on-site Lean Construction for prefabricated buildings and corresponding organizational capability evaluation. **Advances in Civil Engineering**, v. 20, 2020. DOI: https://doi.org/10.1155/2020/8876102. Acesso em: 19 jun. 2026.

[25] KUEBUTORNYE, N. D. K. et al. Lean Construction methods for enhanced project performance and sustainability. **African Journal of applied research**, v. 11, n. 7, p. 371-391, 2025. DOI: https://doi.org/10.26437/j16w4054. Acesso em: 17 mai. 2026.

[26] KOSEOGLU, O.; NURTAN-GUNES, E. T. Mobile BIM implementation and Lean interaction on construction site: a case study of a complex airport project. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25, n. 10, p. 1298-1321, 2018. DOI: https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0188. Acesso em: 17 mai. 2026.

[27] ENAYATI, A. et al. Modeling key success factors of linear construction projects using Lean techniques: a PLS-SEM approach. **Quality Management Journal**, v. 33, n. 2, p. 140-159, 2025. DOI: https://doi.org/10.1080/10686967.2025.2578509. Acesso em: 17 mai. 2026.

[28] POWER, W.; SINNOTT, S.; LYNCH, P. Takt complementing Last Planner System on residential construction projects. **Construction Economics and Building**, v. 24, n. 4/5, 2024. DOI: https://doi.org/10.5130/AJCEB.v24i4/5.8846. Acesso em: 17 mai. 2026.

[29] KO, C. H.; KUO, J. D. Lean design process for formwork engineering. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 27. 2019, Irlanda. **Anais eletrônicos IGLC**. DOI: DOI: https://doi.org/10.24928/2019/0138. Acesso em: 25 jun. 2026.

[30] MEIRE, C.; LINHARES, P.; HERMO, V. Método para la dirección de obra de viviendas modulares passivas. **Informes de la construccion**, v. 75, n. 572, 2023. DOI: https://doi.org/10.3989/ic.6452. Acesso em: 29 jun. 2026.