



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^o Lean and Green Construction e BIM: mapeamento dos estudos e práticas integradas

Lean and Green Construction and BIM: mapping the integrated studies and practices

Mariana Bravo,

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP | Campinas, São Paulo | m263547@dac.unicamp.br

Rafael Dionizio,

Faculdade de Tecnologia, UNICAMP | Limeira, São Paulo | r200299@dac.unicamp.br

Crislandy Kaline Barreiro Marques,

Faculdade de Tecnologia, UNICAMP | Limeira, São Paulo | c135359@dac.unicamp.br

Sofia Rontani,

Faculdade de Tecnologia, UNICAMP | Limeira, São Paulo | s163474@dac.unicamp.br

Thomaz Buttignol,

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP | Campinas, São Paulo | thomazb@unicamp.br

Eloisa Dezen-Kempter

Faculdade de Tecnologia, UNICAMP | Limeira, São Paulo | eloisak@unicamp.br

RESUMO

A execução das diferentes etapas da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) apresenta desafios para a gestão da produção, e o uso consciente de recursos sustentáveis deve considerar a redução dos desperdícios. Pesquisas acadêmicas têm promovido a construção enxuta e verde, utilizando a tecnologia como meio de suporte. O Building Information Modeling (BIM) tem sido uma opção para gerenciar recursos do projeto e impulsionar a filosofia de produção na AEC. Este artigo discute os resultados da busca por estudos que integram os princípios e práticas do Lean and Green às funcionalidades BIM, entre 2012 e 2022, compreendendo como e em quais fases os segmentos têm sido aplicados e quem são os pesquisadores e países que mais promovem este tema. A revisão sistemática da literatura (RSL) encontrou 510 artigos, dos quais 10 foram selecionados para análise qualitativa. Verificou-se que 10 dos 15 princípios Lean and Green foram mais integrados a 03 funcionalidades BIM, entre as 08 determinadas, e apenas 02 estudos de caso trouxeram práticas integradas. Desta forma, se evidencia o espaço para mais estudos práticos objetivando essa integração para avançar em direção à sustentabilidade com o auxílio da tecnologia, de forma rápida e sem desperdícios.

Palavras-chave: Lean and Green Construction, BIM, AEC, Revisão Sistemática de Literatura

ABSTRACT

The Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry faces challenges in production management and sustainable resource use, requiring waste reduction. Lean and Green Construction principles have been promoted, and technology like BIM is a means of support. This article aims to analyze studies integrating Lean and Green principles and practices with BIM functionalities from 2012 to 2022, to understand how segments have been applied and which researchers and countries promote this theme the most. A systematic literature review yielded 510 articles, of which 10 were classified for qualitative analysis. The results show that 10 of the 15 Lean and Green principles were more integrated into three BIM functionalities, out of eight determined. Only two case studies showed integrated practices, highlighting the need for more practical studies to promote sustainability advances through technology without waste. The study emphasizes the potential of BIM as a tool to manage project resources within deadlines and implement production philosophy in AEC, promoting sustainability and waste reduction. The integration of Lean and Green principles with BIM functionalities requires more practical studies, showing how technology can support sustainable practices.

Keywords: Lean and Green Construction, BIM, AEC, Literature Systematic Review

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se explorado pela academia cada vez mais a integração da aplicação da sustentabilidade, transformação digital e a otimização dos processos nas etapas da AEC. Considerada a maior

¹ BRAVO, M.; DIONIZIO, R.; MARQUES, C. K. B.; RONTANI, S.; BUTTIGNOL, T.; DEZEN-KEMPTER, E. Lean and Green Construction e BIM: mapeamento dos estudos e práticas integradas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–15.

indústria global em capacidade produtiva, lida com problemas crônicos como: baixa produtividade, alto risco ocupacional e seus processos, impacto das condições de mercado, desperdícios de tempo e custo, alto consumo de recursos naturais, problemas com a gestão da informação (LIU et al., 2021).

Ante estes desafios, têm-se estudado ferramentas e metodologias que proporcionam a otimização dos recursos humanos e materiais, focando em atividades que geram valor, como o Lean and Green Construction (Ahuja et al., 2018; Demirdögen et al., 2021).

Entretanto, segundo Demirdögen et al. (2021) estudos sobre a integração de processos e metodologias para o gerenciamento de projetos das indústrias AEC, como Lean and Green Construction (L&G) e o BIM ainda se encontram escassos na literatura. De acordo com Olawumi e Chan (2019) cerca de 78% dos usuários da BIM ainda não integram as funcionalidades aos projetos sustentáveis. Nas etapas do AEC tais funcionalidades podem provar a redução da viabilidade por meio da disposição da informação, conduzindo a sinergia ao Lean Thinking, traduzindo a importância da tecnologia para geração de valor e eliminação de desperdícios (MAHMOOD; ABRISHAMI, 2020).

Há uma lacuna na padronização das etapas e funcionalidades BIM para a integração do Lean Construction e práticas sustentáveis (Green Construction), especialmente nas fases de uso e operação da obra, devido aos desafios de aplicação do BIM em edificações existentes (VOLK et al., 2014). Assim, torna-se necessário aprimorar a padronização das etapas e funcionalidades para a integração destes conceitos, também nas fases de uso e operação de obras, para avançar na aplicação desses conceitos em edificações existentes.

A integração dos princípios L&G com funcionalidades BIM tem sido estudada como uma abordagem para eficiência e difusão da sustentabilidade nas atividades, processos e projetos de AEC (AHUJA et al., 2018), (SAIEG et al., 2018). Mellado e Lou (2020) ressaltam que o BIM tem sido mais utilizado nas fases iniciais do ciclo de vida dos edifícios, e recomendam o uso de funcionalidades BIM para incluir o conceito de reduzir, reutilizar e reciclar em sua análise de sustentabilidade. Sob tal conjuntura, apresenta-se uma RSL mapeando publicações científicas entre 2012 e 2022, na qual constatou-se uma lacuna quanto a esta sinergia, especialmente nas fases de uso e operação dos projetos. Este trabalho estrutura-se em cinco seções: 1. Introdução; 2. Referencial Teórico; 3. Metodologia; 4. Resultados e Discussões; e 5. Considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Integração Lean and Green Construction e BIM (L&G+B)

Segundo Saieg et al. (2018), o marco da integração Lean e BIM trata-se do estudo elaborado por Sacks et al. (2010), que propõem a adoção dos conceitos Lean Construction com foco em redução de desperdícios, melhoria no valor agregado e melhoria contínua (KOSKELA, 1992) com o BIM que oferece por meio da tecnologia meios para a coordenação e melhoria da qualidade de projetos.

Com o objetivo de suscitar a sustentabilidade as práticas Lean Construction, a sinergia L&G (Lean & Green) abrange além do ponto de vista econômico, o ambiental com foco na minimização de resíduos e uso consciente dos recursos naturais, e o social com a redução nos acidentes, melhorias no ambiente ocupacional e satisfação das partes interessadas. Apesar dos benefícios, nota-se a limitação de estudos sobre a abrangência prática destes conceitos (TAFAZZOLI et al., 2020).

Sacks et al. (2010) propõem a integração do Lean Construction ao BIM na indústria da AEC, para maximizar a eficiência e qualidade dos projetos e obras, através da identificação de desperdícios, otimização dos fluxos de trabalho, promoção da colaboração entre as equipes, resultando em benefícios como a redução de custos, prazos e retrabalhos, e sobre o gerenciamento das atividades, para uso mais eficiente dos recursos. Desta forma, os modelos BIM permitem a identificação de ineficiências e gargalos no processo construtivo, possibilitando a adoção de medidas corretivas adequadas para otimizar o fluxo de trabalho (OLAWUMI; CHAN, 2018).

Entre os princípios L&G destaca-se: redução de variabilidade; redução dos tempos de ciclo; redução de resíduos; redução dos lotes de produção; redução de custos; otimização de recursos materiais; melhoria do fluxo do sistema de produção para geração de valor; otimização dos recursos naturais; otimização dos recursos humanos; produtividade; segurança no ambiente de trabalho; padronização; gestão visual (compartilhamento da informação); melhoria contínua; satisfação das partes interessadas (AHUJA et al., 2018;

CARVAJAL-ARANGO et al., 2019; CHENG et al., 2020; MELLADO; LOU 2020; SACKS et al., 2010; SAIEG et al., 2018; TAFAZZOLI et al., 2020)

Succar e Kassem (2015) conceituam o BIM como uma abordagem integrada para criação, gerenciamento e compartilhamento de informações digitais. Os parâmetros BIM dividem-se em etapas: Projeto, Execução, Operação e Manutenção, cuja implementação propicia benefícios conforme Quadro 1, baseada em Eastman et al. (2011) e Sacks et al., (2010).

Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e Comunicação na Construção ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

Quadro 1: Fases, Funcionalidades BIM e Benefícios

FASES	FUNCIONALIDADES BIM	BENEFÍCIOS
Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Visualização da forma; • Geração rápida/automatizada de projeto; • Reutilização de dados do modelo para análises preditivas; • Manutenção da integridade das informações e do modelo de projeto; • Colaboração no projeto e construção 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de modelos digitais em 3D: visualização e análise do projeto de forma precisa e detalhada; • Simulações e análises de desempenho do projeto: auxílio para identificar problemas e reduzir os custos da obra; • Elaboração de documentação técnica de forma automatizada e integrada
Execução (Construção)	<ul style="list-style-type: none"> • Geração e avaliação rápida de várias alternativas de plano de construção; • Comunicação online/eletrônica baseada em objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Compartilhamento das informações com as equipes de construção, sobre materiais, equipamentos, cronograma de entrega e outras informações relevantes; • Monitoramento do progresso da construção
Operação e manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Simulações/ Análise de desempenho 	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de modelos detalhados dos edifícios para registrar informações sobre seus sistemas e componentes, incluindo datas de manutenção, instruções de uso; • Gerenciamento do desempenho do edifício ao longo do tempo; • Gestão da documentação, especificações e manuais de operações

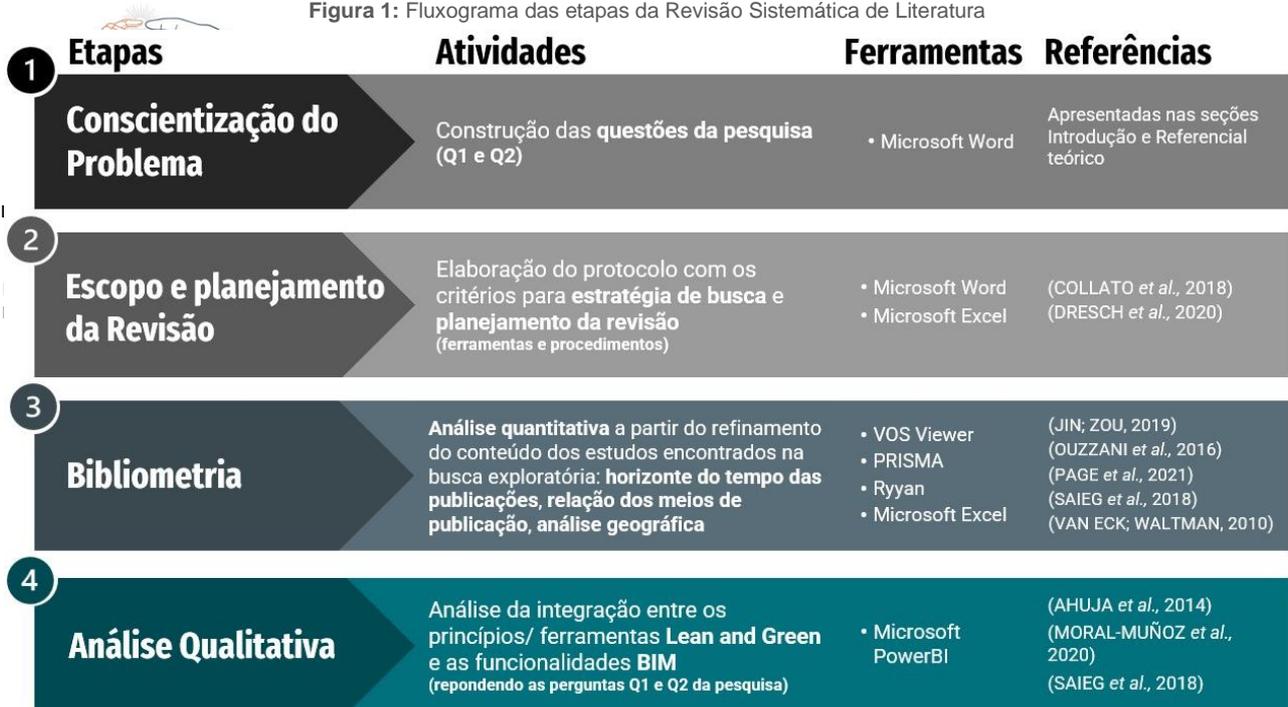
Fonte: os autores.

Contudo, Dezen-Kempter *et al.* (2021) destacam que o BIM não se conceitua como uma abordagem isolada, consequentemente sua integração a novas ferramentas e tecnologias torna-se fundamental para maximizar seus benefícios. Conforme a indústria AEC evolui, novas ferramentas e tecnologias emergem, sendo necessário integrá-las ao processo BIM, visando aprimorar a eficiência e sustentabilidade das obras (SACKS *et al.*, 2010).

3 METODOLOGIA

Uma RSL tem por intuito prover a síntese de um campo de estudo, identificar lacunas para futuras pesquisas, responder perguntas referentes a problemas reais (PAGE et al., 2021). Sob tais premissas, este estudo traz uma RSL acerca da integração L&G+B nas diferentes etapas da AEC, conduzida em quatro etapas: 1. Conscientização do Problema, 2. Escopo e planejamento da Revisão; 3. Bibliometria; e 4. Análise qualitativa, (Figura 1) com o detalhamento das respectivas atividades, ferramentas e referências utilizadas.

Figura 1: Fluxograma das etapas da Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: os autores.

A primeira etapa, Conscientização do Problema, refere-se à construção das questões da pesquisa, a fim de que se compreenda quais os avanços e lacunas da integração dos conceitos L&G+B nas etapas da AEC:

- *Como os princípios e ferramentas Lean and Green Construction tem-se integrado às funcionalidades do BIM? (Q1)*
- *Em que segmentos e fases (projeto, execução, uso e operação) da AEC tem se visto a aplicação desta integração? (Q2)*

Considerou-se para a explanação das etapas da metodologia adotada para a RSL, o detalhamento das atividades nos subitens: Escopo e Planejamento da Revisão, ainda nesta seção; Bibliometria e Análise qualitativa na seção seguinte Resultados.

3.1 Escopo e planejamento da Revisão

Segundo Dresch *et al.* (2020), configurar uma estratégia de busca é fundamental para o planejamento de uma RSL, visto a quantidade de informações que serão obtidas, dessa forma um protocolo de busca com a síntese dos parâmetros da pesquisa facilita a análise dos dados. Posto isto, elaborou-se um Protocolo de Busca (Quadro 2), com base nos protocolos sugeridos por Collato et al. (2018) e Dresch et al. (2020), e a partir das questões da pesquisa descritas anteriormente.

Quadro 2: Protocolo de Busca

CRITÉRIOS	PARÂMETROS ADOTADOS
Contexto da Pesquisa	Mapeamento da literatura para análise da integração entre os princípios Lean and Green Construction e funcionalidades BIM aplicáveis às etapas de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)
Idiomas	2012 - 2022
Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção	Inglês e Português
13º Simposio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simposio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação em Construção para Seleção de Estudos	<p>Inclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Publicações: Artigos publicados em periódicos científicos e em congresso da área (IGLC); • Conteúdo: abrange o conceito Lean and Green Construction e BIM simultaneamente. • Aplicação: direcionado para a área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) <p>Exclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Publicações: Capítulos de livros, jornais não científicos; • Conteúdo: cita apenas um dos conceitos (Lean and Green ou BIM); • Aplicação: direcionado para áreas de outros segmentos diferentes da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).
Termos de busca	(lean and green) AND (BIM)
Fontes de busca	<p><u>Base de dados (periódicos):</u> ASCE (<i>American Society of Civil Engineers</i>), Scielo, ScienceDirect, Scopus, Web of Science.</p> <p><u>Anais de congressos:</u> IGLC (Congressos anuais do <i>International Group for Lean Construction</i>)</p>

Fonte: os autores.

Após a elaboração do protocolo de busca, determinou-se as ferramentas utilizadas e os procedimentos a serem aplicados. Assim sendo, optou-se pelas ferramentas: Fluxograma PRISMA (PAGE et al., 2021) para sintetizar o resultado das buscas e análise dos artigos; o software Rayyan (OUZZANI et al., 2016) para remover duplicatas e artigos cujo títulos e resumos não são aderentes ao contexto da pesquisa; o software VOSviewer (VAN ECK; WALTMAN, 2010) para análise das correspondências entre as palavras-chaves; e o Microsoft PowerBI para a configuração de gráficos que auxiliem a análise qualitativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A priori realizou-se uma busca exploratória a cada uma das bases de dados resultando em 510 artigos científicos publicados em periódicos e anais do IGLC (*The International Group for Lean Construction*), a fim de verificar a relação entre as palavras que compõem a string de busca por meio da rede de co-ocorrência das palavras-chaves (Figura 2).

Figura 3: Uso do Rayyan para Bibliometria

Inclusion decisions (5 star)

Undecided	0
Maybe	0
Included	51
Excluded	451

Possible Duplicates

Unresolved	0
Deleted	0
Not duplicates	0
Resolved	7

Exclusion reasons

Título não aderente	220
Resumo não aderente	197
Outra área de pesquisa	23
Artigo duplicado	7
Análises complexas de congressos	3
Língua diferente	1

Keywords for include (Add new)

BIM	255
Case study	95
Lean Construction	79
Literature review	61
Survey	39
Systematic review	25
Lean and Green	13
Lean and BIM	11
Green Construction	4
Lean and Green Construction	2

Keywords for exclude (Add new)

Manufacturing	43
Health	24
Education	12
Agriculture	2

Abstract languages

English	16
English-Italian	1

Authors

Neto, J. P. B.	8
Kozubek, Lubor	7
Teset, Aljan	6
Lacina, Ota	6
Wu, Peng	6
Wang, Shuang	5
Garcia de Soto, Borja	5
Shen, Geoffrey Qizeng	5
Zayed, Tarek	5
Li, Xiao	5
Ben...	1

Publication types

Journal Article	350
CONF	149
CPAPER	2
SER	1

Journals

Automation in Construction	51	2022	91
Journal of Cleaner Production	49	2021	67
Journal of Construction Engineering and Management	45	2020	55
24th Annual Conference of the International Co...	24	2019	54
Journal of Management in Engineering	19	2018	43
27th Annual Conference of the International Co...	18	2017	56
Journal of Building Engineering	18	2016	49
IJEGC 2018 - Proceedings of the 26th Annual C...	17	2015	30
20th Annual Conference of the International Co...	13	2014	24
Proc. 30th Annual Conference of the Internatio...	13	2013	17

Topics

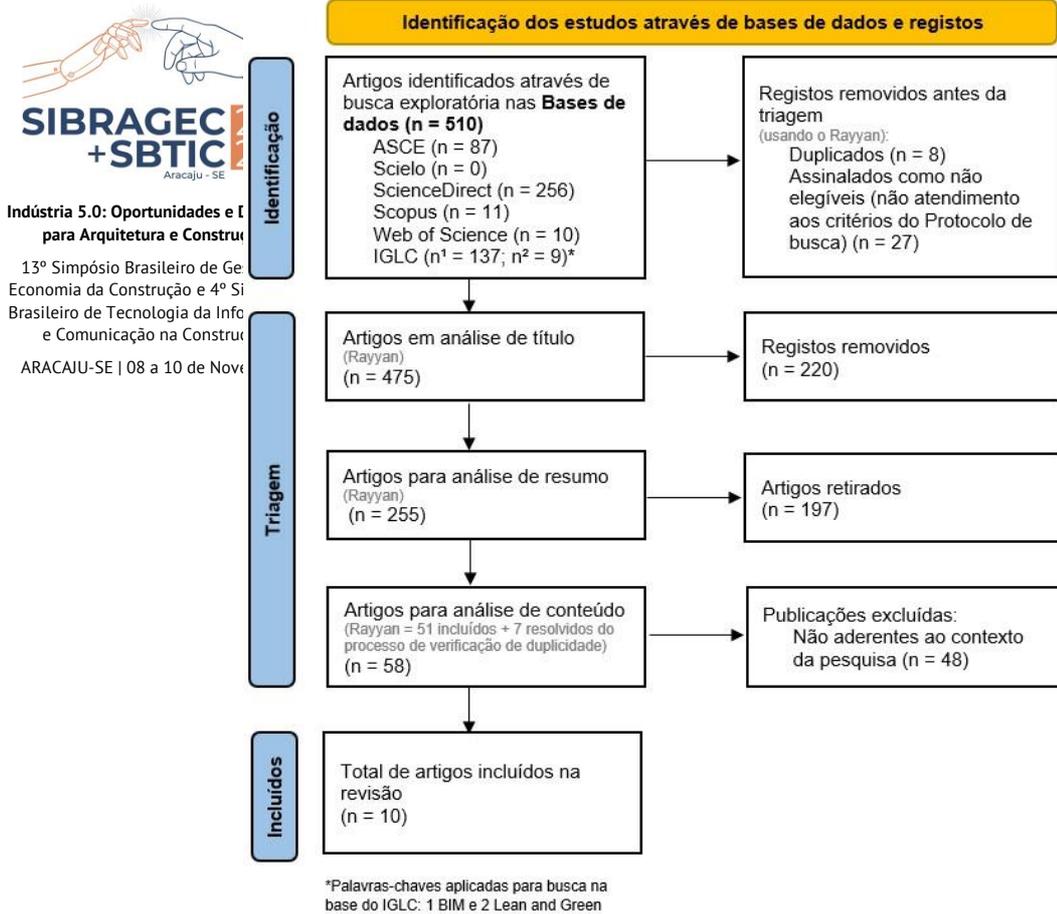
- Sustainability
- BIM
- Lean construction
- Building information modeling
- Construction industry
- Collaboration
- Construction
- Building Information Modeling (BIM)

Filtros utilizados para inclusão dos critérios para seleção dos artigos e monitoramento dos resultados bibliométricos

Campos para determinação dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos

Fonte: os autores.

Para o registro das seleções e triagem dos artigos quanto ao contexto da pesquisa, se estruturou um Fluxograma PRISMA (Figura 4).



SIBRAGEC +SBTIC
 Aracaju - SE

Indústria 5.0: Oportunidades e I para Arquitetura e Construção

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

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro de 2023

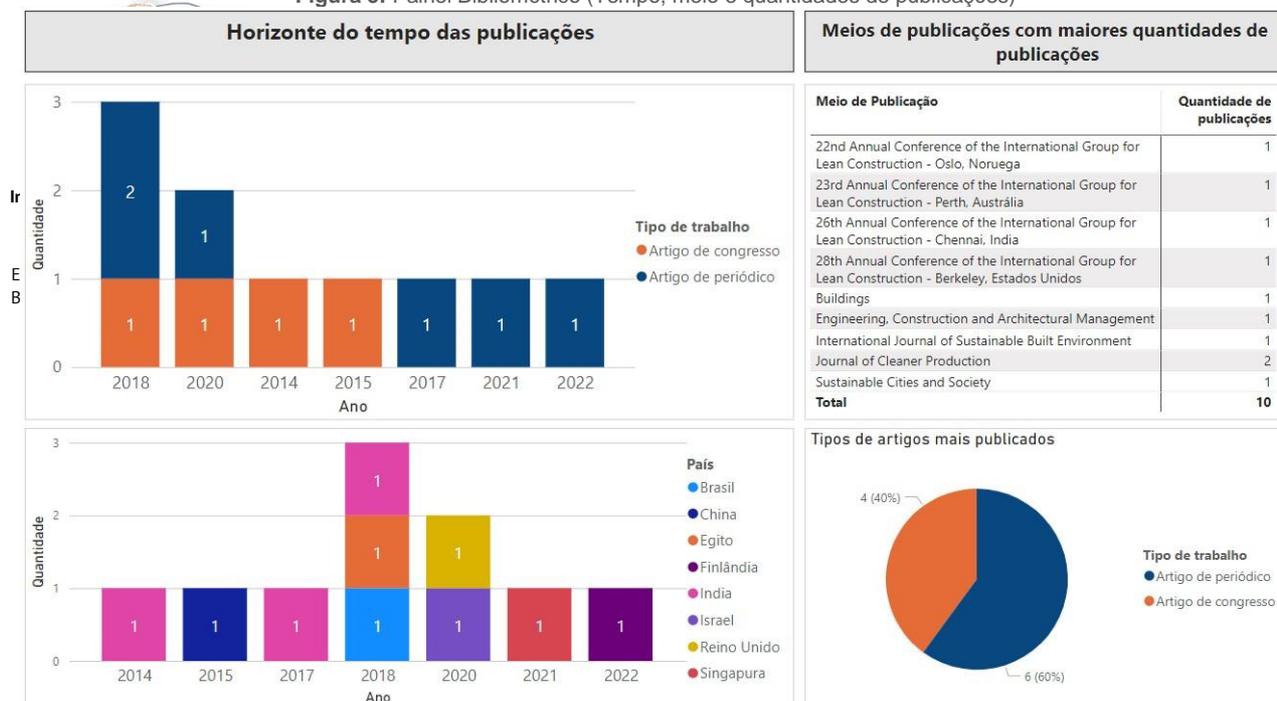
Fonte: os autores.

4.1 Bibliometria

Nesta etapa desenvolveu-se a análise quantitativa dos 10 artigos aderentes à pesquisa, considerando: horizonte do tempo das publicações (artigos de periódicos e congressos), relação dos meios de publicação (periódicos e congressos), análise geográfica (publicações por países, instituições e autores).

Analisando os dez últimos anos de publicações integrando L&G+B foram detectadas mais publicações em periódicos (06), que congressos (04), sendo que os anos de 2012, 2013, 2016 e 2019 não tiveram registros, enquanto os anos de 2018 e 2020 tiveram a maior quantidade de publicações (Figura 5).

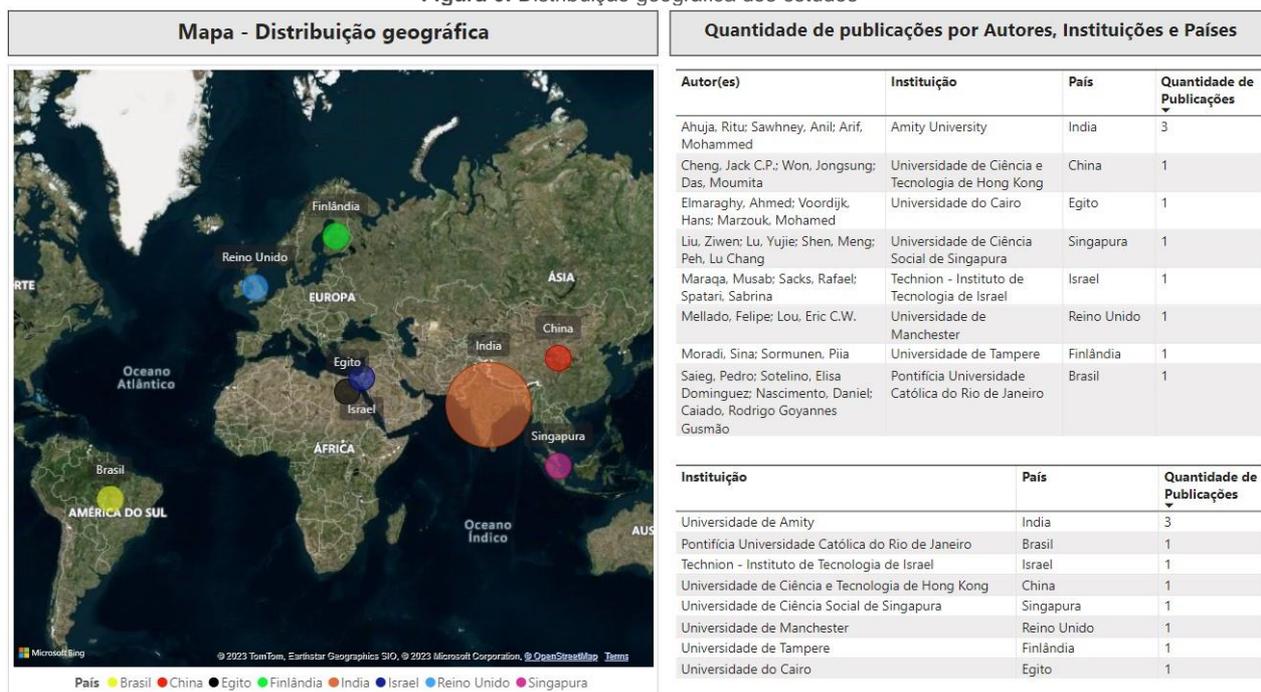
Figura 5: Painel Bibliométrico (Tempo, meio e quantidades de publicações)



Fonte: os autores.

Quanto a distribuição geográfica (Figura 6), a Índia é o país com maior quantidade (três artigos em congressos e periódicos), sendo que Ritu Ahuja, autora vinculada a Universidade de Amity, com mais publicações. Em âmbito nacional, apenas um artigo publicado pelos autores Saieg *et al.* (2018) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro abrangem a integração do contexto desta pesquisa.

Figura 6: Distribuição geográfica dos estudos



Fonte: os autores.

4.2 Análise qualitativa

Com intuito de responder às perguntas da pesquisa, estabeleceram-se categorias para cada uma das variáveis da integração e os itens que as compõem, assim como as referências utilizadas (Quadro 3).

Posteriormente, compreendeu-se a relação entre os princípios L&G e as funcionalidades BIM, ou seja, quais princípios têm sido mais explorados e sob quais funcionalidades. Para tanto, foi elaborada uma Matriz de Correlação (Figura 8), na qual o produto (multiplicação das vezes em que cada princípio e funcionalidade apareceram nos estudos) é citado e destacado por uma escala de cores – as mais próximas ao verde possuem maior correlação, enquanto as mais próximas ao vermelho possuem menor correlação.

Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para a Arquitetura e Construção
 19º Simpósio Brasileiro de Gestão e Tecnologia da Construção e 10º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção
 ARACAJU-SE 108 a 10 de Novembro

Ao analisar a Matriz, percebe-se que os princípios L&G apresentados com maior frequência, foram respectivamente: Redução dos resíduos, Otimização de recursos naturais, Melhoria do fluxo do sistema de produção para geração de valor, Produtividade, Redução dos tempos de ciclo, Melhoria contínua. Por outro lado, observou-se maior interação com a Redução dos lotes de produção e Segurança no ambiente de trabalho. Ao analisar a aplicação das funcionalidades BIM observa-se que a Visualização da forma, Geração rápida/ automatizada do projeto, e Geração e avaliação rápida de várias alternativas de plano de construção manifestam-se mais nos estudos, ao contrário da Reutilização de dados do modelo para análises preditivas.

Figura 8: Matriz de Correlação – Lean and Green e BIM

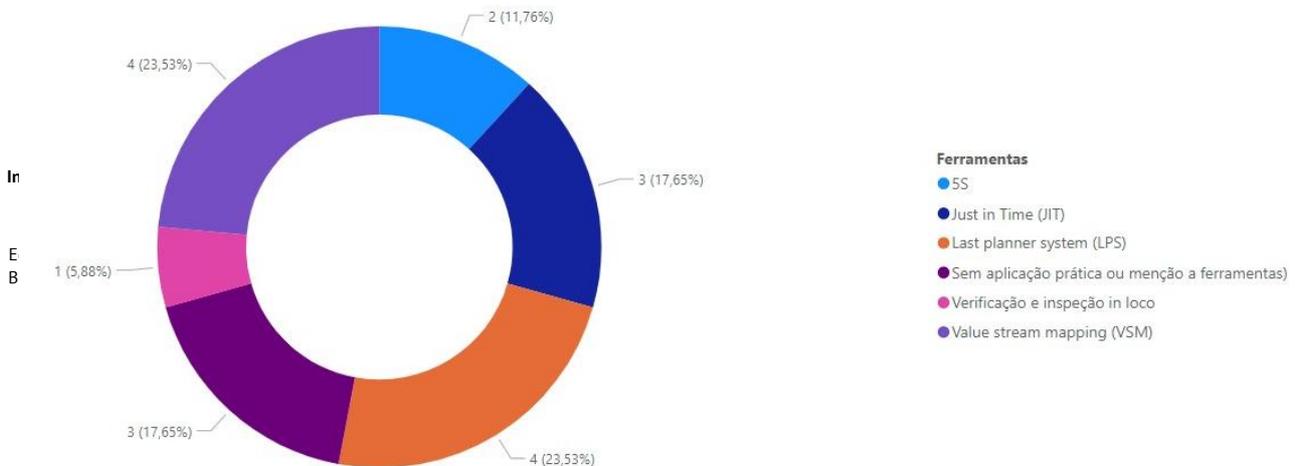
FUNCIONALIDADES BIM	Visualização da forma	Geração rápida/ automatizada de projeto	Reutilização de dados do modelo para análises preditivas	Manutenção da integridade das informações e do modelo de projeto	Simulações/ Análise de desempenho	Colaboração no projeto e construção	Geração e avaliação rápida de várias alternativas de plano de construção	Comunicação online/ eletrônica baseada em objetos	
PRINCÍPIOS LEAN AND GREEN									
Redução de variabilidade	60	60	12	24	30	24	48	18	276
Redução dos tempos de ciclo	80	80	16	32	40	32	64	24	368
Redução de resíduos	90	90	18	36	45	36	72	27	414
Redução dos lotes de produção	30	30	6	12	15	12	24	9	138
Redução de custos	70	70	14	21	35	28	56	21	315
Otimização de recursos materiais	90	90	18	36	45	36	72	27	414
Melhoria do fluxo do sistema de produção para geração de valor	90	90	18	36	45	36	72	27	414
Otimização dos recursos naturais (consumo de água, energia)	80	80	0	32	40	32	64	24	352
Otimização dos recursos humanos (pessoal qualificado e trabalho em equipe)	50	50	10	20	25	20	40	15	230
Produtividade	90	90	18	36	45	36	72	27	414
Segurança no ambiente de trabalho	40	40	8	16	20	16	32	12	184
Padronização	70	70	0	28	35	28	56	21	308
Gestão visual (compartilhamento da informação)	50	50	10	20	25	20	40	15	230
Melhoria Contínua	80	80	16	32	40	32	64	24	368
Satisfação das partes interessadas	70	70	14	28	35	28	56	21	322
	1040	1040	178	409	520	416	832	312	

Fonte: os autores.

Explorou-se também a aplicação e citação de ferramentas L&G (Figura 9) como meio de integração ao BIM e identificou-se que o *Value Stream Mapping* (Mapeamento do Fluxo de Valor) e o LPS foram mais abordados, ora pela amplitude da aplicação dos princípios L&G mais citados. O uso das funcionalidades Visualização da Forma, Geração rápida/ automatizada de projeto e Geração e avaliação rápida de várias alternativas de plano de construção são as funcionalidades BIM mais integradas aos princípios L&G, engajados pela disposição dos dados.

Por outro lado, poucos artigos apresentam a implantação de ferramentas Lean and Green Construction com o uso do BIM para redução de lotes de produção, segurança no ambiente de trabalho e otimização dos recursos humanos.

Figura 9: Uso das ferramentas (práticas) Lean and Green Construction nos estudos de integração

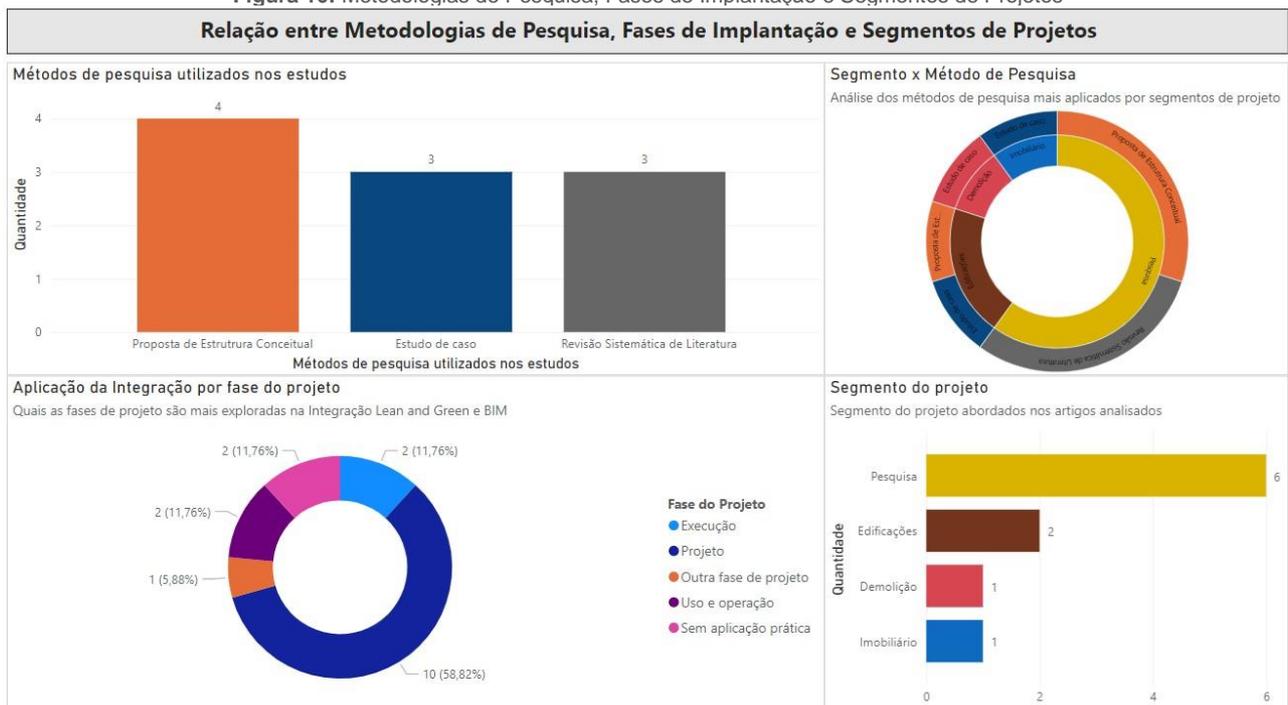


Fonte: os autores.

- Em que segmentos e fases (projeto, execução, uso e operação) da AEC tem se visto a aplicação desta integração? (Q2)

Os métodos de pesquisa mais utilizados foram a Proposta de estrutura conceitual (refere-se a proposta de uma estrutura para implantação dos conceitos L&G+B a partir de uma RSL) com 04 artigos, Estudo de Caso e RSL, com 03 artigos, observando que a Pesquisa como segmento de projeto e a fase de projeto também foram mais estudados (Figura 10).

Figura 10: Metodologias de Pesquisa, Fases de Implantação e Segmentos de Projetos



Fonte: os autores.

As propostas de estruturas conceituais apresentadas por Mellado e Lou (2020) e Moradi e Sormunem (2022) dispuseram referência para aplicação de parâmetros Lean Construction, sustentabilidade e gestão com BIM, parametrizável a diversos segmentos e fases de projetos, para guiar a implantação de diretrizes que fomente tal sinergia. Aplicável especificamente às estruturas organizacionais, Ahuja *et al.* (2017) estruturaram um modelo para auxiliar no desenvolvimento das capacidades organizacionais para entrega de projetos L&G+B.

Ainda sob o uso da integração para gestão, Saieg *et al.* (2018) destacam a eficácia do BIM nas etapas do ciclo de vida do projeto, permitindo a visualização da forma, geração e compreensão de projetos em várias fases da obra, além de possibilitar equipes multidisciplinares trabalharem juntas. Os pesquisadores levantaram a necessidade do BIM para simulações e análises de desempenho da edificação com as práticas L&G.

De igual modo, os benefícios da união dos princípios e funcionalidades, foram observados nos estudos de caso examinados. Evidenciando a aplicação com o estudo de múltiplos casos para avaliar e detectar divergências durante as fases de execução e operação a fim de reduzir o tempo de construção Ahuja *et al.* (2014) propuseram uma estrutura conceitual integrando ao BIM aos conceitos L&G, e obtiveram maior eficiência em termos de custos, redução em atrasos e retrabalhos.

Maraqa *et al.* (2020) analisaram duas empresas de construção, utilizando o *Revit* para a Construção Virtual e Design (VDC) para a integração da construção verde, BIM e Lean nas fases de execução, operação e manutenção, especialmente na gestão de resíduos. Objetivando visualizar a forma, gerar desenhos e realizar análises de resíduos e potencial de aquecimento global, os pesquisadores concluíram que esta implementação apresentou impacto significativo na redução de gases de efeito estufa durante o processo de construção (Maraqa *et al.*, 2020).

Neste sentido, Liu *et al.* (2020) destacam que o suporte do BIM à implantação de sistemas de gestão para fomento a construção verde certificadas, como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), tem sido estudado com frequência. Porém, sem explorar o uso dos princípios L&G, tampouco parâmetros sobre gestão da qualidade, evidenciando uma oportunidade para o desenvolvimento de sistemas de gestão integrada voltados a AEC, alcançando não somente o pilar ambiental da sustentabilidade, como o econômico e social. Já, Cheng *et al.* (2015) e Elmaraghy *et al.* (2018) apontam a pesquisa de gerenciamento de resíduos na fase de pós-ocupação e manutenção como uma área a ser mais explorada.

Segundo Mellado e Lou (2020) e Moradi e Sormunen (2022) aplicação do BIM parece ser uma ferramenta eficaz para definição e gestão de metas sustentáveis, entretanto Maraqa *et al.* (2020) ressaltam a importância do planejamento e projeto antecipados para que se alcance melhoria na eficiência operacional e material nas empresas a serem estudadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração L&G+B encontra-se em estágio emergente, com pouca exploração nos estudos selecionados. Entretanto, observou-se o aumento dessa integração nas fases de projeto e execução da obra, especialmente no gerenciamento de resíduos, com maior foco na diretriz ambiental da sustentabilidade. Todavia, a diretriz social foi pouco vista nos estudos analisados, expondo possibilidades de avanço em pesquisas e práticas para gestão de segurança e saúde ocupacional no ambiente da AEC, como por exemplo a mitigação de riscos.

Para avançar na integração do L&G+B em todas as fases da obra, incluindo o uso e operação, se faz necessário o desenvolvimento de novas abordagens e padrões mais consistentes, a fim de otimizar a sustentabilidade e eficiência dos processos de construção e operação de edificações, permitindo a maximização dos benefícios proporcionados, em todas as etapas dos projetos e empreendimentos na AEC.

Este estudo limitou-se a analisar formas de integração com base em princípios Lean and Green e funcionalidades já conceituadas por fontes primárias, que não foram exploradas as variações destes conceitos ao longo dos anos. Tampouco, não foram considerados parâmetros para análise comportamental da liderança e gestores para a implantação desta integração, mesmo que tenham sido citadas nos artigos analisados, tal abordagem necessitaria de outros meios para averiguação.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AHUJA, Ritu; SAWHNEY, Anil; ARIF, Mohammed. Bim Based Conceptual Framework for Lean and Green Integration. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 22., 2014, Oslo. **Anais [...]**. Oslo: IGLC, 2014. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/983>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- AHUJA, Ritu; SAWHNEY, Anil; ARIF, Mohammed. Developing organizational capabilities to deliver lean and green project outcomes using BIM. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25, n. 10, p. 1255-1276, 2018. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-08-2017-0175/full/html>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0175>
- BAHAMÓN-JARAMILLO, Sara; ARISTIZÁBAL-MONSALVE, Paula; VÁSQUEZ-HERNÁNDEZ, Alondra; BOTERO, Luis Fernando Botero. Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. **Journal of Cleaner Production**, v. 234, n. 10, p. 1322-1337, out. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619317500>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.216>
- CHENG, Jack C.P., WON, Jongsung; DAS, Moumita. Construction and demolition waste management using BIM technology. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 23., 2015, Perth. **Anais [...]**. Perth: IGLC, 2015. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1184>. Acesso em: 01 abr. 2023
- COLLATTO, Dalila Cisco; DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; BENTZ, Ione Ghislene. Is Action Design Research Indeed Necessary? Analysis and Synergies Between Action Research and Design Science Research. **Systemic Practice and Action Research**, v. 31, n. 3, p. 239–267, jun. 2018. 239–267 Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11213-017-9424-9>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11213-017-9424-9>
- DEMIRDÖĞEN, Gökhan; DIREN, Nihan Sena; ALADAĞ, Hande; IŞIK, Zeynep. Lean Based Maturity Framework Integrating Value, BIM and Big Data Analytics: Evidence from AEC Industry. **Sustainability**, v. 13, n. 18, p. 10029. 2021. <Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/18/10029> >. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.3390/su131810029>
- DEZEN-KEMPTER, Eloisa *et al.* Challenges of District Information Modeling (DIM) Applied for Heritage Preservation. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING*, 18., 2020, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Springer International Publishing, 2021. Disponível em: <https://www.springerprofessional.de/en/challenges-of-district-information-modeling-dim-applied-for-heri/18178664> Acesso em: 1 abr. 2023.
- DRESCH, Aline. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Coautoria de Daniel Pacheco Lacerda, José Antônio Valle Antunes Júnior. Porto Alegre, RS: Bookman, 2020. E-BOOK. (1 recurso online). ISBN 9788582605530.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. John Wiley & Sons, 2011.
- ELMARAGHY, Ahmed; VOORDIJK, Hans; MARZOUK, Mohamed. An Exploration of BIM and Lean Interaction in Optimizing Demolition Projects. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 26., 2018, Chennai. **Anais [...]**. Chennai: IGLC, 2018. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1506>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.24928/2018/0474>
- KOSKELA, Lauri. Application of the New Production Philosophy To Construction. **CIFE Technical Report**, v. 72, p. 1–81, 1992
- LIU, Ziwen; LU, Yujie; SHEN, Meng; PEH, Lu Chang. Transition from building information modeling (BIM) to integrated digital delivery (IDD) in sustainable building management: A knowledge discovery approach-based review. **Journal of Cleaner Production**, v. 291, p. 125223, abr. 2021, ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620352677?via%3Dihub>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125223>.
- MAHAMOOD, Ali; ABRISHAMI, Seperh. BIM for lean building surveying services. **Construction Innovation**, v. 20, n. 3, p. 447 – 470, jun. 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CI-11-2019-0131/full/html>. Acesso em: 2 abr. 2023. <https://doi.org/10.1108/CI-11-2019-0131>
- MARAQA, Musab; SACKS, Rafael; SPATARI, Sabrina. Empirical Assessment of the Impact of VDC and Lean on Environment and Waste in Masonry Operations. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 28., 2020, Berkeley. **Anais [...]**. Berkeley: IGLC, 2020. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1782>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.24928/2020/0040>
- MELLADO, Felipe; LOU, Eric C. W. Building information modelling, lean and sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, 102355, 2020, ISSN 2210-6707. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067072030576X?via%3Dihub>. Acesso em: 2 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102355>

MORADI, Sina; SORMUNEN, Piia. Lean and Sustainable Project Delivery in Building Construction: Development of a Conceptual Framework. **Buildings**, v. 12, n. 10, p. 1757, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/10/1757>. Acesso em: 2 abr. 2023. <https://doi.org/10.3390/buildings12101757>

OLAWUJI, Timothy O.; CHAN, Daniel W. M. Identifying and prioritizing the benefits of integrating BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts. **Sustainable Cities and Society**, v. 40, p.16-27, 2018, ISSN 2210-6707. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717317663?via%3Dihub>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.033>

OLAWUJI, Timothy O.; CHAN, Daniel W. M. Concomitant impediments to the implementation of smart sustainable production and consumption. **Sustainable Production and Consumption**, v. 21, p. 239-251, 2020, ISSN 2352-5509. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550919302003>. Acesso em: 2 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.09.001>

OUZZANI, Mourad; HAMMADY, Hossam; FEDOROWICZ, Zbys; ELMAGARMID, Ahmed. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, n. 210, 2016. Disponível em: <https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-016-0384-4>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>

PAGE, Matthew J.; MCKENZIE, Joanne E.; BOSSUYT, Patrick M.; BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy C.; MULROW, Cynthia D.; SHAMSEER, Larissa; TETZLAFF, Jennifer M.; AKL, Elie A.; BRENNAN, Sue E.; CHOU, Roger; GLANVILLE, Julie; GRIMSHAW, Jeremy M.; HRÓBJARTSSON, Asbjørn; LALU, Manoj M.; LI, Tianjing; LODER, Elizabeth W.; MAYO-WILSON, Evan; MCDONALD, Steve; MCGUINNESS, Luke A.; STEWART, Lesley A.; THOMAS, James; TRICCO, Andrea C.; WELCH, Vivian A.; WHITING, Penny; MOHER, David. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, London, UK; 372, n 71, jan. 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

SACKS, Rafael; KOSKELA, Lauri; DAVE, Barghav A.; OWEN, Robert. Interaction of lean and building information modeling in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p. 968-980, fev. 2010. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000203>. Acesso em: 01 abr. 2023. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)

SAIEG, Pedro; SOTELINO, Elisa Dominguez; NASCIMENTO, Daniel; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão. Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 788-806, 2018, ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617326811>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.030>

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, p. 64-79, 2015, ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515001028>. Acesso em: 14 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>

TAFAZZOLI, M.; MOUSAVI, E.; KERMANSHACHI, S. Opportunities and Challenges of Green-Lean: An Integrated System for Sustainable Construction. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 4460, maio 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4460>. Acesso em: 14 abr. 2023. <https://doi.org/10.3390/su12114460>

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, p. 523–538, Ago. 2010. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-009-0146-3#citeas>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank; Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. **Automation in Construction**, Volume 38, 2014, Pages 109-127, ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658051300191X>. Acesso em: 01 abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>