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.v21i1.8594

BIM, MMC e Sustentabilidade: uma Revisão Sistemática da Produção Científica

BIM, MMC and Sustainability: A Critical Overview of the Scientific Literature

Diana Schrok Bezerra
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | diana.schrok@ime.eb.br
Thiago Araújo Fernandes do Nascimento
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro |Brasil| nascimento.thiago@ime.eb.br
Thomas Farias Viana
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | farias.thomas@ime.eb.br
Paulo César Pellanda
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | pellanda@ime.eb.br
Filipe Almeida Corrêa do Nascimento
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | filipe.nascimento@ime.eb.br
Marcelo de Miranda Reis
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | marceloreis@ime.eb.br
Giuseppe Miceli Junior
Instituto Militar de Engenharia| Rio de Janeiro | Brasil | giuseppe.miceli@ime.eb.br

Resumo

A literatura sobre *Building Information Modelling* (BIM), Métodos Modernos de Construção (MMC) e sustentabilidade ainda apresenta integração limitada, sobretudo em abordagens de ciclo de vida. Este estudo tem por objetivo analisar criticamente essa produção científica por meio de uma revisão sistemática conforme o PRISMA, com buscas em bases relevantes e triagem no Rayyan. Os resultados indicam predominância de pré-fabricação *off-site*, sistemas panelizados e avaliação ambiental. O BIM atua sobretudo como suporte à coordenação, à manufatura e à LCA, com baixa incorporação das dimensões social e econômica. Como contribuição, o estudo sintetiza lacunas e desafios para pesquisas futuras sobre o tema.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção. Métodos Modernos de Construção. Sustentabilidade. Revisão Sistemática. Industrialização da Construção.

Abstract

The literature on Building Information Modelling (BIM), Modern Methods of Construction (MMC), and sustainability still shows limited integration, especially in life-cycle approaches. This study aims to critically analyse this body of scientific literature through a systematic review following PRISMA, with searches in relevant databases and screening supported by Rayyan. The results indicate a predominance of off-site prefabrication, panelised systems, and environmental assessment. BIM mainly acts as a support for coordination, manufacturing, and LCA, with limited incorporation of the social and economic dimensions. As a contribution, the study synthesises gaps and challenges for future research on the topic.

Keywords: Building Information Modelling. Modern Methods of Construction. Sustainability. Systematic Review. Construction Industrialization.

Como citar:
BEZERRA, D., et al. BIM, MMC e Sustentabilidade: uma Revisão Sistemática da Produção Científica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8594

INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

A indústria da construção enfrenta desafios persistentes relacionados à produtividade, ao elevado consumo de recursos, à geração de resíduos e aos impactos ambientais, fatores que têm impulsionado o interesse por métodos construtivos mais industrializados, racionalizados e orientados à melhoria do desempenho ao longo do ciclo de vida [1], [2], [3]. Diante desse cenário, os Métodos Modernos de Construção (MMC) vêm sendo reconhecidos como alternativa aos sistemas convencionais, sobretudo por incorporarem estratégias como pré-fabricação, modularização e produção *off-site*, associadas à maior controle de qualidade, racionalização de processos, redução de desperdícios e potencial diminuição do tempo de obra [1], [3], [4].

A avaliação da sustentabilidade desses métodos tem recorrido com frequência a abordagens de ciclo de vida, especialmente à *Life Cycle Assessment* (LCA), entendida como uma abordagem metodológica voltada à quantificação dos impactos ambientais associados às diferentes etapas do ciclo de vida das edificações, desde a produção dos materiais até as fases de construção, uso e fim de vida, conforme o escopo adotado [5], [6]. Para os MMC, a LCA é particularmente relevante por permitir a comparação entre alternativas construtivas e por capturar efeitos que ultrapassam a etapa de execução da obra. Isso ocorre porque o deslocamento de atividades do canteiro para ambientes fabris altera fluxos de materiais, energia, transporte, resíduos e emissões, exigindo análises capazes de considerar o desempenho ambiental do sistema construtivo em perspectiva ampliada [5], [7], [8].

Paralelamente, o *Building Information Modelling* (BIM) tem emergido como suporte técnico e informacional para os MMC, especialmente em contextos de pré-fabricação, construção *off-site* e *Design for Manufacture and Assembly*. O BIM pode apoiar a coordenação do projeto, a padronização de componentes, a integração entre projeto e manufatura e a estruturação de dados necessários à avaliação de desempenho e sustentabilidade [7], [9], [10], [11], [12]. No entanto, apesar do avanço dessas agendas, o problema de pesquisa identificado reside no fato de que a literatura ainda tende a tratar BIM, MMC e sustentabilidade de forma parcial: ora enfatizando os benefícios produtivos dos MMC, ora concentrando-se na avaliação ambiental por LCA, ora abordando o BIM como ferramenta de coordenação, sem consolidar uma compreensão integrada entre esses três eixos [3], [5], [7], [9], [13].

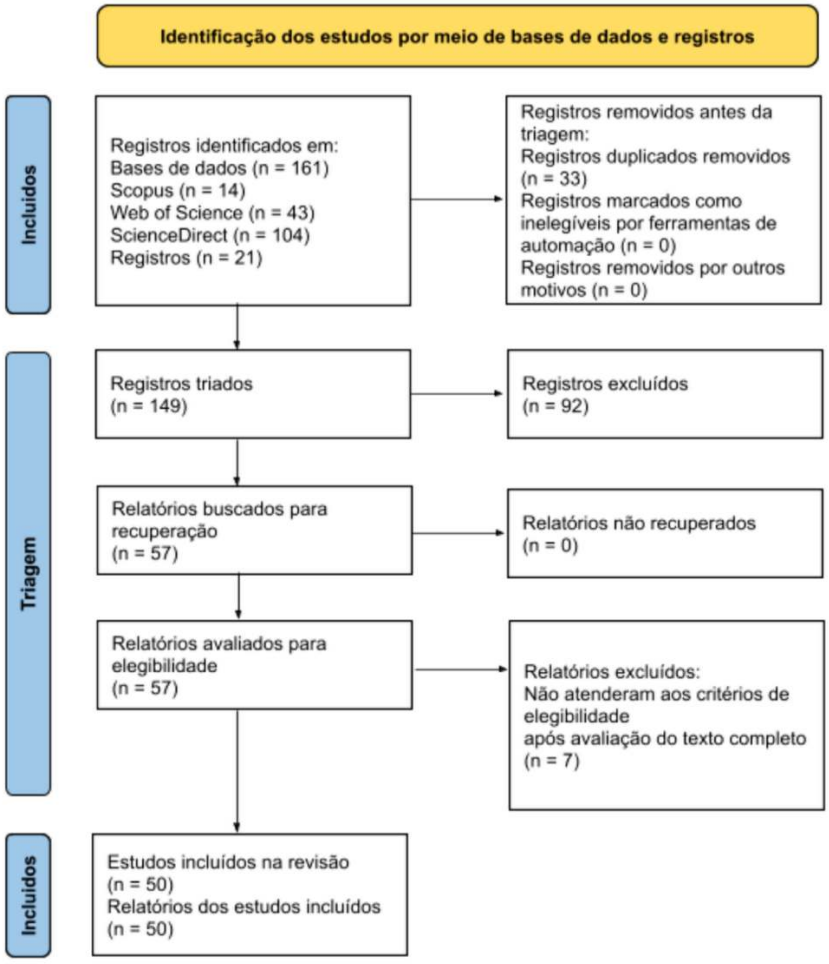
Diante dessa lacuna, este artigo tem por objetivo analisar como a literatura científica tem abordado os MMC no sob a perspectiva da sustentabilidade, com foco nos tipos mais estudados, nos materiais e nas dimensões de pré-fabricação mais recorrentes, no desempenho em comparação com métodos tradicionais, na integração entre BIM, MMC e avaliação de sustentabilidade, bem como nos principais desafios associados ao uso do BIM e à adoção desses métodos na indústria da construção.

MÉTODO

A metodologia adotada consistiu em uma revisão sistemática de caráter qualitativo e descritivo-analítico, estruturada conforme o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). As buscas foram realizadas nas bases Scopus, ScienceDirect e Web of Science, em duas etapas: a primeira em 05 de janeiro de 2026 e a segunda em 12 de janeiro de 2026. Não foi estabelecido recorte temporal inicial, uma vez que os resultados obtidos não foram suficientemente expressivos, optando-se por manter um universo documental mais amplo para análise da relação entre MMC, BIM e sustentabilidade.

A primeira busca utilizou a *string ("MMC" OR "Modern Methods of Construction") AND ("LCA" OR "Life Cycle Assessment")*, resultando em 138 registros: 11 na Scopus, 84 na ScienceDirect e 43 na Web of Science. A segunda busca utilizou a *string ("MMC" OR "Modern Methods of Construction") AND ("LCA" OR "Life Cycle Assessment") AND ("BIM" OR "Building Information Modeling" OR "Building Information Modelling")*, resultando em 23 registros: 3 na Scopus, 20 na ScienceDirect e nenhum na Web of Science. Ao todo, foram identificados 161 registros nas bases de dados.

Figura 1: Fluxograma do Protocolo PRISMA



Fonte: Adaptado de PRISMA Statement (2020).

Além dos registros identificados nas bases, foram incluídos manualmente 21 registros complementares, identificados a partir da leitura das referências dos artigos selecionados, de revisões anteriores e de trabalhos recorrentes na literatura sobre MMC, BIM, construção *off-site* e sustentabilidade. Essa inclusão teve como finalidade incorporar estudos relevantes para a consolidação conceitual e analítica da revisão, especialmente trabalhos que, embora não recuperados pelas *strings* adotadas, contribuíram diretamente para a compreensão da relação entre MMC, BIM e avaliação de sustentabilidade.

Assim, o conjunto inicial da revisão totalizou 182 registros. Os registros foram importados para a ferramenta Rayyan, utilizada para identificação de duplicidades e condução da triagem. Após a remoção de 33 duplicados, 149 registros foram submetidos à triagem por título e resumo. Nessa etapa, 92 registros foram excluídos, restando 57 relatórios para avaliação em texto completo. Após a leitura integral, 7 relatórios foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade, resultando em 50 artigos no corpus final da revisão.

Foram considerados elegíveis trabalhos que abordassem os MMC no contexto da sustentabilidade, incluindo avaliação ambiental, ciclo de vida, desempenho comparativo, materiais, tipos de pré-fabricação, integração com BIM ou desafios de adoção. Foram excluídos estudos que apenas mencionavam MMC, BIM ou LCA de forma periférica, trabalhos fora do setor da construção, documentos duplicados, publicações sem acesso ao texto completo e estudos sem contribuição analítica direta para a relação entre MMC, BIM e sustentabilidade. Todos os registros incluídos manualmente foram submetidos aos mesmos critérios de elegibilidade aplicados aos artigos recuperados nas bases. A triagem final foi concluída em 12 de março de 2026, conforme sintetizado no fluxograma PRISMA apresentado na Figura 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

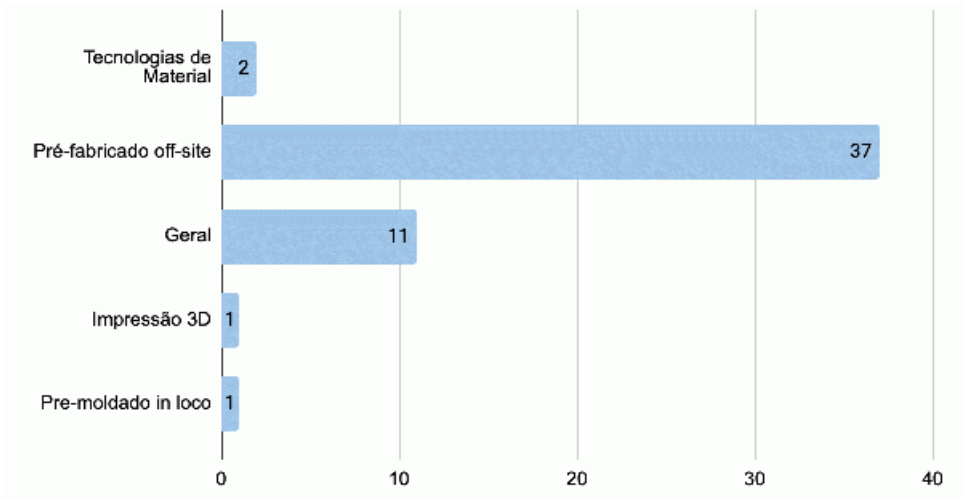
A análise dos artigos selecionados buscou não apenas descrever as frequências observadas, mas interpretar o modo como a literatura tem estruturado a relação entre MMC, BIM e sustentabilidade. Nesse sentido, os resultados são discutidos a partir de dois eixos complementares: a identificação dos padrões dominantes no corpus e a análise das lacunas que ainda limitam a consolidação de abordagens integradas de avaliação e tomada de decisão no setor da construção.

TIPOS DE MMC

A literatura sobre MMC concentra-se, de forma predominante, em soluções de pré-fabricação *off-site*, o que indica que o debate tem sido fortemente orientado à industrialização da construção, à transferência de etapas produtivas do canteiro para ambientes controlados e à racionalização do processo construtivo [2], [3], [7], [8], [9], [11], [12], [14]. Em segundo plano, aparecem estudos de caráter mais geral, voltados à discussão conceitual, às barreiras de adoção, aos modelos de negócio e às estratégias de difusão dos MMC [2], [3], [15], [16], [17], [18], [19], [20]. Já tecnologias de material, impressão 3D e pré-moldado *in loco* surgem com presença bastante inferior, sugerindo

frentes ainda emergentes e menos consolidadas no conjunto analisado [12], [19], [20], [21], [22], [23]. Dados apresentados na Figura 2.

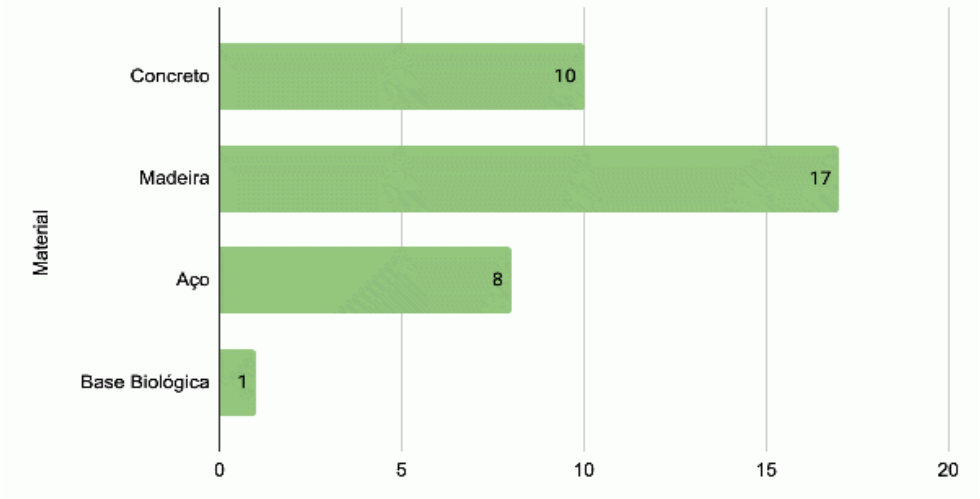
Figura 2: Gráfico de Contagem dos Tipos de MMC.



Fonte: os autores

No que se refere aos materiais, observa-se predominância da madeira, seguida por concreto e aço. A madeira aparece associada a sistemas leves, secos e pré-fabricados, além de produtos engenheirados como timber frame, *Structural Insulated Panel* e *Cross-Laminated Timber*, o que reforça sua centralidade nas estratégias de industrialização e montagem racionalizada [6], [13], [23], [24], [25], [26]. O concreto, por sua vez, mantém relevância em soluções panelizadas, estruturais e híbridas, inclusive em versões inovadoras de menor massa ou com composições modificadas [8], [21], [23], [27], [28]. O aço, embora menos frequente, permanece importante sobretudo em sistemas leves e modulares, como *Light Steel Frame* e estruturas *steel-framed*, fortemente vinculados à fabricação *off-site* e à desmontagem [9], [13], [26], [28], [29], [30], [31], [32], [33]. Já a base biológica ocupa posição residual, o que sugere uma agenda ainda em consolidação [23], [33]. Conforme exposto na Figura 3.

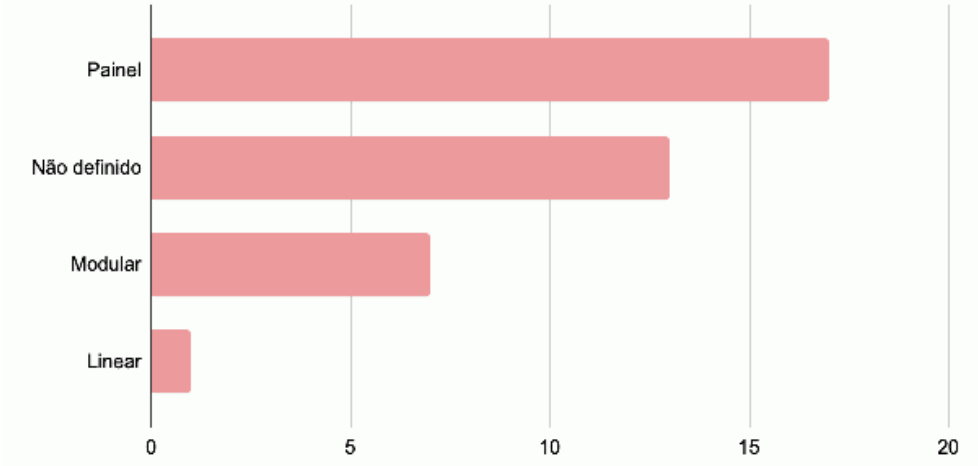
Figura 3: Gráfico de Contagem dos materiais dos MMC.



Fonte: os autores

Os resultados também indicam a predominância de sistemas panelizados em comparação às soluções modulares volumétricas. Os painéis aparecem como elementos estruturais ou de fechamento produzidos em fábrica e posteriormente montados no canteiro [17], [23], [34], o que pode estar relacionado a menores restrições logísticas de transporte, armazenamento e montagem, além de maior flexibilidade de adaptação a diferentes projetos e condições de obra [5], [19], [23], [34], [35]. Os sistemas modulares, embora menos frequentes, mantêm presença relevante por corresponderem a soluções de maior integração fabril, nas quais a produção em ambiente controlado incorpora não apenas componentes, mas também parte mais ampla da montagem e da coordenação entre subsistemas [2], [23], [34], [35]. Em conjunto, esses resultados mostram que a literatura privilegia os MMC associados à pré-fabricação *off-site*, ao uso de materiais tradicionais adaptados à lógica industrializada e à predominância de soluções panelizadas, enquanto categorias emergentes e classificações menos estabilizadas ainda ocupam posição secundária [3], [12], [19], [20], [21], [22], [23], [33]. Conforme Figura 4.

Figura 4: Gráfico de Contagem dos Tipos de Pré-fabricação.



Fonte: os autores

Essa concentração em soluções *off-site*, sistemas panelizados e materiais já consolidados revela uma lacuna importante: a literatura ainda privilegia configurações tecnicamente mais difundidas dos MMC, enquanto tecnologias emergentes, materiais biobaseados, impressão 3D e estratégias de circularidade aparecem de forma menos sistemática. Além disso, a recorrência de classificações genéricas ou pouco estabilizadas dificulta comparações entre estudos e limita a consolidação de critérios comuns para avaliar o desempenho desses sistemas. Assim, mais do que indicar uma simples predominância tipológica, os resultados sugerem que o campo ainda carece de taxonomias mais consistentes para relacionar tipo de MMC, material, nível de pré-fabricação, potencial de desmontagem, adaptabilidade e desempenho sustentável ao longo do ciclo de vida [3], [12], [19], [20], [21], [22], [23], [33].

NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE DOS MMC EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS TRADICIONAIS

Os MMC tendem a ser caracterizados como alternativas de desempenho de sustentabilidade superior ao da construção convencional, embora essa superioridade não se manifeste de forma absoluta nem homogênea [6], [27], [28], [31], [36]. Em geral, os ganhos são observados sobretudo nas dimensões ambiental e produtiva, com reduções de energia incorporada, emissões, resíduos e tempo de execução, especialmente quando os MMC substituem sistemas convencionais mais intensivos em atividades *in situ* [5], [6], [34], [37]. Ainda assim, os estudos ressaltam que esses resultados variam conforme o material empregado, o nível de pré-fabricação, a logística de transporte, a massa dos componentes, as exigências de fundação e o escopo metodológico das avaliações [1], [28], [31], [32], [35], [38].

Na dimensão ambiental, os melhores desempenhos tendem a aparecer em soluções leves e industrializadas, particularmente em sistemas baseados em madeira, em razão da menor massa, da menor demanda de fundações e da menor dependência de materiais de elevada intensidade carbônica [1], [5], [32], [37], [38]. Parte da literatura mostra ainda que esses benefícios podem se estender à fase de uso, com redução da demanda energética operacional e das emissões ao longo do ciclo de vida [1], [5], [39], [40]. Contudo, a vantagem observada para certos materiais, como a madeira, não é intrínseca, mas condicionada à origem da matéria-prima, ao manejo responsável e às condições de produção e transporte [13], [14], [24].

Na dimensão produtiva e econômica, os MMC também são associados a maior eficiência construtiva, menor geração de resíduos e potencial redução de custos ao longo do ciclo de vida, ainda que nem sempre apresentem menores custos iniciais [1], [6], [31], [34], [37], [40]. Em síntese, a literatura sugere que os MMC tendem a apresentar desempenho de sustentabilidade mais favorável que a construção tradicional, mas de forma condicional, dependente do arranjo técnico, dos materiais, da logística e do contexto de aplicação [1], [6], [27], [28], [31], [36], [40].

Portanto, a principal implicação dos resultados é que os MMC não devem ser tratados como soluções intrinsecamente sustentáveis, mas como arranjos construtivos cujo desempenho depende das decisões de projeto, dos materiais especificados, das distâncias de transporte, da escala de produção, do sistema de montagem e das fronteiras adotadas na avaliação. Essa constatação é relevante para o setor porque evita generalizações simplistas e reforça a necessidade de avaliações comparativas baseadas em ciclo de vida desde as fases iniciais de decisão. A lacuna mais evidente está na baixa incorporação de indicadores sociais e na menor consolidação de análises econômicas de ciclo de vida, o que ainda restringe a passagem de uma avaliação predominantemente ambiental para uma avaliação efetivamente integrada de sustentabilidade [27], [28], [31], [36], [40].

INTEGRAÇÃO ENTRE BIM, MMC E SUSTENTABILIDADE

A integração entre BIM, MMC e sustentabilidade tem sido abordada de forma crescente, porém ainda desigual e relativamente restrita no conjunto analisado [3], [5], [7], [9], [12], [13], [33]. Em geral, o BIM é incorporado como suporte técnico e informacional aos MMC, favorecendo a coordenação do projeto, a integração entre projeto e manufatura, a organização dos fluxos de dados e a padronização de componentes, especialmente em contextos de pré-fabricação, construção *off-site* e *Design for Manufacture and Assembly* [10], [11], [12]. Assim, o BIM aparece menos como um fim em si mesmo e mais como infraestrutura digital voltada à racionalização produtiva.

Quando essa articulação se volta à sustentabilidade, a dimensão mais consolidada é a ambiental. A literatura concentra-se sobretudo na integração entre BIM, MMC e *Life Cycle Assessment*, com ênfase em carbono incorporado, emissões iniciais de gases de efeito estufa, otimização de materiais e redução de resíduos [5], [7], [8], [9], [14]. Embora alguns estudos avancem para leituras mais amplas de ciclo de vida, incorporando *Life Cycle Cost* e apoio multicritério [3], [39], [40], essas abordagens ainda são menos frequentes do que as centradas na avaliação ambiental. Em síntese, o BIM já é reconhecido como mediador relevante para apoiar os MMC e sua avaliação, mas essa integração permanece mais amadurecida na dimensão ambiental do que em abordagens plenamente integradas de sustentabilidade [3], [5], [7], [9], [10], [11], [12], [13].

Do ponto de vista analítico, essa configuração indica que o BIM ainda é mobilizado predominantemente como infraestrutura de informação para coordenação, quantificação e apoio à LCA, e não como ambiente plenamente integrado de apoio à decisão em sustentabilidade. Embora sua associação aos MMC favoreça a rastreabilidade de dados, a compatibilização entre projeto e manufatura e a automatização parcial de avaliações ambientais, a literatura ainda explora pouco seu potencial para integrar simultaneamente desempenho ambiental, custos ao longo do ciclo de vida, critérios sociais e requisitos de circularidade. Assim, a lacuna central não está apenas na adoção do BIM, mas na forma ainda limitada como seus dados são convertidos em informações comparáveis para orientar decisões de sustentabilidade nas fases iniciais de projeto [3], [5], [7], [9], [10], [11], [12], [13], [39], [40].

DESAFIOS DA INTEGRAÇÃO ENTRE O BIM E O MMC CONSIDERANDO O USO PARA DEFINIÇÕES NAS FASES INICIAIS DE PROJETO

Os principais desafios da integração entre BIM e MMC nas fases iniciais de projeto decorrem da necessidade de definição precoce, coordenação intensiva e troca estruturada de dados entre os agentes envolvidos [3], [7], [10], [11], [12], [41]. Diferentemente de abordagens convencionais, os MMC exigem que decisões relativas à fabricação, transporte, montagem e compatibilização entre subsistemas sejam consideradas desde o início, o que amplia a complexidade do processo de projeto e reforça a dependência de colaboração antecipada entre projetistas, fabricantes, fornecedores e construtores [11], [12]. Embora o BIM seja reconhecido como ferramenta promissora para apoio às decisões iniciais de projetos de MMC, sua

utilização ainda se concentra mais no suporte à fabricabilidade e à padronização do que na exploração estratégica de alternativas de projeto [7], [11], [12].

Do ponto de vista técnico, destacam-se como obstáculos recorrentes a interoperabilidade limitada entre softwares e formatos de dados, a carência de bibliotecas BIM adequadas para componentes de MMC e a tensão entre padronização industrial e variabilidade dos projetos [7], [11], [12], [41]. Além disso, parte da literatura mostra que as vantagens do BIM tendem a se reduzir quando os projetos exigem maior adaptação local, variação tipológica ou soluções menos padronizadas [10], [12], [41]. Somam-se a isso barreiras organizacionais e econômicas, como resistência à mudança, insuficiência de capacitação, indefinição de papéis e custos iniciais elevados [3], [10], [11], [41]. Em síntese, os desafios da integração BIM-MMC não se restringem à tecnologia em si, mas envolvem também condições processuais, contratuais e setoriais necessárias para que o BIM possa efetivamente apoiar a tomada de decisão nas fases iniciais de projeto [3], [11], [12], [41].

Esses desafios indicam que a integração BIM-MMC depende menos da disponibilidade isolada de ferramentas digitais e mais da maturidade informacional e organizacional dos agentes envolvidos. Para que o BIM apoie efetivamente decisões iniciais em projetos com MMC, é necessário antecipar requisitos de fabricação, transporte, montagem, desempenho e sustentabilidade, o que exige bibliotecas adequadas, padrões de interoperabilidade, responsabilidades informacionais bem definidas e participação precoce da cadeia produtiva. Portanto, a lacuna setorial reside na transição de um uso operacional do BIM, voltado à modelagem e compatibilização, para um uso estratégico, capaz de estruturar alternativas de projeto e apoiar decisões integradas antes que as principais escolhas construtivas se tornem irreversíveis [7], [10], [11], [12], [41].

DESAFIOS PARA A ADOÇÃO DOS MMC

A ainda limitada adoção dos MMC é explicada menos pela ausência de potencial técnico e mais pela convergência de barreiras econômicas, institucionais, operacionais e socioculturais [2], [3], [16], [18], [20]. Entre os fatores mais recorrentes destacam-se os elevados investimentos iniciais em infraestrutura produtiva, tecnologia, logística e capacitação, bem como a dependência de escala, continuidade de demanda e eficiência de transporte para viabilizar economicamente esses sistemas [3], [18], [34]. Também pesam entraves institucionais, como a ausência de políticas consistentes, incentivos, padronização normativa e liderança governamental, além da escassez de mão de obra qualificada e da baixa integração entre sistemas e ferramentas [2], [17], [34].

Somam-se a isso fatores culturais e mercadológicos, já que, em diversos contextos, os MMC ainda são associados a incertezas quanto à qualidade, à durabilidade e ao desempenho, enquanto modelos de negócio pouco adaptados às demandas dos

clientes e às condições locais dificultam sua aceitação mais ampla [16], [18], [20]. Em síntese, a literatura sugere que a adoção desses métodos tende a permanecer limitada quando são tratados como soluções universalmente transferíveis, sem adaptação ao contexto regulatório, logístico, material e formativo de cada realidade [2], [3].

Em conjunto, essas barreiras mostram que a difusão dos MMC depende de condições sistêmicas que extrapolam o desempenho técnico dos métodos construtivos. A adoção em larga escala requer políticas públicas consistentes, demanda continuada, padronização normativa, capacitação da cadeia produtiva, modelos de negócio adequados e adaptação às condições locais de mercado, clima, logística e disponibilidade de materiais. Desse modo, a lacuna prática identificada pela revisão está na distância entre o potencial técnico dos MMC, amplamente reconhecido pela literatura, e a capacidade institucional e produtiva necessária para transformá-los em solução recorrente no setor da construção [2], [3], [16], [18], [20], [34].

CONCLUSÃO

Conclui-se que a literatura analisada sobre MMC e sustentabilidade tem se concentrado predominantemente em soluções de pré-fabricação *off-site*, com destaque para sistemas panelizados e para o uso de materiais como madeira, concreto e aço. Esse resultado confirma a centralidade da industrialização, da padronização e da produção em ambiente controlado no debate sobre MMC. Os estudos analisados indicam que esses métodos tendem a apresentar desempenho de sustentabilidade mais favorável que a construção convencional, sobretudo nas dimensões ambiental e produtiva, embora esse resultado permaneça condicionado ao tipo de sistema, aos materiais empregados, à logística, ao nível de pré-fabricação e ao escopo metodológico das avaliações.

A principal contribuição deste estudo consiste em sistematizar a produção científica recente sobre a articulação entre BIM, MMC e sustentabilidade, evidenciando que essa integração ainda ocorre de forma parcial. Embora o BIM seja reconhecido como suporte relevante à coordenação de projeto, à manufatura e à avaliação ambiental, sua aplicação permanece mais consolidada em análises baseadas em LCA do que em abordagens integradas de sustentabilidade. Assim, o estudo amplia revisões anteriores ao explicitar a distância entre o potencial técnico dos MMC, o suporte informacional oferecido pelo BIM e a incorporação efetiva das dimensões ambiental, econômica e social na tomada de decisão.

Como limitação, destaca-se que a revisão foi baseada em bases de dados e *strings* específicas, o que pode ter restringido a recuperação de estudos que abordam a temática por terminologias distintas. Além disso, a heterogeneidade conceitual dos MMC e dos critérios de sustentabilidade dificulta comparações diretas entre os estudos analisados. Como agenda futura, recomenda-se aprofundar pesquisas sobre a integração BIM-MMC nas dimensões econômica e social da sustentabilidade, ampliar estudos em contextos de países em desenvolvimento e avançar na padronização de dados e indicadores que permitam avaliações comparativas de ciclo de vida desde as fases iniciais de projeto.

REFERÊNCIAS

[1] SVAJLENKA, Jozef; KOZLOVSKÁ, Mária. Houses based on wood as an ecological and sustainable housing alternative: case study. Sustainability, v. 10, n. 5, artigo 1502, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/su10051502.

[2] SOLTANI, Sahar; GIUSTI GESTRI, Lisa; WEISS, Karl-Heinz; MAXWELL, Duncan W. Beyond product substitution: comparative lessons for systemic MMC adoption. Buildings, v. 15, n. 18, artigo 3374, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15183374.

[3] ROJAS-HERRERA, Carlos; MARTÍNEZ-SOTO, Aner; AVENDAÑO-VERA, Constanza; CANCINO CARRASCO, Rodrigo; REYES BARBATO, Natalia. Industrialized construction: a systematic review of its benefits and guidelines for the development of new constructive solutions applied in sustainable projects. Applied Sciences, v. 15, n. 5, artigo 2308, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/app15052308.

[4] SVAJLENKA, Jozef; KOZLOVSKÁ, Mária. Perception of user criteria in the context of sustainability of modern methods of construction based on wood. Sustainability, v. 10, n. 2, artigo 116, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/su10020116.

[5] HERNÁNDEZ, Héctor; OSSIO, Felipe; SILVA, Michael. Assessment of sustainability and efficiency metrics in modern methods of construction: a case study using a life cycle assessment approach. Sustainability, v. 15, n. 7, artigo 6267, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su15076267.

[6] SVAJLENKA, Jozef; KOZLOVSKÁ, Mária; SPISÁKOVÁ, Marcela. The benefits of modern method of construction based on wood in the context of sustainability. International Journal of Environmental Science and Technology, v. 14, n. 8, p. 1591-1602, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s13762-017-1282-6.

[7] XU, Jiayi; TENG, Yue; PAN, Wei; ZHANG, Yang. BIM-integrated LCA to automate embodied carbon assessment of prefabricated buildings. Journal of Cleaner Production, v. 374, artigo 133894, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133894.

[8] LI, Xiao-Juan; LAI, Ji-yu; MA, Cai-yun; WANG, Chen. Using BIM to research carbon footprint during the materialization phase of prefabricated concrete buildings: a China study. Journal of Cleaner Production, v. 279, artigo 123454, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123454.

[9] MA, Xuan et al. BIM-integrated LCA framework for prefabricated buildings with automated benchmarking and visual decision support. Building and Environment, v. 286, artigo 113689, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113689.

[10] ALWAN, Zaid; JONES, Paul; HOLGATE, Peter. Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using Building Information Modelling. Journal of Cleaner Production, v. 140, parte 1, p. 349-358, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.085.

[11] WIDANAGE, Chathuri; KIM, Ki Pyung. Exploratory investigation on global perspective and challenges of DfMA and BIM integration. In: INTERNATIONAL TECHNICAL CONFERENCE 2023, 2023, Seoul. Proceedings [...]. Seoul: [s. n.], 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/375999121_Exploratory_Investigation_on_Global_Perspective_and_Challenges_of_DfMA_and_BIM_Integration. Acesso em: 11 jun. 2026.

[12] ABRISHAMI, Sepehr; MARTÍN-DURÁN, Rocío. BIM and DfMA: a paradigm of new opportunities. Sustainability, v. 13, n. 17, artigo 9591, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13179591.

[13] ELLIS, Louise; RODRIGUEZ, Sergio; AL-MHDAWI, M. K. S.; DAWOOD, Nashwan. Beyond bricks and mortar: a review of sustainable methods and their benefits in off-site timber construction for social housing in the UK. In: THOMSON, C.; NEILSON, C. J. (ed.). Proceedings of the 40th Annual ARCOM Conference. London: Association of Researchers in Construction Management, 2024. p. 487-496. Disponível em: https://research.tees.ac.uk/en/publications/beyond-bricks-and-mortar-a-review-of-sustainable-methods-and-thei/. Acesso em: 11 jun. 2026.

[14] KECHIDI, Smail; BANKS, Nigel. Minimising upfront carbon emissions of steel-framed modular housing: a case study. Journal of Building Engineering, v. 72, artigo 106707, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106707.

[15] ALMUTAIRI, Kamel et al. A sustainability assessment of the modern method of construction in Saudi Arabia. Frontiers in Sustainable Cities, v. 6, artigo 1439024, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1439024.

[16] SAAD, Ali M.; DULAIMI, Mohammed; ZULU, Sambo Lyson. Broader use of the modern methods of construction (MMC) in the UK public sector: a Business Model Canvas (BMC) perspective. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, v. 9, n. 2, artigo 100035, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100035.

[17] OYEDELE, Olufemi Adedamola. Assessment of adoption of modern methods of construction (MMC) in Nigeria. In: FIG WORKING WEEK 2016: RECOVERY FROM DISASTER, 2016, Christchurch. Proceedings [...]. Christchurch: FIG, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/302872026_Assessment_of_Adoption_of_Modern_Methods_of_Construction_MMC_in_Nigeria. Acesso em: 11 jun. 2026.

[18] SAAD, Ali M.; DULAIMI, Mohammed; ZULU, Sambo Lyson. A systematic review of the business contingencies influencing broader adoption: modern methods of construction (MMC). Buildings, v. 13, n. 4, artigo 878, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings13040878.

[19] SERIKI, Oluwasegun; HAYDEN, Ruairi. Is MMC the silver bullet to solving Ireland's housing and infrastructural deficit? In: INTERNATIONAL SUSTAINABLE ECOLOGICAL ENGINEERING DESIGN FOR SOCIETY (SEEDS) CONFERENCE, 2025, United Kingdom. Proceedings [...]. Leeds: Leeds Beckett University, 2025. Disponível em: https://hdl.handle.net/10779/leedsbeckett.30401218.v1. Acesso em: 11 jun. 2026.

[20] SAAD, Ali M.; DULAIMI, Mohammed; ZULU, Sambo Lyson. Examining the influence of UK public clients' characteristics on their own innovation-decision towards the modern methods of construction (MMC). Sustainability, v. 15, n. 5, artigo 4159, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su15054159.

[21] JOSA, Irene; DE LA FUENTE, Albert. Traditional and modern methods of construction: comparative study of the sustainability of single-family homes. Structural Concrete, v. 26, n. 2, p. 2258-2276, 2025. DOI: https://doi.org/10.1002/suco.202400802.

[22] WASIM, Muhammad; HAN, Thomas Micheal; HUANG, Hoaran; MADIYEV, Miras; NGO, Tuan. An approach for sustainable, cost-effective and optimised material design for the prefabricated non-structural components of residential buildings. Journal of Building Engineering, v. 32, artigo 101474, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101474.

[23] MOKRENKO, Dana; KOZLOVSKÁ, Mária. Sustainability of material solutions of modern methods of construction. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 1209, n. 1, artigo 012014, 2021. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/1209/1/012014.

[24] GHOBADI, Mohsen; SEPASGOZAR, Samad M. E. Circular economy strategies in modern timber construction as a potential response to climate change. Journal of Building Engineering, v. 77, artigo 107229, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107229.

[25] VICTORIA, M. F.; DEVECI, G.; MUSAU, F.; CLUBB, M. Life cycle carbon and cost assessment comparing milled and whole timber truss systems and insulation options for affordable housing. Energy and Buildings, v. 285, artigo 112895, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112895.

[26] LI, Zhengyao; TSAVDARIDIS, Konstantinos Daniel; KATENBAYEVA, Assel. Reusable timber modular buildings, material circularity and automation: the role of inter-locking connections. Journal of Building Engineering, v. 98, artigo 110965, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110965.

[27] SÁNCHEZ-GARRIDO, Antonio J.; NAVARRO, Ignacio J.; YEPES, Víctor. Multi-criteria decision-making applied to the sustainability of building structures based on modern methods of construction. Journal of Cleaner Production, v. 330, artigo 129724, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129724.

[28] LUQUE CASTILLO, Ximena; YEPES, Victor. Life cycle assessment of social housing construction: a multicriteria approach. Building and Environment, v. 282, artigo 113294, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113294.

[29] SAH, Tilak Prasad et al. Prefabricated concrete sandwich and other lightweight wall panels for sustainable building construction: state-of-the-art review. Journal of Building Engineering, v. 89, artigo 109391, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109391.

[30] KREMER, Paul D. et al. Advancing global mass timber construction: a decade of progress, challenges and future directions: a systematic literature review. Building and Environment, v. 284, artigo 113458, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113458.

[31] MUÑOZ, Santiago et al. Material and waste reduction through industrialised building: a systematic and meta-analysis review. Energy and Buildings, v. 347, artigo 116330, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116330.

[32] SÁNCHEZ-GARRIDO, Antonio J.; NAVARRO, Ignacio J.; GARCÍA, José; YEPES, Víctor. An adaptive ANP & ELECTRE IS-based MCDM model using quantitative variables. Mathematics, v. 10, n. 12, artigo 2009, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/math10122009.

[33] ARCHILA, Hector F.; LASHLEY, Rebecca; LAMOND, Jessica; PRABHAKARAN, Abhinesh; MSIPO, Ashleigh; ZEA ESCAMILLA, Edwin. “Smartifying” construction for circular and zero-carbon biobased buildings (SmartBioC). In: AMZIANE, Sofiane; MERTA, Ildiko; PAGE, Jonathan (ed.). Bio-Based Building Materials: ICBBM 2023. Cham: Springer, 2023. p. 926-936. (RILEM Bookseries, v. 45). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-33465-8_71.

[34] JAYAWARDANA, Janappriya; JAYASINGHE, J. A. S. C.; SANDANAYAKE, Malindu; KULATUNGA, Asela K.; ZHANG, Guomin. Prefabricated construction in Sri Lanka: a proposed adoption strategy and a pilot case study from sustainability perspective. Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka, v. 56, n. 1, p. 71-80, 2023. DOI: https://doi.org/10.4038/engineer.v56i1.7562.

[35] RAJANAYAGAM, Heshachanaa; BEATINI, Valentina; POOLOGANATHAN, Keerthan; NAGARATNAM, Brabha. Comprehensive evaluation of flat pack modular building systems:

design, structural performance, and operational efficiency. Journal of Building Engineering, v. 95, artigo 110099, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110099.

[36] RAMOS, Valéria Mayumi Kushima; SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; MACENO, Marcell Mariano Corrêa. Análise bibliométrica de estudos comparativos entre a construção convencional e a pré-fabricada por meio da ACV. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 81-99, jan./abr. 2019. DOI: https://doi.org/10.5585/geas.v8i1.13765.

[37] SVAJLENKA, Jozef; KOZLOVSKÁ, Mária. Modern method of construction based on wood in the context of sustainability. Civil Engineering and Environmental Systems, v. 34, n. 2, p. 127-143, 2017. DOI: https://doi.org/10.1080/10286608.2017.1340458.

[38] MONAHAN, J.; POWELL, J. C. An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: a case study using a lifecycle assessment framework. Energy and Buildings, v. 43, n. 1, p. 179-188, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.09.005.

[39] IDDON, Christopher R.; FIRTH, Steven K. Embodied and operational energy for new-build housing: a case study of construction methods in the UK. Energy and Buildings, v. 67, p. 479-488, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.08.041.

[40] MOGHAYEDI, Alireza. Evaluating the impact of modern methods of construction on the life cycle cost of affordable housing. In: SUTRISNA, Monty; JELODAR, Mostafa Babaeian; DOMINGO, Niluka; LE, An; KAHANDAWA, Ravindu (ed.). Creating capacity and capability: embracing advanced technologies and innovations for sustainable future in building education and practice: AUBEA 2023. Singapore: Springer, 2025. p. 49-59. (Lecture Notes in Civil Engineering, v. 563). DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-96-2904-6_5.

[41] BURGESS, Gemma; JONES, Michael; MUIR, Kathryn. BIM in the UK house building industry: opportunities and barriers to adoption. Cambridge: Centre for Digital Built Britain, University of Cambridge, 2018. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19611.92962.