

BIM na Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil: Uma Revisão Sistemática

BIM Applications in Occupational Health and Safety in the Construction Industry

Priscila Silva¹

 orcid.org/0009-0001-9009-0489

Emmanoel Neri¹

 orcid.org/0000-0002-8370-1042

Adolpho Guido de Araújo¹

 orcid.org/0000-0002-9398-9422

Eliane Maria Gorga Lago¹

 orcid.org/0000-0003-0987-3492

Rafael Manta¹

 orcid.org/0000-0002-3043-7751

¹Escola Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil. E-mail: rafaelmlasht@poli.br; eliane.lago@upe.br

DOI: 10.25286/rep.v11i2.3892

Esta obra apresenta Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

Como citar este artigo pela NBR 6023/2018: Silva, Priscila; Neri, Emmanoel; Araújo, A.G.; Lago, E.M.G; Manta, Rafael. BIM na Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil: Uma Revisão Sistemática. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Recife, v. 11, n. 2, p. 77-86, agosto, 2026.

RESUMO

O Building Information Modeling (BIM) é um conjunto de processos, tecnologias e políticas voltado à gestão das informações de empreendimentos ao longo de seu ciclo de vida em ambiente digital. Sua adoção tem transformado a indústria da construção, especialmente na gestão e controle dos processos construtivos. Este estudo tem como objetivo analisar a aplicação do BIM na segurança e saúde do trabalho na construção civil, identificando usos, benefícios, desafios e contribuições para a prevenção de riscos ocupacionais. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, baseada em artigos das bases SciELO, CAPES, Scopus e ScienceDirect. Os resultados indicam que o BIM possui elevado potencial para a segurança do trabalho, permitindo simulação de cenários, planejamento de atividades e monitoramento de riscos, porém ainda é pouco utilizado nessa área em comparação a outras aplicações na construção civil. Entre os desafios estão custos de implementação, necessidade de capacitação profissional e adaptação organizacional. Conclui-se que o BIM é estratégico para a promoção de ambientes de trabalho mais seguros quando integrado às práticas de gestão da construção.

PALAVRAS-CHAVE: Building Information Modeling; Segurança do Trabalho; Construção Civil; Gestão de Riscos; Usos BIM.

ABSTACT

Building Information Modeling (BIM) is a set of processes, technologies, and policies aimed at managing project information throughout its lifecycle in a digital environment. Its adoption has significantly transformed the construction industry, particularly in construction process management and control. This study aims to analyze the application of BIM in occupational health and safety in construction, identifying its main uses, benefits, challenges, and contributions to risk prevention. It is a systematic literature review based on scientific articles from the SciELO, CAPES, Scopus, and ScienceDirect databases. The results indicate that BIM has strong potential to improve construction safety by enabling scenario simulation, activity planning, and risk monitoring; however, its application in this area is still limited compared to other uses in the construction industry. The main challenges include implementation costs, the need for professional training, and organizational process adaptation. It is concluded that BIM plays a strategic role in promoting safer work environments when properly integrated into construction management practices

KEYWORDS: Building Information Modeling; Occupational Health and Safety; Construction Industry; Risk Management; BIM Uses.

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM) possui diferentes definições na literatura, sendo frequentemente compreendida como um conjunto de tecnologias, processos e políticas voltados à gestão integrada das informações ao longo do ciclo de vida do empreendimento [1]. Nesse contexto, o BIM possibilita que diferentes agentes envolvidos no empreendimento possam projetar, construir e operar uma edificação de forma colaborativa em ambiente virtual.

A transformação digital da indústria da construção está relacionada ao avanço de tecnologias e processos associados à chamada Indústria 4.0. Segundo [2], essa nova revolução industrial promove a transição de processos convencionais para sistemas mais inteligentes e integrados, com foco no aumento da produtividade e eficiência. Nesse cenário, o BIM destaca-se como uma das principais tecnologias aplicadas à indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), ao promover integração e gestão digital das informações ao longo do ciclo de vida do empreendimento [3].

O BIM promove mudanças significativas nos processos da construção civil ao possibilitar a transição da representação bidimensional para modelos digitais tridimensionais mais ricos em informação. Além da representação geométrica, esses modelos incorporam dados necessários ao desenvolvimento, construção, operação e manutenção do empreendimento [3]. Dessa forma, o BIM fornece um ambiente integrado para gestão e compartilhamento de informações ao longo do ciclo de vida da edificação.

À medida que sua adoção se amplia na indústria da construção, observa-se que processos de contratação e seleção de equipes passaram a incorporar competências relacionadas ao BIM como critérios relevantes para qualificação profissional e desenvolvimento de projetos [4] [3].

O ambiente BIM também possibilita avanços na gestão da segurança do trabalho, contribuindo para melhorias no desempenho dos canteiros de obras por meio da simulação virtual de atividades, planejamento construtivo e identificação prévia de riscos. Entretanto, sua aplicação específica voltada à segurança e saúde do trabalho ainda ocorre de forma limitada quando comparada a outros usos do BIM na indústria da construção [5].

Historicamente, parte da literatura passou a descrever o BIM por meio de “dimensões”, associando a modelagem tridimensional (3D) a extensões como planejamento temporal (4D), orçamento (5D) e operação e manutenção (6D). Contudo, essa forma de classificação apresenta inconsistências conceituais, uma vez que não há consenso entre autores quanto às definições e escopos dessas dimensões, especialmente após o BIM 3D.

Diante desse cenário, esta pesquisa adota o conceito de Usos do Modelo BIM (BIM Uses) como abordagem de análise. Diferentemente da classificação por dimensões, os usos BIM apresentam estruturação mais consistente e orientada à prática profissional, sendo formalizados por autores como [6] [1], que organizam as aplicações do BIM com base em atividades, fluxos de trabalho, competências e requisitos específicos ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Com base nesse contexto, emerge a necessidade de compreender como o BIM pode ser aplicado de forma efetiva na gestão da segurança e saúde do trabalho, considerando não apenas os avanços tecnológicos associados à modelagem da informação, mas também os desafios relacionados à capacitação profissional, adaptação organizacional e integração multidisciplinar no setor da construção civil.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a aplicação do BIM na segurança e saúde do trabalho na construção civil, buscando identificar seus principais usos, benefícios, desafios e aplicabilidade, bem como sua contribuição para a prevenção de riscos ocupacionais.

2 MÉTODO

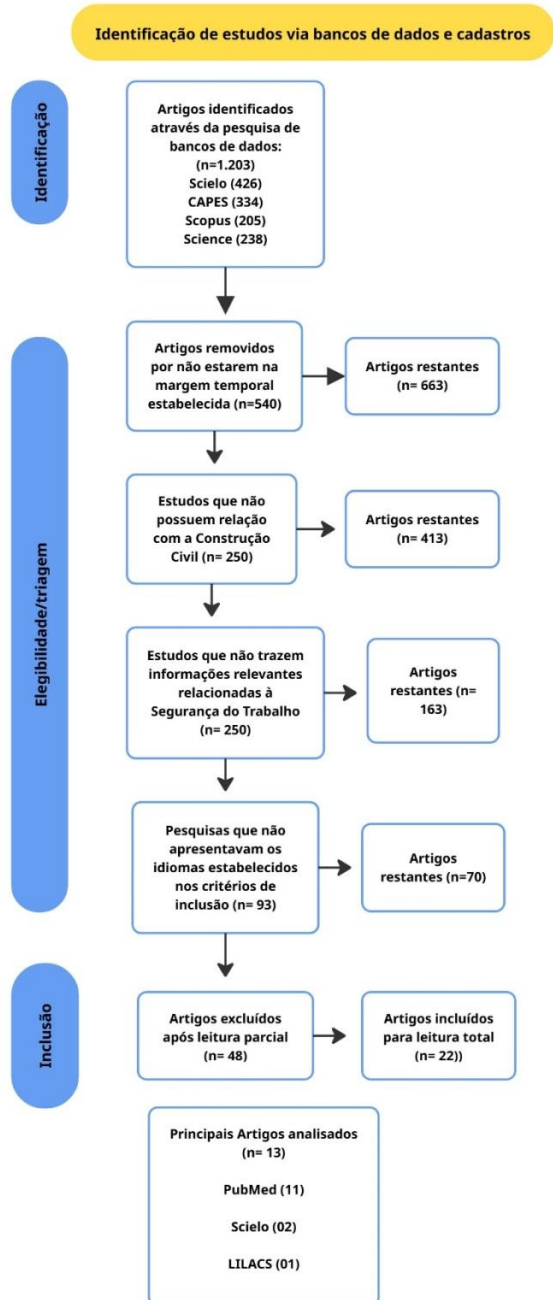
Este estudo caracteriza-se como uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conduzida a partir da busca e análise de artigos científicos relacionados à aplicação do BIM na segurança e saúde do trabalho na construção civil. As buscas foram realizadas nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos CAPES, Scopus e ScienceDirect.

A estratégia de busca foi definida por meio da combinação de palavras-chave (string de busca), utilizando operadores booleanos, conforme a seguinte estrutura: ("BIM" OR "Building Information Modeling") AND ("Safety" OR "Occupational Safety" OR "Construction Safety") AND ("Risk" OR "Hazard").

Como critérios de elegibilidade, foram considerados: (i) artigos publicados entre 2012 e 2022; (ii) estudos relacionados à indústria da

construção civil; (iii) pesquisas que abordassem a temática de segurança e saúde do trabalho associada ao BIM; e (iv) publicações nos idiomas português, inglês ou espanhol. O diagrama da Figura 1, apresenta a busca e seleção de artigos nas bases de dados eletrônicas, conforme diretrizes do protocolo PRISMA.

Figura 1: Fluxograma Prisma



Fonte: Autores

Foram excluídos estudos que não atenderam aos critérios estabelecidos, incluindo aqueles fora do recorte temporal definido, sem aderência ao setor da construção civil, que não abordavam diretamente

a relação entre BIM e segurança do trabalho, ou publicados em idiomas distintos dos selecionados

Ao todo, foram identificados 1.203 estudos nas bases consultadas. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade e triagem dos conteúdos, 22 artigos foram selecionados para compor a análise e subsidiar a discussão dos resultados.

Dentre os estudos identificados, 22 artigos foram selecionados para leitura integral, considerando sua relação com a aplicação do BIM na Segurança e Saúde do Trabalho na construção civil. A partir dessa análise, foram sintetizadas as principais contribuições, tecnologias e aplicações discutidas na literatura.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BIM – Building Information Modeling

O Building Information Modeling (BIM) pode ser compreendido como um conjunto integrado de políticas, processos e tecnologias voltados à geração, gestão e compartilhamento de informações digitais ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Essa abordagem permite que diferentes agentes atuem de forma colaborativa no desenvolvimento, construção, operação e manutenção da edificação em ambiente virtual [6] [3].

Nesse contexto, os modelos BIM possibilitam a identificação de interferências, a realização de análises de engenharia, a extração automatizada de quantitativos e o suporte ao planejamento e orçamento da construção, contribuindo para maior integração e eficiência na gestão das informações do empreendimento [7].

3.1.1 Benefícios do BIM

A implementação adequada do BIM integra as etapas de projeto e construção, melhorando a qualidade do empreendimento, reduzindo custos e tempo de execução, além de tornar mais eficiente a comunicação e a interação entre projetistas, construtores e demais profissionais envolvidos [4].

O BIM foi inicialmente compreendido como uma inovação tecnológica na construção civil, mas sua adoção consolidou-se como prática ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Sua implementação pode ser analisada por meio dos estágios BIM propostos por [6], o Estágio 1 corresponde à modelagem tridimensional baseada em objetos; o Estágio 2 caracteriza-se pela colaboração entre agentes por meio de modelos compartilhados; e o Estágio 3 refere-se à

integração de processos, informações e sistemas em ambiente digital.

A modelagem baseada em objetos representa a transição do CAD para a modelagem paramétrica, substituindo desenhos bidimensionais por objetos virtuais inteligentes, como paredes, portas e pilares, que incorporam informações do empreendimento [6].

Na literatura, a implementação do BIM também é analisada por meio dos níveis de maturidade, níveis BIM e dimensões BIM. Enquanto os estágios BIM descrevem a evolução tecnológica e colaborativa da implementação, os níveis de maturidade avaliam a qualidade, previsibilidade, controle e capacidade de desempenho desses processos [6].

Os níveis BIM, difundidos principalmente no contexto britânico, classificam o grau de digitalização e integração dos processos construtivos. Já as dimensões BIM (nD) representam diferentes tipos de informação incorporados ao modelo, como planejamento (4D), custos (5D) e operação e manutenção (6D).

Diante dessas limitações, pesquisas mais recentes têm priorizado o conceito de Usos do Modelo BIM (BIM Uses), formalizado por autores como [6] [1]. Essa abordagem descreve de forma mais objetiva as aplicações práticas do BIM ao longo do ciclo de vida do empreendimento, apresentando maior clareza conceitual e melhor aderência aos processos de projeto, construção e operação.

Segundo [8], o BIM possibilita a ampliação das informações associadas ao modelo ao longo do ciclo de vida do empreendimento, contribuindo para maior suporte à tomada de decisão nas diferentes fases do processo construtivo. Entretanto, interpretar as dimensões BIM como uma progressão linear de níveis (nD) pode induzir a equívocos conceituais, ao sugerir uma hierarquia evolutiva entre elas. Na prática, essas dimensões representam diferentes tipos de informação que podem ser incorporados ao modelo conforme os objetivos do empreendimento, não sendo necessariamente dependentes entre si.

Assim, uma das principais contribuições do BIM consiste na integração e gestão contínua das informações ao longo do ciclo de vida do empreendimento, favorecendo análises mais precisas e decisões mais assertivas.

A atualização das informações em ambiente digital proporciona uma visão integrada do empreendimento, aumentando a eficiência do planejamento, da coordenação e do controle das atividades, além de favorecer o desenvolvimento de

competências alinhadas às demandas da construção civil [4].

O BIM reduz incompatibilidades entre projetos, otimiza prazos, aumenta a confiabilidade das informações e a precisão do planejamento e controle, além de diminuir custos, riscos e desperdícios. Sua adoção reforça a necessidade de modernização da indústria nacional frente aos avanços já consolidados em outros países [8].

O BIM centraliza e compartilha informações em um modelo único, aumentando a consistência dos dados, reduzindo retrabalho e inconsistências entre disciplinas, além de melhorar a rastreabilidade e a confiabilidade das análises e decisões de projeto [4].

A modelagem BIM integrada possibilita cronogramas mais precisos e a identificação antecipada de interferências e conflitos entre disciplinas. A construção virtual do empreendimento antes da execução permite prever falhas e incompatibilidades, aumentando o controle da obra e a confiabilidade da análise e mitigação de riscos.

3.2 A EVOLUÇÃO DO BIM

O ciclo de vida do empreendimento compreende as etapas de concepção, projeto, execução, operação e manutenção. Após os estudos e projetos iniciais, a fase de execução envolve a mobilização de recursos, mão de obra, materiais e equipamentos.

O acompanhamento integrado dessas etapas é fundamental para garantir maior compatibilização entre projeto e execução, permitindo a identificação antecipada de inconsistências e a realização de ajustes ao longo do processo construtivo [9].

Nesse contexto, o BIM reduz a fragmentação da indústria da construção ao integrar e compartilhar informações entre os diferentes agentes. Como inovação organizacional, promove mudanças nos processos, nas práticas de gestão e nos fluxos de informação das empresas [4].

A implementação do BIM demanda mudanças operacionais, organizacionais e culturais, promovendo transformações na estrutura e nos processos de trabalho. Isso inclui a redefinição de fluxos de informação, a integração entre disciplinas, o uso de ambientes comuns de dados (CDE) e a capacitação das equipes, exigindo adaptação contínua das organizações [4].

Com a ampliação da adoção do BIM, cresce a demanda por profissionais qualificados em

modelagem e gestão da informação, tornando a capacitação e o desenvolvimento de competências parte das estratégias organizacionais de gestão do conhecimento e melhoria do desempenho dos processos construtivos. Nesse contexto, o BIM aplicado à segurança e saúde do trabalho pode aprimorar a identificação, análise e mitigação de riscos ocupacionais, promovendo ambientes mais seguros e organizados, inclusive em pequenas empresas.

3.2.1 Desafios e aplicabilidade

De acordo com [4], a implementação do BIM envolve uma série de desafios, dentre os quais se destacam a necessidade de qualificação profissional, os investimentos iniciais, a dificuldade de mensuração dos benefícios e a ausência de processos organizacionais estruturados. A adoção dessa abordagem exige que os profissionais se adaptem a novas ferramentas e fluxos de trabalho, o que pode gerar resistência à mudança.

Além disso, sua implementação demanda investimentos financeiros não apenas em infraestrutura tecnológica, como hardware e software, mas também em treinamentos, capacitação de equipes, reestruturação de processos e adaptação de procedimentos organizacionais [3].

Quanto à padronização, destaca-se que um dos desafios para a adoção do BIM está relacionado à ausência de diretrizes organizacionais claras e processos estruturados para sua implementação em diferentes contextos. Essa lacuna dificulta a disseminação do BIM e contribui para a existência de barreiras à sua adoção, especialmente em mercados onde sua aplicação ainda ocorre de forma incipiente [10] [4].

E depois, aspectos relacionados às pessoas e às organizações configuram-se como fatores críticos nesse processo, uma vez que a implementação do BIM exige mudanças nos fluxos de trabalho, na cultura organizacional e na forma de interação entre os agentes envolvidos. Nesse sentido, a resistência à mudança e a necessidade de adaptação a novos processos representam desafios significativos para sua consolidação [11].

3.3 O BIM E SUA CONTRIBUIÇÃO NA SEGURANÇA DO TRABALHO

Doenças ocupacionais e acidentes no ambiente de trabalho são, em grande parte, decorrentes de

fatores relacionados a máquinas, processos, condições ambientais e comportamentos dos trabalhadores. De acordo com dados do Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho [12], o Brasil apresentou elevados índices de acidentes laborais, totalizando 445.814 casos registrados no referido ano. Nesse cenário, a busca por abordagens e tecnologias que contribuam para a organização dos processos produtivos torna-se fundamental para a promoção de ambientes de trabalho mais seguros.

O BIM é amplamente aplicado para ganhos de eficiência e integração dos processos construtivos, embora ainda seja menos explorado na segurança e saúde do trabalho. Permite simulações virtuais, contribuindo para o planejamento da obra, identificação antecipada de riscos e definição de medidas preventivas ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Por outro lado, o BIM também auxilia na análise de riscos nas fases de projeto e execução, permitindo a identificação prévia de perigos e condições críticas. No contexto ocupacional, favorece soluções mais seguras, reduzindo a probabilidade de acidentes e melhorando o desempenho no canteiro de obras [13].

3.3.1 Identificação e gerenciamento de riscos

Um dos principais usos do BIM aplicados à segurança do trabalho refere-se à identificação de interferências, conflitos espaciais e condições de risco ainda na fase de projeto. Por meio da modelagem digital, é possível analisar pontos críticos como acessos, aberturas, claraboias, eixos de elevadores e zonas de carga, permitindo a antecipação de riscos associados a quedas e acidentes [13].

Além disso, o modelo BIM pode ser utilizado no planejamento de medidas de proteção coletiva relacionadas às escavações, possibilitando a análise de dimensões e profundidades, bem como a identificação de espaços confinados e o planejamento seguro de acesso a essas áreas desde as fases iniciais do empreendimento [4].

A utilização do BIM também contribui para a coordenação das atividades e para o planejamento das medidas de segurança, reduzindo ambiguidades e falhas de comunicação no canteiro de obras. Nesse contexto, a simulação de sequências construtivas permite identificar exposições a riscos e propor medidas preventivas de forma mais precisa [13].

Outro aspecto relevante refere-se à possibilidade de quantificação e planejamento de materiais destinados à proteção coletiva, bem como à adoção de estratégias como a pré-fabricação de componentes, a coordenação do canteiro e a detecção de interferências (clash detection), que contribuem para a melhoria das condições de segurança [4].

No âmbito da análise de riscos, o BIM permite verificações automatizadas baseadas em regras (code checking), identificando não conformidades e possibilitando soluções ainda na fase de projeto, configurando um de seus usos voltados à segurança do trabalho. Além disso, a coordenação do ambiente de trabalho viabiliza a simulação de cenários construtivos, auxiliando na prevenção de acidentes e na melhoria das condições operacionais. Tecnologias associadas, como rastreamento e monitoramento em tempo real, também contribuem para reduzir acidentes envolvendo equipamentos e veículos [4].

A comunicação visual constitui outro recurso relevante, podendo ser ampliada por meio do uso de tecnologias como realidade virtual e realidade aumentada, que favorecem treinamentos imersivos e a compreensão dos riscos no ambiente de trabalho. Essas ferramentas permitem a visualização interativa das condições do canteiro, contribuindo para a melhoria das inspeções e das práticas de segurança [8].

Por fim, o avanço do BIM possibilita a integração de sistemas de verificação automática de segurança com base em modelos estruturados, permitindo a geração de informações consistentes e o suporte à tomada de decisão ao longo do ciclo de vida do empreendimento [4].

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Segurança e Saúde do Trabalho na construção civil configura-se como um tema de grande relevância na literatura, especialmente diante das transformações associadas à Indústria 4.0, que incorpora tecnologias voltadas à digitalização, integração e monitoramento dos processos produtivos.

Nesse contexto, estudos sobre o uso do BIM no planejamento da obra indicam que a simulação das etapas construtivas contribui para a tomada de decisão, permitindo maior controle dos processos e melhor organização das atividades ao longo da execução.

A integração entre o modelo digital e o cronograma da obra, por meio da simulação temporal do planejamento construtivo, também tem demonstrado potencial para apoiar ajustes em modelos, cronogramas e decisões de planejamento. Esses resultados apontam que a aplicação do BIM ao planejamento da obra é viável no contexto de empresas construtoras, embora demande atenção ao tempo necessário para elaboração e atualização dos modelos.

[11] desenvolveu um método para implementação do BIM aplicado à simulação do processo construtivo, utilizando o software Autodesk Navisworks Manage. Os resultados demonstraram melhorias no planejamento das atividades, maior controle das etapas construtivas e apoio mais consistente à tomada de decisão por meio da simulação prévia dos processos.

Entretanto, a adoção do BIM ainda enfrenta desafios como a escassez de mão de obra qualificada, os custos da tecnologia e a resistência à mudança por parte dos profissionais da construção civil [11].

Nesse cenário, a utilização do BIM aplicado ao planejamento construtivo demonstrou potencial para ampliar a comunicação, a compreensão e o alinhamento entre os membros das equipes de projeto, favorecendo maior integração das informações e melhor entendimento das etapas da construção [11].

[14] investigaram a integração entre tecnologias RFID (Radio-Frequency Identification) e BIM para a coleta de dados em tempo real no ambiente de obra. Os autores demonstraram que essa integração possibilita o rastreamento da localização de trabalhadores, equipamentos e materiais, contribuindo para o monitoramento das atividades construtivas e para o apoio à gestão da segurança nos canteiros de obras.

Além do rastreamento em tempo real, a integração entre RFID e BIM possibilita a geração de indicadores proativos de desempenho, favorecendo o controle das condições operacionais, o monitoramento da conformidade com normas de segurança e a identificação de violações em áreas restritas. A visualização dessas informações em plataformas digitais também contribui para maior eficiência na gestão operacional e na tomada de decisões em tempo real [14].

[8] analisou a implantação do BIM em uma pequena empresa de construção, evidenciando melhorias no estudo de viabilidade econômico-financeira, com maior precisão na obtenção de

quantitativos e orçamentos. A integração entre ferramentas de projeto, planejamento e controle de custos possibilitou maior confiabilidade das informações e suporte à tomada de decisão, além de favorecer o desenvolvimento de processos colaborativos e a simulação de alternativas construtivas.

No contexto do planejamento operacional, [15] investigaram o uso do BIM para o planejamento do canteiro de obras em nível de atividade, com foco na melhoria da segurança. Os autores demonstraram que a modelagem permite a análise dos espaços de trabalho e a identificação de conflitos espaciais entre equipes e equipamentos, por meio da extração de parâmetros geométricos e da aplicação de verificações automatizadas baseadas em regras (code checking). Essa abordagem contribui para a substituição de processos manuais e para a antecipação de riscos em ambientes complexos.

Complementarmente, [16] [17] propuseram abordagens voltadas à segurança proativa, baseadas no monitoramento do comportamento dos trabalhadores por meio de sensores. No estudo de [16], destaca-se a utilização de uma arquitetura multicamada, estruturada em níveis de coleta, processamento e aplicação de dados, permitindo a integração entre dispositivos de campo e o modelo BIM. Os resultados indicaram que essa abordagem possibilita a identificação automática de riscos, o monitoramento em tempo real e a emissão de alertas precoces, contribuindo para maior eficiência no gerenciamento da segurança e para a adoção de medidas preventivas em tempo hábil nos canteiros de obras.

Diante do déficit no desempenho de segurança e produtividade na indústria da construção, [18] propuseram uma estrutura para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento integrado ao BIM. Os autores aplicaram ferramentas como o Last Planner System (LPS), o Autodesk Revit e o Sistema Inteligente de Produtividade e Segurança (IPASS), demonstrando que o BIM pode ser utilizado para monitorar continuamente a produtividade e as condições de segurança ao longo da execução da obra.

A literatura aponta que a ausência de planejamento antecipado e adequado das instalações temporárias constitui um fator relevante para a ocorrência de riscos no canteiro de obras [19]. Nesse contexto, [19] avaliaram a produtividade e as condições de segurança dos trabalhadores por meio da utilização de sensores de

localização e tecnologias de captura de movimento. Os resultados demonstraram que o sistema foi capaz de identificar automaticamente áreas que demandavam estruturas provisórias, como andaimes, gerando modelos BIM compatíveis com planejamento executivo, controle de materiais, simulação construtiva e apoio à instalação em campo.

[15] destacam que a simulação temporal das atividades construtivas e a análise dinâmica dos espaços de trabalho podem reduzir congestionamentos no canteiro, contribuindo para maior fluidez operacional, produtividade e segurança das equipes.

Entre as ferramentas associadas à integração entre segurança do trabalho e produtividade destaca-se o Last Planner System (LPS), oriundo da filosofia Lean Construction, cujo foco está na redução de retrabalhos e no aprimoramento do planejamento das atividades. Associado ao BIM, o planejamento visual e a simulação construtiva contribuem para maior precisão logística, favorecendo ganhos de produtividade e segurança no ambiente de obra [15].

O BIM não possui uma definição única e consensual na literatura. Da mesma forma, as tecnologias associadas ao BIM não se restringem a softwares específicos, abrangendo diferentes ferramentas e processos voltados à gestão, integração e automação das informações, como o Last Planner System, os sistemas de localização em tempo real (Real-Time Location Systems – RTLS) e plataformas voltadas à automação de verificações e análise de segurança [20].

Nesse contexto, observa-se o avanço do uso de dispositivos de sensoriamento integrados ao BIM, permitindo a vinculação dos deslocamentos dos trabalhadores no canteiro aos modelos digitais do empreendimento. Essa integração possibilita o monitoramento em tempo real das zonas de risco e aproxima-se do conceito de gêmeos digitais (Digital Twins), nos quais o ambiente físico é continuamente refletido, monitorado e analisado em ambiente virtual [20].

A análise dos estudos evidencia a expansão dos usos do BIM na construção civil, especialmente no que se refere à segurança e saúde do trabalho. As pesquisas abordam aplicações relacionadas ao planejamento e simulação de atividades construtivas, integração com tecnologias de rastreamento, monitoramento em tempo real e automação de verificações, demonstrando que o BIM pode contribuir não apenas para a eficiência

dos processos, mas também para a antecipação, gestão e mitigação de riscos ocupacionais [14].

Nesse contexto, o BIM deve ser entendido como uma abordagem integrada baseada em múltiplos usos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Integrado a outras tecnologias, amplia suas aplicações do planejamento e controle ao monitoramento da segurança, promovendo uma gestão de riscos mais preventiva e integrada.

Além disso, a aplicação do BIM extrapola a fase de projeto, abrangendo diferentes etapas do ciclo de vida do empreendimento, conforme evidenciado por [8]. A modelagem BIM permite simular alternativas construtivas, analisar custos e aprimorar o planejamento das atividades, aumentando a eficiência dos processos e a coordenação entre os agentes envolvidos. Assim, o BIM integra segurança, produtividade e gestão da informação, promovendo práticas mais eficientes e seguras na construção civil.

O Quadro 1 apresenta os principais estudos selecionados na revisão sistemática, destacando as tecnologias, sistemas utilizados e as contribuições relacionadas à aplicação do BIM na Segurança e Saúde do Trabalho na construção civil.

Quadro 1: Principais estudos sobre aplicações do BIM na Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil.

AUTORES	TECNOLOGIAS / SISTEMAS UTILIZADOS	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES
Biotto (2012)	BIM aplicado ao planejamento construtivo; Autodesk Navisworks Manage	A simulação temporal das atividades construtivas contribuiu para ajustes no planejamento, melhoria da tomada de decisão e maior controle dos sistemas produtivos.
Borges (2019)	Autodesk Navisworks Manage	O uso do BIM no planejamento construtivo favoreceu a comunicação entre equipes, ampliando a compreensão e o alinhamento das etapas da obra.
Costin et al. (2015)	Integração RFID-BIM; API (Application Programming Interface)	A integração entre RFID e BIM possibilitou rastreamento em tempo real de trabalhadores e recursos, além do monitoramento de conformidade com normas de segurança.
Kim e Teizer (2014)	Sensores de localização; captura de movimento; BIM aplicado ao planejamento de instalações temporárias	O sistema identificou automaticamente áreas que demandavam andaimes e gerou modelos BIM para apoio ao planejamento executivo e à segurança operacional.

Continuação Quadro 1

Kowaleski (2017)	Autodesk Revit; AutoCAD; Microsoft Excel; Microsoft Project	A adoção do BIM favoreceu processos colaborativos, maior precisão em quantitativos e orçamentos, além de melhorias no planejamento e controle das atividades.
Li et al. (2018)	Arquitetura multicamada integrada ao BIM	A integração entre sensores e BIM possibilitou monitoramento em tempo real, identificação automática de riscos e emissão de alertas preventivos.
Lin et al. (2017)	IPASS; LPS; Autodesk Revit	A simulação temporal das atividades construtivas contribuiu para ajustes no planejamento, melhoria da tomada de decisão e maior controle dos sistemas produtivos.
Lee et al. (2019)	Sensores e monitoramento comportamental	A abordagem permitiu monitoramento dinâmico de comportamentos inseguros e emissão de alertas precoces em canteiros de obras
Messner et al. (2019)	Estrutura de Usos BIM	Formalizou os usos do BIM ao longo das fases de planejamento, projeto, construção e operação, descrevendo requisitos, competências e processos associados às aplicações do modelo.
Silva et al. (2019)	SmartPLS 3.0; Microsoft Excel	O estudo demonstrou influência positiva do BIM na gestão da Segurança e Saúde do Trabalho (SST), especialmente na percepção de benefícios associados à sua implantação.
Succar (2019; 2020)	Taxonomia de Usos do Modelo BIM (BIM Uses)	Estruturou os Usos do Modelo BIM por categorias, fluxos de trabalho e requisitos específicos, contribuindo para uma abordagem mais consistente e aplicável da utilização do BIM ao longo do ciclo de vida do empreendimento.
Zhang et al. (2015)	Sensoriamento remoto; GPS; Code Checking	A modelagem e análise dos espaços de trabalho permitiram a identificação automática de conflitos espaciais e antecipação de riscos no canteiro de obras.

Fonte: Os Autores.

Observa-se, a partir dos estudos analisados, uma predominância de aplicações relacionadas ao

planejamento construtivo, monitoramento de riscos e integração entre BIM e tecnologias de sensoriamento em tempo real.

5 CONCLUSÕES

A implementação do BIM na segurança e saúde do trabalho representa um avanço relevante na construção civil, ao ampliar seu uso ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Seus principais usos, como planejamento, simulação de cenários e code checking, favorecem a visualização antecipada do projeto, a identificação de riscos e a definição de estratégias preventivas mais eficazes.

A integração do BIM com tecnologias como sensoriamento, rastreamento em tempo real e plataformas de monitoramento amplia suas aplicações na segurança do trabalho. Isso permite associar dados do ambiente físico ao modelo digital, possibilitando o acompanhamento dinâmico do canteiro de obras e aproximando-se do conceito de gêmeos digitais (Digital Twins), reforçando seu potencial na gestão preventiva.

A integração entre agentes e disciplinas, mediada pelo ambiente BIM, também favorece a comunicação, a compatibilização de informações e a redução de inconsistências durante a execução da obra, contribuindo para ambientes de trabalho mais seguros, coordenados e integrados.

Entretanto, a adoção do BIM ainda enfrenta desafios relevantes, especialmente no que se refere à necessidade de capacitação profissional, investimentos em infraestrutura tecnológica e adaptação dos processos organizacionais. Destaca-se, ainda, a importância do estabelecimento de diretrizes e fluxos de trabalho bem definidos para viabilizar sua implementação de forma estruturada e eficiente.

Observa-se, ainda, que a consolidação do BIM na segurança e saúde do trabalho depende não apenas da disponibilidade de tecnologias, mas também da transformação dos processos organizacionais e da capacitação contínua dos profissionais envolvidos. A implementação efetiva dessa abordagem exige integração entre equipes multidisciplinares, definição clara de fluxos de informação e desenvolvimento de competências voltadas à gestão digital da construção. Nesse sentido, a resistência à mudança e a limitação de profissionais qualificados ainda configuram barreiras relevantes para sua disseminação em larga escala.

Por outro lado, os estudos analisados demonstram que o avanço da integração entre BIM, sistemas de monitoramento em tempo real,

sensoriamento e automação tende a ampliar significativamente as possibilidades de aplicação da tecnologia na gestão da segurança do trabalho. O uso de modelos digitais integrados a dados dinâmicos do canteiro aproxima-se de conceitos associados aos gêmeos digitais (Digital Twins), indicando uma tendência de evolução para ambientes cada vez mais conectados, inteligentes e orientados à prevenção de riscos.

Dessa forma, o BIM consolida-se como uma abordagem promissora para a gestão da segurança do trabalho, ao permitir uma atuação mais preventiva, integrada e orientada por dados. Seu potencial, contudo, está diretamente relacionado à capacidade das organizações de compreender e aplicar estrategicamente seus diferentes usos ao longo do empreendimento, superando a visão restrita do BIM apenas como modelagem tridimensional e explorando plenamente suas possibilidades como suporte à tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- [1] SUCCAR, B. **Model Uses Table (V 1.26)**. Disponível em: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/211in-Model-Uses-Table.pdf>. 2019. Acesso em: 05 ago. 2022.
- [2] SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**. V.15, N.2, 2018.
- [3] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- [4] VASCONCELOS, B. M. V. **Segurança no Trabalho na Construção: Modelo de gestão de prevenção de acidentes para a fase de concepção**. 2013. 181 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.
- [5] MANTA, R.C.; DA CRUZ F.M.; ZLATAR, T.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B. The BIM Platform And Falls From Height: The Risk Management Phases To Consider. In: ZLATAR, T.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B. (Org.). **Building Information Modeling as a Safety Management Tool for Preventing Falls from Height**. 1ed., 2018, v. I, p. 48-57.

- [6] SUCCAR, B. **Building Information Modelling framework**: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*. 2009. Disponível em: <http://bit.ly/BIMPaperA2>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- [7] CIC, **Construction Industry Council. Building Information Modelling (BIM) protocol**. 2 ed, 2018.
- [8] KOWALESKI, Jonathan Luis Klering. **Implantação de BIM em pequenas empresas de construção civil: melhoria de processos de gestão**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.
- [9] CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. **Entendendo BIM**. 1ª. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015.
- [10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 19650-1:2018 – *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. Geneva, 2018.
- [11] BORGES, Maria Luiza Abath Escorel. **Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.
- [12] AEAT, **Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho**. Instituto Nacional de Seguro Social. Ministério da Fazenda, 2020.
- [13] SILVA, R. R. **BIM e a SST em canteiro de obras**. In: *Segurança e Saúde na Indústria da Construção – Prevenção e Inovação*. Brasília: CBIC, 2019.
- [14] COSTIN, A., M.; TEIZER, J.; SCHONER, B. RFID and bim-enabled worker location tracking to support real-time building protocol control and data visualization. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 20, p. 495-517, 2015.
- [15] ZHANG, S. et al. Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning. **Automation in Construction**, v. 60, p. 74–86, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.09.009>.
- [16] LI, Binyong et al. Research on Engineering Construction Safety Integration based on BIM and RFID. In: *MATEC Web of Conferences 2018. Anais[...]*. EDP Sciences, 2018. p. 03035. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201824603035>.
- [17] LEE, Pin-Chan et al. Dynamic Analysis of Construction Safety Risk and Visual Tracking of Key Factors based on Behavior-based Safety and Building Information Modeling. **KSCE Journal of Civil Engineering**, p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12205-019-0283-z>.
- [18] LIN, Evelyn et al. Framework for productivity and safety enhancement system using BIM in Singapore. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 24, n. 6, p. 1350-1371, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-05-2016-0122>
- [19] KIM, K.; TEIZER, J. Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. **Advanced Engineering Informatics**, v. 28, n. 1, p. 66–80, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2013.12.002>.
- [20] MIETTINEN, R.; PAAVOLA, S. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 43, p. 84–91, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>.