



SEGURANÇA



DIA MUNDIAL DA SAÚDE MENTAL

Os impactos da revolução digital na saúde mental das crianças: um alerta aos pais

FORMAR ↔ OPINIÃO

O homem do leme (?)

ESTUDO

Medicina do trabalho ou medicina de saúde ocupacional?

GESTÃO DE SEGURANÇA

inovação na gestão da segurança na construção

INOVAÇÃO NA GESTÃO DA SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO

REVISÃO DA LITERATURA

PAULO PEREIRA-SOUSA

Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal

RESUMO

Esta revisão da literatura incidiu sobre as novas tecnologias digitais (BIM e suas aplicações) na área da segurança e saúde na construção. Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre várias bases de dados, tendo sido selecionados 22 artigos de entre um total inicial de 1790244 artigos. A abordagem destes 22 artigos revela as inovadoras aplicações do BIM no sector da construção, nomeadamente, o alargamento dimensional da plataforma BIM para poder monitorizar em tempo-real e de forma contínua, parâmetros tão variados quanto custos, materiais, prazos, segurança, saúde e ambiente. Conclui-se que a fusão das novas tecnologias digitais com a plataforma BIM sinaliza uma mudança de paradigma para o sector da construção.

INTRODUÇÃO

A segurança na área da construção é, ainda, um problema mundial que leva a fatalidades potencialmente desnecessárias (Ahn *et al.* 2020; Boon *et al.* 2020, Zhang *et al.* 2020; Malik *et al.* 2020, por exemplo). A gestão da segurança neste setor constitui, por isso, um desafio para os sistemas de segurança e saúde ocupacional devido à existência de contextos e realidades muito distintos entre os diversos sectores da construção, e as diversas áreas geográficas (Yap & Lee, 2020).

A cultura de segurança (Aven & Ylönen, 2021) é entendida como um conjunto de crenças e valores que influenciam os comportamentos e perceções relacionados com a segurança. O pensamento baseado no risco, “*risk-based thinking*” (Muschara, 2017), é um conceito ainda pouco desenvolvido em Portugal, ao contrário de outros países que já implementaram esta noção em vários sectores (Lee *et al.* 2020). Este conceito tem-se revelado importante como um instrumento robusto e eficiente na gestão da segurança (Rudakov *et al.*, 2021).

Simultaneamente, sempre numa tentativa de melhorar os índices de segurança no setor da construção, foi desenvolvido um processo inovador através de uma ferramenta digital: o Modelo da Informação da Construção, mais conhecido pela nomenclatura inglesa, *Building Information Modeling*, ou BIM (Ganbat *et al.*, 2019). O BIM é um modelo virtual da construção, em 3D, representando digitalmente todos os aspetos físicos e funcionais do edifício e/ou obra (BSI—British Standards Institution 2018).

PALAVRAS-CHAVE:

Building Information Modeling; BIM safety; cultura de segurança; ciência do risco; ciência da segurança; consciencialização da segurança; inovação da segurança; construção, atos inseguros.

Nos EUA, desde 2003 que todos os projetos de infraestrutura financiados pelo Governo Federal são obrigatoriamente implementados com o BIM (McCoy & Yeganeh, 2021). Neste modelo, é possível inserir digitalmente todos e quaisquer elementos para uma melhor gestão não só da segurança, mas também de materiais, custos, e prazos, integrando-os com a informação espacial do modelo.

A interligação de informação permite automatizar a produção de dados, formando modelos BIM discretos com várias dimensões, tais como, o calendário (BIM-4D) incluindo o planeamento de recursos finais de trabalho; o orçamento (BIM-5D), baseado no sistema de preços integrados; dados para análises de risco para a segurança e saúde (BIM-6D); planos de qualidade e listas de verificação de garantias de qualidade (BIM-7D); e planos de monitorização e ambiente (BIM-8D) (Vycital & Jarský, 2020; Sidani *et al.*, 2021).

Esta revisão da literatura pretende dar a conhecer alguns aspetos mais pioneiros da aplicação do BIM no contexto da cultura de segurança e *risk-based thinking*, incluindo novas tecnologias que estão a ser implementadas sobre o BIM, demonstrando um movimento de grande inovação na área da segurança na construção.

METODOLOGIA

Critérios de elegibilidade

A metodologia adotada para a esta revisão da literatura baseou-se nos conceitos da metodologia PRISMA. A seleção foi efetuada através de artigos de revistas científicas, a pesquisa teve como referência os últimos 5 anos em 4 bases de dados, não sendo citado nenhum artigo anterior a 2018. Os critérios de elegibilidade para além dos mencionados anteriormente, o seu idioma de publicação é na língua inglesa, de acordo com as palavras-chave.

Fontes de informação

A informação recolhida foi efetuada através das seguintes bases de dados: Web of Science; Springer link; Scopus; Scholar.

Estratégia de pesquisa

A estratégia de pesquisa foi edificada no pensamento baseado em risco, efetuada através de um conjunto de palavras-chave: ("Building Information Modeling" or "BIMsafety") and ("safety culture" or "risk science" or "safety science" or "awareness safety" and ("Safety innovation" or "construction" or "unsafe acts").

Processo de seleção

O processo de seleção foi efetuado de uma forma empírica de acordo com a leitura dos artigos e palavras-chave.

Processo de recolha de dados

O processo de recolha de dados foi analisado e tratado de acordo com a investigação a desenvolver, sendo adicionado três artigos e uma norma e uma tese.

Dados (resultados)

Na investigação foram identificados 1790244 artigos, após a remoção dos duplicados e triagem ficaram 26 artigos, sendo adicionados 5. Posteriormente à aplicação dos critérios de elegibilidade foram excluídos 9, sendo que a base trabalho incide em 22 artigos para a investigação. Ver Figura 1.

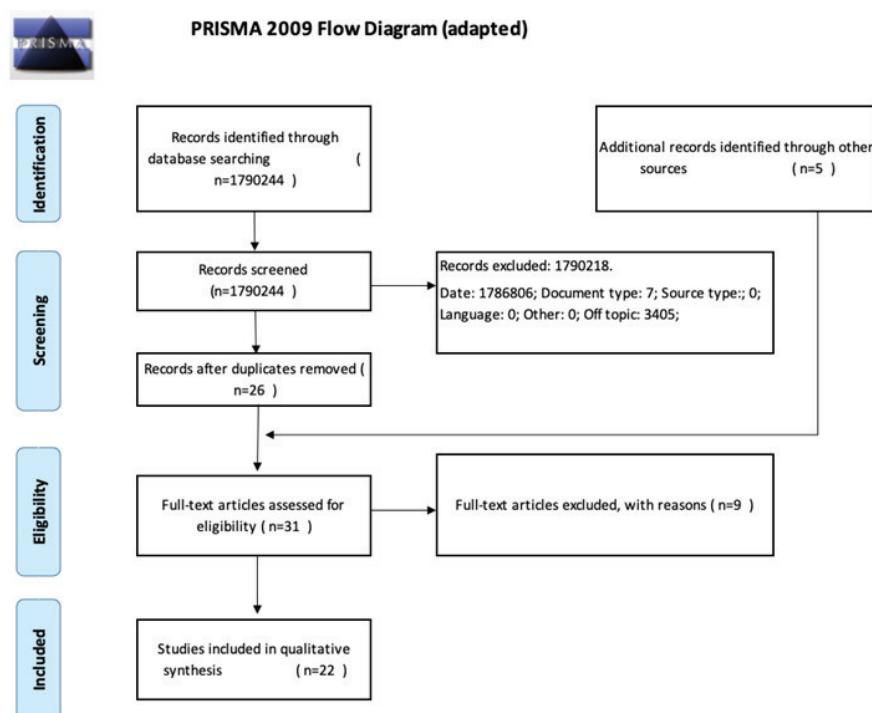


Figura 1. Fluxograma adaptado da metodologia PRISMA mostrando os resultados dos critérios de seleção de artigos aplicado neste trabalho.

RESULTADOS

Para melhorar a segurança dos trabalhadores na construção, são geralmente oferecidos cursos de formação que, maioritariamente, são efetuados com o modelo convencional de palestras. No estudo efetuado por Ahn *et al.* (2020), comparam-se os resultados obtidos com a formação de segurança utilizando o BIM, com a formação convencional de palestras. Demonstrou-se que a segurança no local de trabalho melhorou com a utilização pedagógica do BIM, havendo uma compreensão mais profunda da matéria nos indivíduos que obtiveram a sua instrução através do modelo digital, em comparação com aqueles que a obtiveram através de palestras convencionais.

Olugboyega & Windapo (2019) estudaram as tecnologias BIM aplicáveis às três dimensões da cultura de segurança — sistema de gestão de segurança, comportamento de segurança e ambiente de segurança — cada uma composta por diferentes componentes. Por exemplo, na categoria de comportamento de segurança, foram identificados 5 componentes: formação e treino em segurança, procedimento de trabalho seguro, compromisso por parte dos gestores, gestão de investigação de acidentes e incidentes, e desempenho de segurança. Paralelamente, foram identificadas 5 tecnologias do BIM: visualização, simulação, animação, fabrico digital, realidade virtual. O modelo desenvolvido por estes autores associa uma ou mais tecnologias BIM a cada componente das dimensões da cultura de segurança, fomentando um amadurecimento da cultura de segurança entre os trabalhadores e os gestores de segurança.

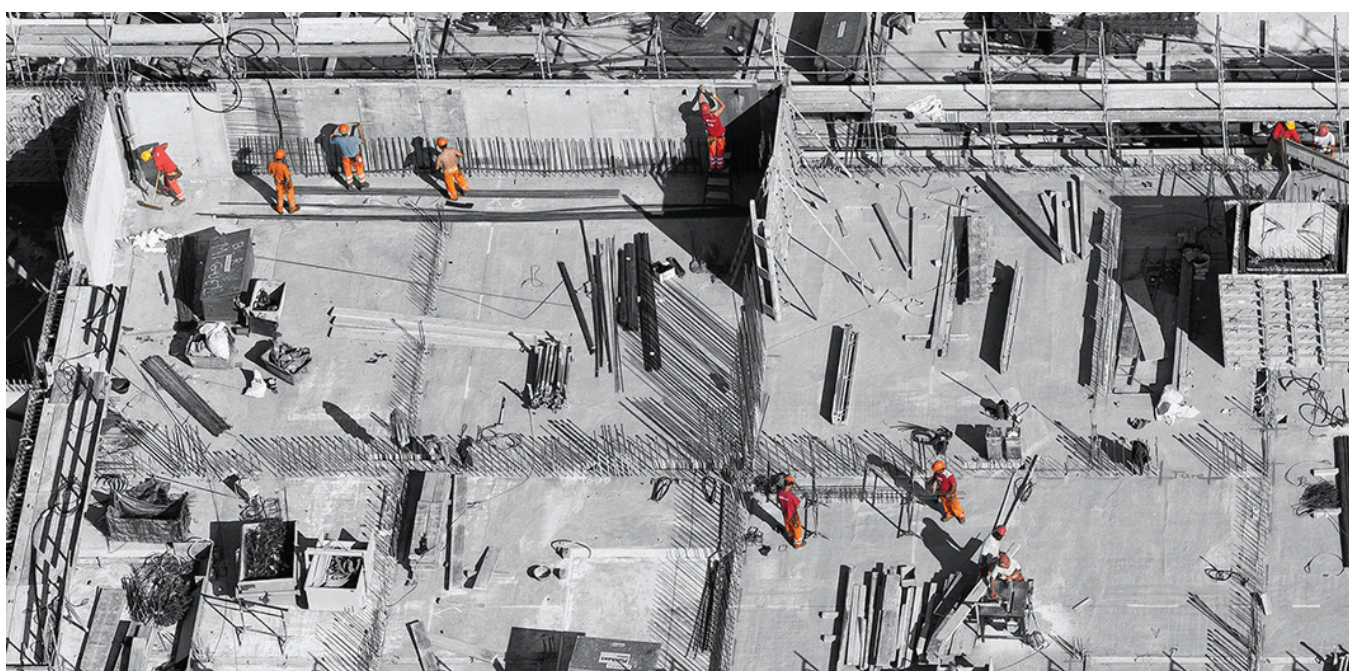
Em 2018, o *British Standards Institution* (BSI) emitiu uma norma (PAS 1192-6:2018) onde se especificam as metodologias a adotar para integrar a informação de segurança e saúde ocupacional com os modelos digitais comuns ao BIM. Desta forma, os riscos são mais precocemente identificados e mais bem controlados. É também objetivo desta norma apoiar a troca colaborativa da informação

estruturada sobre segurança e saúde ocupacional durante todo o ciclo de vida do projeto (BSI, 2018). Numa tese de Mestrado defendida no Politécnico de Milão, Itália, R. Assumi propõe uma metodologia de enquadramento para integrar os dados de segurança e saúde ocupacional com o BIM (Assumi, 2020).

Akram *et al.* (2019) fizeram uma revisão da literatura para investigar como as tecnologias BIM estão a ser utilizadas na gestão da segurança no sector da construção. Com base em 97 artigos, concluíram que são poucos os estudos que incidem sobre as tecnologias BIM e gestão da segurança. No que respeita à formação, demonstraram que não existe nenhuma literatura significativa exemplificando como transmitir conhecimentos de segurança através de tecnologias digitais. As tecnologias digitais de visualização da obra foram apontadas como as mais úteis para a identificação precoce de perigos, contribuindo assim para um aumento dos níveis de segurança. Foi também salientada a necessidade de investir em segurança, tendo em conta que a utilização das tecnologias BIM reduzirão os custos tradicionais da formação dos trabalhadores.

Dando mais um salto tecnológico, Asadzadeh *et al.* (2020) investigaram o potencial de acoplar sistemas de sensores com as tecnologias BIM, por forma a melhorar todas as vertentes associadas à gestão de segurança: identificação do perigo, avaliação do risco, controlo do risco e avaliação das medidas de controlo. A utilização de redes de sensores sem fios possibilita uma avaliação contínua do risco, resultando na aquisição de dados mais realistas do desempenho de segurança. A integração destes sistemas com a já existente plataforma BIM permitiria a visualização da informação através de monitorização da segurança em tempo-real, facilitando a análise e o acesso, bem como melhorando a comunicação e a formação. Os autores concluem que existe uma vasta gama de tecnologias com base em sensores que está a ser aplicada à gestão da segurança no sector da construção, para efetuar o seguimento local, a análise da postura e marcha, a deteção de objetos, o reconhecimento de atividade, a avaliação ergonómica, entre outros parâmetros.

Apesar das vantagens em utilizar o BIM na gestão de segurança existem alguns impedimentos por parte da indústria, tal como os estudados por Swallow & Zulu (2019), especificamente para o BIM 4-D. Com base num questionário recolhido



entre 141 profissionais da construção (gestores e trabalhadores), verificou-se que cerca de 70% dos inquiridos tinham conhecimento do BIM 4-D, mas este só estava a ser adotado em apenas 31% dos locais de trabalho. Algumas das resistências à adoção desta tecnologia prendiam-se com o custo do software, a cultura da indústria resistente a mudanças e o tempo de implementação, entre outros. No âmbito da saúde e segurança, a utilização do BIM 4-D os inquiridos reconheceram que beneficiava o trabalho em altura, a segregação de pedestres e o manuseamento manual, entre outros parâmetros. Os autores concluem que a taxa de adoção do BIM 4-D é muito baixa e, apesar da norma PAS 1192-6 (Reino Unido) fomentar uma maior utilização do BIM por motivos de segurança, a indústria da construção não está ainda posicionada para transformar o BIM em prática corrente.

O BIM-8D focaliza-se na segurança da construção, na melhoria dos estaleiros de obra e na consciencialização dos trabalhadores. São várias as tecnologias de apoio e utensílios tecnológicos que podem ser integrados no BIM-8D, tais como, televisão, computadores, *smartphones*, sensores wireless, entre outros. Estas ferramentas, promotoras de um aumento no nível de segurança, poderão ser usadas dentro e fora da obra a fim de minimizar os perigos e riscos, edificando assim o pensamento baseado no risco (Sidani *et al.*, 2020). A implementação do BIM-8D melhora a perceção da segurança e a análise de riscos e saúde, garantindo qualidade através de um método tecnológico de construção (Vycital & Jarský, 2020).

As tecnologias BIM estão a ser implementadas em outras áreas da construção que não necessariamente a segurança e saúde. Nomeadamente, na melhoria da manutenção de edifícios acoplando o BIM com sistemas de RFID (Kameli *et al.*, 2021), ou utilizando o BIM para gerir mais eficientemente os dispensários de água num campus universitário (Yang *et al.* 2021), ou acoplando a plataforma BIM a sistemas de informação geográfica (GIS) para auxiliar na automatização da construção (Karimi & Iordanova, 2021), ou para monitorizar os materiais de construção dos edifícios “verdes” (Ismail, 2020).

DISCUSSÃO

Uma das mais fundamentais limitações deste trabalho é a não-uniformidade da aplicação das tecnologias BIM nas diferentes obras e nos diferentes países. Presentemente, as aplicações de tecnologias de ponta à plataforma BIM variam de obra para obra, sendo quase específicas a cada obra e, muitas delas, sujeitas a condições de confidencialidade (Assumi, 2020). Será previsível o desenvolvimento de *plugins* para dotar a plataforma BIM de aplicações adicionais e que possam ser de utilização geral (BSI, 2018). Nessa altura, uma revisão da literatura nesta área poderá focalizar-se numa aplicação específica da plataforma BIM. A integração das tecnologias BIM na área da construção está ainda na sua infância, mas a potencial de aplicação desta tecnologia a aspetos tão variados de uma obra parece, por ora, ilimitado. A fusão de outras tecnologias às plataformas multidimensionais do BIM (Vycital & Jarský, 2020) abre um leque de possibilidades que nunca foi possível. A monitorização em tempo-real e em contínuo de parâmetros tão diversos quanto custos, prazos, materiais, saúde, segurança e ambiente, tudo inserido digitalmente num modelo espacial da obra é empolgante e sinaliza uma mudança de paradigma no que concerne o setor da construção (Sidana *et al.*, 2020).

Já foi demonstrado que a utilização do BIM na formação em segurança beneficia a aprendizagem, compreensão e consciencialização dos trabalhadores e gestores

(Ahn *et al.*, 2020). É necessário, agora, que empresas na área da construção se apercebam das muitas mais aplicações que a plataforma BIM pode oferecer. Apesar de o software ser caro e de se precisar de formação para a sua utilização, bem como tempo para a implementação do modelo digital a cada obra, tudo indica que o benefício ultrapassará em muito os custos investidos (Akram *et al.*, 2019; Swallow & Zulu, 2019). Com o tempo, certamente se verificará que a adoção de tecnologias BIM aumenta a competitividade das empresas.

Historicamente, sabe-se que existe resistência a toda e qualquer inovação tecnológica profunda (o caso dos teares mecânica na Inglaterra do séc. XVIII, por exemplo), e que isto pode constituir um travão na rapidez de adoção destes sistemas digitais. No entanto, muitas vezes estes saltos tecnológicos acabam por não só facilitar o trabalho em si, mas também oferecer condições de segurança previamente inexistentes. Na área da construção, onde o número de fatalidades no local de trabalho supera qualquer outro setor, as tecnologias BIM fomentarão uma viragem profunda na gestão do ciclo de vida de uma obra.

CONCLUSÕES

A tendência é que as tecnologias BIM estarão, cada vez mais, incorporadas no sector da construção, com aplicações em quase todas as vertentes associadas a este sector, mas com especial relevância para a gestão da saúde e segurança. Apesar de ainda não estar bem estabelecido como incorporar informação de saúde e segurança na plataforma BIM, os resultados pedagógicos da formação digital já superam os dos métodos convencionais. Prevê-se um *boom* no desenvolvimento de aplicações para a plataforma BIM que muito virá a beneficiar a gestão da saúde e segurança nos locais de construção. 

REFERÊNCIAS

- Ahn S, Kim T, Park YJ, Kim JM (2020) Improving Effectiveness of Safety Training at Construction Worksite Using 3D BIM Simulation, *Advances in Civil Engineering*, <https://doi.org/10.1155/2020/2473138>
- Akram R, Thaheem MJ, Nasir AR, Ali TH, Khan S (2019) Exploring the role of building information modeling in construction safety T through science mapping, *Safety Science*, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.036>
- Asadzadeh A, Arahpour M, Li H, Ngo T, Bab-Hadiashar A, Rashidi A (2020). Sensor-based safety management. *Automation in Construction*, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103128>
- Assumi R (2020). Building information modeling for construction sites safety planning. Masters Thesis in Building Information Modeling, Politecnico di Milano, Italy.
- Aven T, Ylönen M (2021). How the risk science can help us establish a good safety culture, *Journal of Risk Research*, DOI: 10.1080/13669877.2020.1871056
- BSI—British Standards Institution (2018). Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM (PAS1192-6). ISBN: 978 0 580 95567 9
- Ganbat T, Chong HY, Liao PC. et al (2019). A Cross-Systematic Review of Addressing Risks in Building Information Modelling-Enabled International Construction Projects. *Arch Computat Methods Eng* 26, 899–931. <https://doi.org/10.1007/s11831-018-9265-4>
- Ismail ZA (2020). Planning the maintenance of green building materials for sustainable development/ a building information modelling approach, *Journal of Financial Management of Property and Construction* DOI 10.1108/JFMPC-07-2020-0047
- Kameli M, Hosseinalipour M, Sardroud JM, Ahmed SM, Behravan M (2021). Improving maintenance performance by developing an IFC BIM/ RFID-based computer system, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02464-3>
- Karimi S, Iordanova I (2021). Integration of BIM and GIS for Construction Automation, a Systematic Literature Review (SLR) Combining Bibliometric and Qualitative Analysis, *Archives of Computational Methods in Engineering* <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09545-2>
- Lee EWJ, Zheng H, Aung HH, Seidmann C, Li C, Aroor MR, Lwin MO, Ho SS, Theng YL (2020). Examining Organizational, Cultural, and Individual-Level Factors Related to Workplace Safety and Health: A Systematic Review and Metric Analysis, *Health Communication*, DOI: 10.1080/10410236.2020.1731913
- Malik A, Sanjiv E S, Myneni KK (2020). Technological Aspects in Construction Safety with Applicability to Hazards in India, *International Journal of Management and Humanities* DOI: 10.35940/ijmh.I0939.0641020
- McCoy A, Yeganeh A (2021). An Overview of Emerging Construction Technologies, NAIOP Research Foundation. <https://www.naiop.org/Research-and-Publications/Reports/An-Overview-of-Emerging-Construction-Technologies>
- Muschara T (2017). Risk-Based Thinking and chronic uneasiness. ISBN 9780203731734
- Olugboye O, Windapo A (2019). Building Information Modeling—Enabled Construction Safety Culture and Maturity Model: A Grounded Theory Approach. *Built Environ.*, 16 April 2019. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00035>
- Rudakov M, Gridina E, Kretschmann J (2021). Risk-Based Thinking as a Basis for Efficient Occupational Safety Management in the Mining Industry. *Sustainability* 2021, 13, 470. <https://doi.org/10.3390/su13020470>
- Sidani A, Dinis FM, Duarte J, Sanhudo L, Calvetti D, Baptista JS, Martins JP, Soeiro A (2021). Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review, *Journal of Building Engineering* 42 (2021) 102500. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102500>
- Swallow M, Zulu S (2019). Benefits and Barriers to the Adoption of 4D Modeling for Site Health and Safety Management, *Frontiers in Built Environment*, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00086>
- Vycital M, Jarský C (2020). An automated nD model creation on BIM models, *Organization Technology and Management in Construction*, DOI 10.2478/otmcj-2020-0018
- Yap JBH, Lee WK (2020). Analysing the underlying factors affecting safety performance in building construction, *Production Planning & Control*, 31:13, 1061-1076, DOI: 10.1080/09537287.2019.1695292
- Yang LH, Xu L, Wang WC, Wanf SH (2021). Building Information Model and Optimization Algorithms for Supporting Campus Facility Maintenance Management: A Case Study of Maintaining Water Dispensers, *KSCE Journal of Civil Engineering* DOI 10.1007/s12205-020-0219-7
- Zhang S, Sunindijo RY, Loosemore M, Wang S, Gu Y, Li H (2020). Identifying critical factors influencing the safety of Chinese subway construction projects, *Engineering, Construction and Architectural Management* DOI 10.1108/ECAM-07-2020-0525