

## Augmented Reality Assessment for the Production of a Virtual Design Construction Model With BIM

Jordanna Saboia Veras<sup>1</sup>, Félix Alves-Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Brasília, Brasil  
[jordannasaboia@gmail.com](mailto:jordannasaboia@gmail.com);

<sup>2</sup> Universidade de Brasília, Brasília, Brasil  
[felix.alves@unb.br](mailto:felix.alves@unb.br)

**Abstract.** The use of BIM combined with Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies allows the development of Virtual Design Construction (VDC). However, such application isn't widespread in construction sites, which have their management and control performed in a traditional way. With this research, 05 applications were mapped that allow the use of BIM in conjunction with AR, listing the main uses of each application, and finally, an experiment was carried out on the use of AR on a construction site. The integration of BIM with RA makes it possible for the project manager to have the project information in loco. This context allows to collect and share construction information at the site during the building process.

**Keywords:** BIM Adoption, Augmented Reality (AR), Virtual Design Construction (VDC), Construction Industry.

### 1 Introdução

O *Building Information Modeling* (BIM), caracteriza-se por ser a representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, o qual fornece informações que dão suporte as atividades do ciclo de vida da edificação (Wu et al., 2019). A Indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), quando comparada a outros setores, enfrenta dificuldades para incorporar e implementar novas tecnologias (Wang et al., 2020). Processos baseados em BIM são uma importante ferramenta no processo de inserção de tecnologias da Indústria 4.0(I4) na construção civil (Maskuriy et al., 2019; Newman et al., 2021).

Apesar de possuir ferramentas que dão suporte ao ciclo de vida construção, o BIM tem sido utilizado frequentemente nas etapas de desenvolvimento de projeto, esta presença não ocorre na etapa de execução da obra (Hamledari et al., 2018). Portanto, um dos principais usos do BIM é a melhoria nos processos de visualização dos projetos (Wu et al., 2019).

A integração de tecnologias digitais como BIM, Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) tem dado subsídio para a construção do Virtual Design Construction (VDC). O VDC é uma plataforma de compartilhamento de informações de projeto que permite a visualização e interação com artefatos de projeto, de forma a otimizar os processos de projeto, segurança e gerenciamento (Afzal et al., 2021; Rafsanjani & Nabizadeh, 2021).

A RA possibilita que o ambiente físico possa ser sobreposto com informações digitais e substituir o que está sendo visto por elementos gerados computacionalmente (Chi et al., 2013; Afzal et al., 2021). Para que esta sobreposição ocorra é necessário que as informações do mundo real possam ser rastreadas para que os elementos digitais possam ser devidamente posicionados (Arena et al., 2022).

A RA e a RV figuram entre as principais tecnologias da I4 e têm sido utilizadas na construção civil para otimizar os processos de visualização, produtividade e segurança (Sepasgozar et al., 2021). A indústria AECO, por meio de VDC's, pode substituir métodos convencionais de: visualização de projeto, monitoramento, controle de atividades de fiscalização, gestão da informação, acompanhamento da obra, produção e planejamento do canteiro, etc (Chi et al., 2013; X. Wang & Love, 2012).

O VDC, modelo produzido a partir de um modelo BIM, associado a RA permite que informações construtivas possam ser acessadas e compartilhadas *in loco*, o que otimiza atividades de execução de uma edificação. Além da visualização é possível acompanhar o cronograma de obra, acrescentar e compartilhar informações que foram registradas na construção (Rafsanjani & Nabizadeh, 2021).

Este trabalho avalia aplicativos que permitam a produção de um VDC que possa dar suporte a etapa de construção, com enfoque na visualização de projetos e no acompanhamento de obra. Nesta pesquisa são apresentadas as funcionalidades dos aplicativos necessárias para a integração entre informação BIM e RA, que resultam em um modelo de VDC, e um teste de uma das ferramentas *in loco*. A análise e o experimento deram origem a um fluxograma de integração entre a RA e o informações de modelo geradas em BIM.

Este artigo apresenta a seguinte estrutura: a) Metodologia, em que são descritos os processos e métodos utilizados durante a pesquisa; b) Resultados e Discussão, com os resultados e as análises desenvolvidas; c) Considerações Finais.

## 2 Metodologia

Metodologicamente este trabalho é classificado como *Design Science Research*, uma vez que faz a proposição de um conjunto de prescrições (Dresch, Aline; Lacerda, Daniel Pacheco; Júnior, 2015) para auxiliar e otimizar o processo de inserção de RA em canteiros de obra a partir de modelos BIM. A pesquisa foi realizada em três etapas, sendo elas: a) Avaliação dos aplicativos; b) Teste *in loco* com uma das ferramentas; c) Proposição de fluxograma de integração entre informação produzida a partir de um modelo BIM e RA.

A primeira etapa corresponde a avaliação dos aplicativos para a visualização de modelos de tridimensionais de projeto em RA. Para a escolha dos aplicativos foram estabelecidas as seguintes funções:

- a. Visualização do modelo em dispositivos móveis;
- b. Representação do modelo em escala natural (1:1);
- c. Inserção de informações, como notas e fotografias;
- d. Acompanhamento de atividades executivas;
- e. Integração entre o modelo da edificação com o cronograma *in loco*.

Além das funções dos aplicativos, para a RA, é necessário que os dispositivos possuam uma *Inertial Measurement Unit* (IMU). Uma IMU corresponde ao conjunto constituído por um giroscópio, magnetômetro e acelerômetro que irá mapear os movimentos do dispositivo (Lavalle, 2020).

Os aplicativos foram avaliados em uma escala de 0 a 5, em que 0 corresponde a ausência da função analisada, 1 a 5 reflete a presença da função, sendo 1 a presença, com fortes limitações na utilização, e 5 a presença e utilização plena. Essa pontuação foi somada para determinar quais as ferramentas eram mais eficientes.

A segunda etapa consistiu na avaliação do uso de RA no canteiro de obras produzida a partir de modelos BIM. A obra escolhida para a obtenção dos resultados foi uma edificação em que os projetos (arquitetura, estrutura elétrica, incêndio e hidrossanitário) foram desenvolvidos com metodologia BIM e que estivesse em construção. O edifício escolhido foi o prédio sede do Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído – PISAC, que está localizado no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília-UnB. Por fim foi proposto um fluxograma de integração resultante da avaliação e caracterização dos aplicativos e do teste *in loco*. As análises dos aplicativos e o teste realizado na obra gerou o fluxograma de produção de VDC's para canteiros de obra.

### 3 Resultados e Discussões

#### 3.1 Análise e Avaliação dos Aplicativos

Durante a realização do levantamento dos aplicativos e das ferramentas a serem utilizadas para a produção de um VDC, chegou-se a cinco aplicativos que atendiam aos requisitos estipulados, sendo eles: BIMx®, Dalux Viewer, Augin®, Dalux Field e GammaAR®. Os requisitos operacionais considerados e as especificações dos aplicativos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Requisitos Operacionais dos aplicativos.

Requisitos	BIMx®	Dalux Field®	Dalux Viewer®	Augin®	Gamma-AR®
<b>Sistema Operacional</b>	iOS 12+ Android 8.0+	iOS Android 7.0+	iOS Android 7.0+	iOS Android	iOS 13+ Android 7.0+
<b>Hardware mínimo</b>	Dispositivos intermediários com IMU	Dispositivo com IMU, câmera e GPS	Dispositivo com IMU	Dispositivo com IMU, câmera e GPS	Dispositivo com IMU, câmera e GPS
<b>Conexão de Internet</b>	Uso offline e armazenamento em nuvem	Uso offline e armazenamento em nuvem	Uso offline e armazenamento em nuvem	Uso offline	Uso offline e armazenamento em nuvem
<b>Tipos de licença</b>	Gratuito	Pago, com versão gratuita por 15 dias	Pago e Gratuito para teste.	Pago, com versão gratuita	Pago, com versão gratuita por 30 dias

Fonte: Veras & Alves-Silva, 2022

Na página do fornecedor do BIMX, é possível identificar quais os sistemas operacionais e as respectivas versões para a utilização do aplicativo. No aplicativo Augin® a informação aparece apenas na área de Central de Ajuda da página, que informa a necessidade de que o aparelho seja compatível com ARCore (para dispositivos Android) e ARKit (no caso dos dispositivos Apple), junto a esta informação estão os links das plataformas para que o usuário identifique o seu aparelho na lista. O Dalux Field® e o Dalux Viewer®, desenvolvidos pela mesma empresa, também não trazem quais as especificações necessárias ou recomendadas de sistema operacional para utilização dos aplicativos em suas páginas. Apesar destas informações nas páginas dos aplicativos, as especificações mínimas aparecem na plataforma de download nos dispositivos.

Outro ponto identificado no levantamento dos aplicativos foi a ausência de especificações técnicas sobre as características mínimas dos dispositivos necessárias para a utilização das ferramentas. Apenas a página do BIMX apresenta as configurações e mínimas e os dispositivos recomendados para a visualização adequada dos modelos.

Nos testes realizados foram utilizados iPad Air 2 (Ano de Fabricação 2014), não foi possível visualizar os projetos nos aplicativos Augin®, Dalux Field® e GammaAR®. Em testes com o smartphone, modelo M20, da Samsung (ano de fabricação 2019) Não foi possível visualizar os modelos de projeto nos aplicativos DaluxField® e GammaAR®.

Uma característica comum a todos os aplicativos foi a existência de versões para PC, a integração com softwares BIM e visualizadores de arquivos IFC's, formato universal para troca informações entre softwares distintos (Hamledari et al., 2018). A disponibilidade destes dados é fundamental para que a empresa (ou o projetista) possa avaliar a viabilidade da implementação de RA no canteiro e determinar quais as alterações necessárias para que seja possível a implementação de RA na gestão de obras. Após o levantamento das ferramentas, estes aplicativos foram avaliados e classificados de acordo com as funcionalidades desejadas (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação e classificação dos aplicativos.

Funções	BIMx®	Dalux Viewer®	Augin®	Dalux Field®	GammaAR®
<b>Visualização do modelo 3D</b>	5	5	5	5	3
<b>Escala 1:1</b>	0	0	5	5	5
<b>Inserção de Informações</b>	3	4	0	5	5
<b>Acompanham ento de atividades</b>	0	0	0	5	5
<b>Cronograma</b>	1	1	1	4	4
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>22</b>

Fonte: Veras & Alves-Silva, 2022

Em relação às funcionalidades apresentadas Tabela 2, todos os aplicativos apresentam a visualização do modelo em 3D, exceto o GammaAR®, que permite apenas a visualização da planta baixa durante a utilização da escala natural 1:1. Em relação a essa escala, o BIMx® e o Dalux Viewer® não permitem a sua utilização, pois são aplicativos voltados apenas para a visualização do modelo, o que os tornam ideais quando este é o objetivo da utilização da RA.

Apenas o aplicativo Augin® não permite a inserção de informações no modelo virtual visualizado em RA. Deste modo esta ferramenta não é adequada para a produção de VDC, já que não é possível inserir e compartilhar informações. A diferença entre o Dalux Viewer® e o BIMx®, nesse quesito, ocorre pois o primeiro permite a inserção de comentários a respeito dos ambientes, os quais podem ser visualizados no modelo ou agrupados por meio de uma planilha, o que otimiza a troca de informação.

No BIMx®, os comentários podem ser inseridos, porém, acessados apenas quando o ambiente que teve informações inseridas seja acessado, o que dificulta a gestão da informação. O Dalux Field® e o GammaAR®, além de comentários, permitem produzir relatórios associados a cada ambiente da edificação, que podem ser compartilhados por todos os membros do projeto.

Em relação ao acompanhamento de atividades desenvolvidas no canteiro de obra, essa funcionalidade está disponível apenas para o Dalux Field® e para o GammaAR®, deste modo são mais adequados para a produção de um VDC. Esta função permite que o responsável possa delegar serviços e que os operadores tenham condições de executar as atividades por meio de roteiros acessados pela plataforma e sejam capazes de relatar a execução da atividade para o gestor por meio do aplicativo.

Quanto a integração entre o modelo e o cronograma da obra, é possível realizá-lo no BIMx®, Dalux Viewer® e no Augin®, apenas se o modelo for adaptado com as informações de cada etapa construtiva. No Dalux Field® e no GammaAR® é possível monitorar o cronograma de execução por meio do acompanhamento de atividades, sendo possível monitorar as atividades que foram realizadas dentro do prazo e aquelas que se encontram em atraso.

Dessa forma, os aplicativos Dalux Field® e GammaAR® são os mais adequados para a gestão de obra por meio da utilização da RA. Isso ocorre por ser possível coletar informações (sobre as etapas executadas, sobre o estado do cronograma, alterações realizadas no projeto) ao mesmo tempo que é possível associar e compartilhar estes dados ao modelo. Deste modo é possível afirmar que estas ferramentas são as mais adequadas para a produção de um VDC. Contudo, a depender dos objetivos e o nível de implantação da RA no canteiro, os aplicativos BIMx®, Dalux Viewer® e Augin® também se mostram adequados para auxiliar a construção.

### **3.2 Teste de Visualização no Canteiro de Obras com o Augin®**

Após a análise dos aplicativos, o Augin® foi utilizado para a visualização dos projetos no canteiro, para isso foram selecionadas as seguintes disciplinas: arquitetura, estrutura metálica e hidrossanitário. Apesar deste aplicativo não ser o mais adequado para acompanhamento, ele o foi para testar a visualização de projeto em obra devido à compatibilidade com os dispositivos disponíveis para a pesquisa e pela sua versão gratuita disponibilizar as funções de visualização dos modelos. Outro aspecto foi o fato do Augin® permitir a visualização dos modelos de projeto do PISAC.

Para a utilização, foram gerados os modelos IFC dos projetos, exportados no formato IFC 2x3, compatível com o Augin®. Para otimizar a visualização dos modelos no Augin®, foi necessário passá-los por um programa otimizador de IFC. Foi utilizado o software Solibri, que simplificou a geometria dos elementos e produziu arquivos que necessitam de uma menor capacidade de processamento. Dessa forma, os modelos puderam ter sua visualização otimizada para os aparelhos disponíveis.

Após a otimização dos modelos no software, os arquivos foram carregados na plataforma Augin® e depois abertos, pelo aplicativo nos dispositivos (Figura 1).

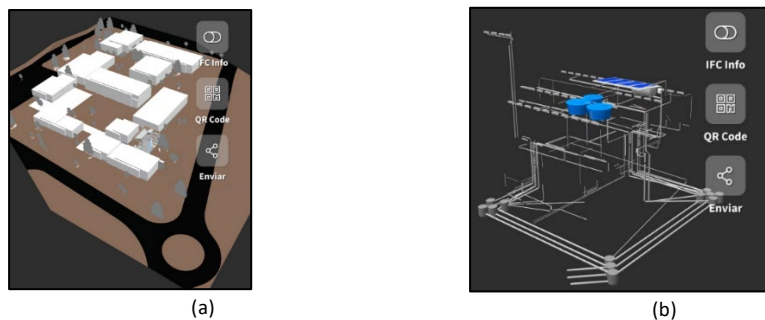


Figura 1. Visualização do modelo volumétrico pelo aplicativo Augin®. (a) Implantação (b) Hidrossanitário. Fonte: Veras & Alves-Silva, 2022.

Através desse experimento, foi possível constatar que a possibilidade de consultar a construção por meio de dispositivos móveis auxilia no entendimento completo da edificação e pode diminuir os erros na etapa construtiva. Na representação tridimensional, o usuário visualiza o projeto da maneira como ele será quando construído e não uma simplificação bidimensional por meio de plantas baixas e cortes.

Na visualização dos modelos em obra foram percebidas algumas dificuldades e limitações. Pelas características do terreno natural, ainda sem intervenções, o aplicativo não conseguiu determinar uma superfície plana o suficiente para posicionar os modelos. Dessa forma foi necessária a utilização de marcadores fixos no terreno para que o sistema pudesse locar os modelos (Figura 2).

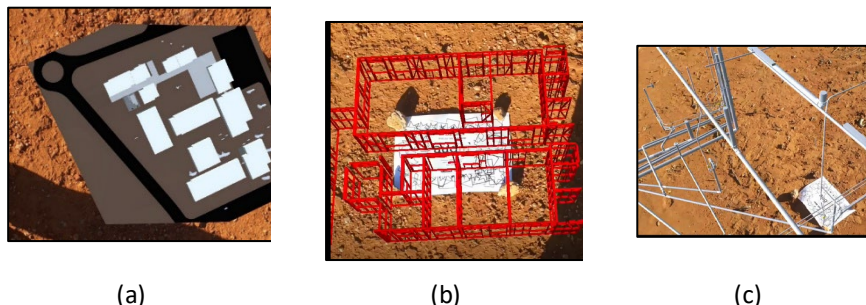


Figura 2. Utilização da RA *in loco*. (a) Implantação, (b) Estrutura Metálica. (c) Hidrossanitário. Fonte: Veras & Alves-Silva, 2022

Os marcadores foram gerados pelo Augin®, impressos e posicionados na obra. O uso de um marcador torna necessário que esse esteja sempre visível na câmera do dispositivo, o que dificulta a utilização da escala 1:1 e a visualização do modelo.

Recomenda-se que para o uso dessa função em aplicativos similares, o modelo seja reduzido e represente apenas partes dos ambientes. Outra recomendação é a utilização de um número maior de marcadores no local da obra. Em aplicativos onde o modelo é locado por meio de pins definidos pelo usuário, essa dificuldade na escala 1:1 é suavizada e permite uma melhor experiência da RA, essa técnica de localização é utilizada em aplicativos como Dalux Field® e GammaAR®.

Uma outra dificuldade na visualização de modelos com RA na escala 1:1 é necessidade de maior da capacidade de processamento do dispositivo, o que impossibilita a utilização de forma fluída de RA em dispositivos com menor capacidade de processamento. Quanto a velocidade de banda de internet tem sido menos requerida, uma vez que a maioria dos aplicativos possibilitam o uso da RA de forma offline.

O ângulo de visão da câmera representa uma dificuldade para aplicativos que utilizam marcadores de posição fixos, sendo mais adequado o uso de aplicativos que permitam o posicionamento da RA por meio de pins, que mantém o modelo fixo no ponto desejado. Por fim, a oclusão pode ser obtida por meio do uso de aplicativos que permitem a aplicação de transparência à RA analisada, além de permitir ocultar elementos que não estão sendo analisados no momento pelo usuário, diminuindo as dificuldades para realizar a comparação entre o construído e o modelado.

O teste realizado com o Augin®, possibilitou a produção de um fluxograma de incorporação de tecnologias de RA no canteiro a partir de um modelo BIM, Figura 3.



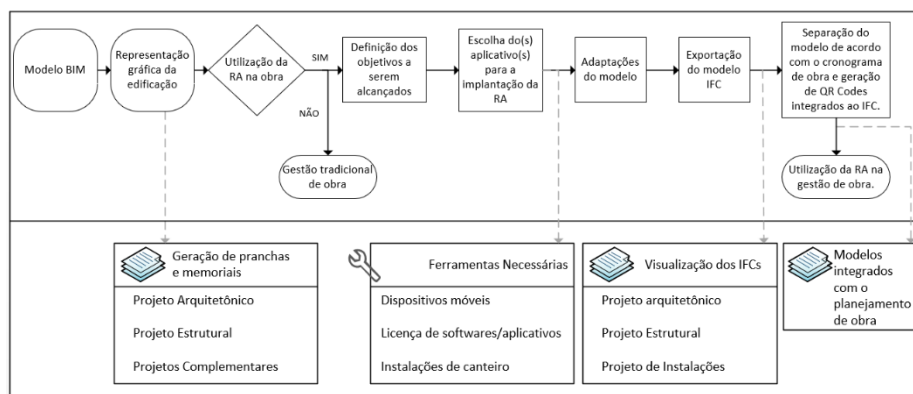


Figura 3. Fluxo para aplicação da RA no canteiro de obras. Fonte: Veras & Alves-Silva, 2022.

A primeira etapa corresponde a produção da representação gráfica dos projetos da edificação a partir dos modelos BIM. Após a elaboração destes modelos estabelecer quais os usos dados para a RA para que seja possível definir o aplicativo a ser utilizados. Com a escolha do aplicativo executar as adaptações necessárias ao modelo para que este possa ser visualizado no dispositivo e no aplicativo com as informações necessárias para os usos definidos no modelo.

## 4 Considerações Finais

Foi verificado que para utilizar a RA na gestão de obras é necessário definir os usos dados a tecnologia no canteiro, de forma a se levar as adaptações no canteiro, como a aquisição de dispositivos e aplicativos. Para auxiliar este processo o fluxograma proposto, junto com a análise feita com os aplicativos, se configura num instrumento para difundir o uso de RA no setor AECO.

Apesar das dificuldades encontradas na visualização *in loco*, os aplicativos avaliados, mesmo nas suas versões mais básicas, permitem a visualização dos modelos de projeto em RA fora da obra. O que auxilia a compreensão da informação construtiva produzida e na comunicação entre os agentes responsáveis pela construção da edificação. Outro aspecto observado é a importância do formato IFC para a integração entre BIM e RA.

No que diz respeito a produção de um VDC, as ferramentas avaliadas, Dalux Field® e Gamma®, parecem atender a produção de uma plataforma que integre visualização, avaliação, interação e análise das informações físicas e funcionais da obra. O que demonstra já ser possível lançar mão das vantagens proporcionadas pelo VDC, já que no Brasil tem sido crescente a utilização de ferramentas e processos BIM.

O uso de um VDC, permite ainda que os modelos possam ser atualizados já durante o processo construtivo. Dessa forma, após a construção, se obtenha um modelo preciso do edifício que pode ser utilizado em outras fases do ciclo de vida da edificação.

Os resultados apresentados devem ser complementados com pesquisas que visem testar o Gamma® e Dalux Field® na gestão de obras e, assim, identificar a eficiência das ferramentas para a produção de VDC. É importante ainda verificar como mitigar o problema relativo à locação da edificação, seja pela utilização de um maior número de marcadores, uso de dispositivos com telas maiores, ou o uso de óculos de Realidade Aumentada.

**Agradecimentos** ao PISAC, pela disponibilização dos modelos utilizados neste trabalho. Este trabalho contou com a participação de alunos bolsistas com apoio da Fundação de Apoio a Pesquisa (FAP-DF).

## Referências

- Afzal, M., Shafiq, M. T., & al Jassmi, H. (2021). Improving construction safety with virtual-design construction technologies - A review. *Journal of Information Technology in Construction*, 26(May 2020), 319–340. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.018>
- Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (2022). An Overview of Augmented Reality. *Computers*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/computers11020028>
- Chi, H. L., Kang, S. C., & Wang, X. (2013). Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 33, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.017>
- Dresch, Aline; Lacerda, Daniel Pacheco; Júnior, J. A. V. A. (2015). *Design Science Research (1a)*. Bookman.
- Hamledari, H., Rezazadeh Azar, E., & McCabe, B. (2018). IFC-Based Development of As-Built and As-Is BIMs Using Construction and Facility Inspection Data: Site-to-BIM Data Transfer Automation. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 32(2), 1–15. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000727](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000727)
- Lavalle, S. M. (2020). *VIRTUAL REALITY*. Cambridge University Press. <http://lavalle.pl/vr/>
- Maskuriy, R., Selamat, A., Maresova, P., Krejcar, O., & David, O. O. (2019). Industry 4.0 for the construction industry: Review of management perspective. *Economies*, 7(3), 0–14. <https://doi.org/10.3390/economies7030068>
- Newman, C., Edwards, D., Martek, I., Lai, J., Thwala, W. D., & Rillie, I. (2021). Industry 4.0 deployment in the construction industry: a bibliometric literature review and UK-based case study. *Smart and Sustainable Built Environment*, 10(4), 557–580. <https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2020-0016>
- Rafsanjani, H. N., & Nabizadeh, A. H. (2021). Towards digital architecture, engineering, and construction (AEC) industry through virtual design and construction (VDC) and digital twin. *Energy and Built Environment*, October. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.10.004>
- Sepasgozar, S. M. E., Ghobadi, M., Shirowzhan, S., Edwards, D. J., & Delzendeh, E. (2021). Metrics development and modelling the mixed reality and digital twin adoption in the context of Industry 4.0. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(5), 1355–1376. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2020-0880>
- Wang, X., & Love, P. E. D. (2012). BIM + AR: Onsite information sharing and communication via advanced visualization. *Proceedings of the 2012 IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2012*, 850–855. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2012.6221920>
- Wu, Z., Chen, C., Cai, Y., Lu, C., Wang, H., & Yu, T. (2019). BIM-based visualization research in the construction industry: A network analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph16183473>

Yap, J. B. H., Lam, C. G. Y., Skitmore, M., & Talebian, N. (2022). Barriers To the Adoption of New Safety Technologies in Construction: a Developing Country Context. *Journal of Civil Engineering and Management*, 28(2), 120–133. <https://doi.org/10.3846/jcem.2022.16014>.