

Ambiente virtual imersivo e interativo para modelos BIM: Exportação automática e ferramentas de visualização

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.77.42>

**Pedro Ferreira¹, Luís Sanhudo¹,
José Pintor¹, António Aguiar Costa¹**

¹ *BUILT CoLAB – Collaborative Laboratory for the Future Built Environment, Portugal*

Resumo

Considerando o progresso de tecnologias como o *Building Information Modelling* (BIM) e tendo em vista a crescente adoção das mesmas em novos projetos construtivos, torna-se essencial que a integração destas tecnologias seja feita de forma intuitiva. Desta forma, usufrui-se dos diversos benefícios resultantes, sem os entraves que advêm de uma acentuada curva de aprendizagem associada a tecnologias disruptivas. Assim, a perspetiva de uma utilização recorrente e generalizada destas ferramentas tornar-se-á uma realidade mais atingível, permitindo o seu reconhecimento como o novo paradigma do setor da Construção.

De forma a facilitar a integração da metodologia BIM neste setor, o presente artigo propõe um ambiente virtual 3D que evidencia de forma simplificada algumas das vantagens desta tecnologia como ferramenta de apoio ao projeto. Este ambiente virtual foi criado recorrendo a um motor de jogo, tirando partido das características que só este proporciona, com a ambição de tornar o ambiente imersivo e interativo. Consequentemente, foram desenvolvidas ferramentas úteis de visualização, que visam estimular o interesse e colaboração entre utilizadores, que se deparam com uma visão mais realista da arquitetura e engenharia do projeto. A transição entre o *software* de modelação BIM e a aplicação desenvolvida é assegurada através de um exportador de modelos 3D, criado especificamente para o efeito. Desta forma, é estabelecido um fluxo de trabalho que integra de forma complementar o ambiente gerado e o *software* de modelação BIM utilizado.

1. Introdução

O processo de digitalização da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) apresenta um papel crucial na transformação deste setor, beneficiando de múltiplas inovações tecnológicas que potenciam uma significativa diminuição de custos ao longo do projeto construtivo [1]. Parte deste processo de digitalização passa pela própria implementação destas tecnologias que, consoante a atratividade dos respetivos benefícios, apresentam distintas prioridades ao nível do seu investimento e adoção [2]. Entre estas, destaca-se o *Building Information Modelling* (BIM), como a tecnologia mais transversalmente utilizada.

Contudo, apesar da progressiva adesão da indústria AEC a esta tecnologia, a sua taxa de adoção permanece inferior ao previsto [3]. Isto deve-se, em grande parte, à resistência à mudança, à acentuada curva de aprendizagem associada e à falta de conhecimento técnico por parte das entidades não especializadas que intervêm ao longo do projeto. Desta forma, o BIM acaba por não ser ainda abordado de forma completamente colaborativa [4], existindo a necessidade de estabelecer ferramentas e metodologias que permitam a fácil integração dos diferentes perfis e experiências das partes interessadas [5].

Neste sentido, a utilização de ambientes imersivos tem, em anos recentes, apresentado resultados favoráveis na resolução deste problema [6], permitindo uma simplificada e intuitiva interatividade entre o utilizador e o modelo BIM. Estes ambientes imersivos são, na sua maioria, suportados por tecnologia de Realidade Virtual (RV).

Com o intuito de encorajar a adoção de ambas as tecnologias e facilitar a interação com ambientes BIM, o presente artigo propõe um *software* onde se tira partido dos benefícios da tecnologia de RV para salientar os benefícios do BIM, em diferentes partes do processo construtivo.

Em termos de estrutura, este artigo inicia com uma breve exposição do estado da arte, referindo a relevância destas tecnologias no setor AEC. Segue-se uma descrição detalhada da metodologia implementada e o desenvolvimento das diferentes ferramentas produzidas. Posteriormente, é apresentado um caso de estudo realizado com o propósito de validar a metodologia utilizada e, por último, são identificadas as principais conclusões finais.

2. Estado da Arte

Ambientes virtuais, referem-se a ambientes simulados em computador que visam replicar interações realistas entre o utilizador e um ambiente 3D simulado, proporcionando experiências imersivas irreplicáveis por outras tecnologias. Avanços tecnológicos recentes nos domínios do *hardware* e *software*, têm impulsionado novos desenvolvimentos nesta área, possibilitando assim uma maior acessibilidade a este tipo de ferramentas.

Imprescindíveis à criação e desenvolvimento destes ambientes virtuais surgem os motores de jogo – *software* ou *frameworks* complexas que auxiliam e simplificam o processo de programação, reduzindo substancialmente o custo e duração do seu desenvolvimento. Estes motores fornecem múltiplas funcionalidades e ferramentas base, que evitam a redundância de as desenvolver de raiz. Destacam-se o motor de física e o motor de *renderização* embutidos, bem como ferramentas de som, animação e comunicação em rede como algumas das que acrescentam maior valor a este tipo de *software*. Através da integração destas ferramentas com modelos BIM, torna-se possível a criação de visualizadores 3D que elevam as capacidades de simulação, demonstração, comunicação e até educação desta tecnologia.

Beneficiando também das vantagens destes motores, existem cada vez mais aplicações de RV na indústria AEC. Esta tecnologia, que teve o seu início na indústria dos jogos, permite uma melhor visualização e simulação de diversos cenários da Construção, sendo que a imersividade proporcionada permite uma reprodução mais realista e intuitiva da localização e condição dos elementos construtivos, quando comparada com CAD tradicional [7]. Por este motivo, múltiplos autores, em anos recentes, consideram a adoção da tecnologia de RV para inúmeras tarefas da Construção [8], nomeadamente: planeamento urbano [9]; análise do edifício [10]; design [11]; monitorização de obra [12]; modelação e visualização de atividades [13]; identificação de riscos e/ou otimização de processos [14]; e apoio à comunicação [6]; com múltiplas ferramentas a serem desenvolvidas com o intuito de auxiliar na aplicação e exploração desta tecnologia [15]–[17].

Focando o apoio à comunicação, a integração destas tecnologias possibilita uma redução substancial de lacunas de conhecimento entre diferentes partes envolvidas num projeto. Como exemplo desta utilização, Y.-C. Lin et al. [18] sugerem a adoção duma aplicação para o contexto hospitalar, onde a ferramenta visa aproximar técnicos e *stakeholders* no que toca a processos de gestão e operação. Num cenário semelhante, V. Getuli et al. [19] propõem a utilização de RV e BIM para melhorar a transmissão de normas de segurança entre os trabalhadores e representar esta informação num modelo 3D. Por sua vez, F. Pour Rahimian et al. [20] abordam a adoção de RV para facilitar a coordenação e o fluxo de informação entre o modelo BIM e a realidade no estaleiro, de forma a rastrear o processo de construção. A rápida disseminação destas tecnologias permitiu ainda a sua adoção num contexto educativo [21], de formação e capacitação, fornecendo novas perspetivas em relação aos métodos comumente utilizados – inculcando novas experiências de trabalho e colaboração consideradas essenciais num mercado cada vez mais globalizado.

3. Metodologia

No decorrer deste trabalho foram realizadas escolhas relativas ao *software* utilizado que são relevantes para o enquadramento da aplicabilidade e acessibilidade do produto final. Relativamente ao *software* BIM, optou-se pela utilização do *Autodesk Revit*, uma ferramenta amplamente utilizada por arquitetos e engenheiros que dispõe de

uma *Application Programming Interface* (API) aberta e de simples operação. Para o motor de jogo, a plataforma *Unity3D* ou *Unity*, foi o *software* adotado no desenvolvimento do ambiente virtual. Esta ferramenta beneficia de uma ampla quantidade de utilizadores, que geram conteúdo educativo, bem como *assets* que podem ser utilizados de forma gratuita.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da aplicação proposta tem como principal objetivo garantir uma fácil e rápida interoperabilidade entre o *software* de modelação BIM e o motor de jogo. O intuito desta abordagem é de possibilitar a criação de uma *one-stop shop*, a que o utilizador recorre para transferir os seus modelos para o ambiente 3D imersivo. Assim, poder-se-á reduzir a fricção com que é realizada a transição entre aplicações, promovendo a sua inclusão de forma mais recorrente nos processos construtivos.

Para que esta metodologia seja bem-sucedida é necessário assegurar não só a interoperabilidade entre o *software* utilizado, mas também a correta passagem de todos os ficheiros que se verifiquem indispensáveis à visualização do modelo 3D no ambiente virtual. Como tal, foi feita uma revisão dos diferentes formatos de ficheiro que podem ser utilizados para transferir a informação geométrica para o visualizador, cujo resultado está disposto na Tabela 1.

Tabela 1

Formatos de ficheiro suportados pelos programas utilizados.

	DWG	DXF	DGN	OBJ	3DS	DAE	IFC	FBX
<i>Revit</i>	✓	✓	✓				✓	✓
<i>Unity</i>		✓		✓	✓	✓		✓

Pela análise da Tabela 1, verifica-se que a sobreposição entre os formatos suportados pelo *software Revit* e *Unity* reduz a escolha a apenas duas opções: FBX e DXF. Contudo, nenhuma das opções suporta a possibilidade da utilização de texturas – essencial numa aplicação que pretende visualizações realistas de modelos 3D.

Assim, foi necessária a adoção de um método alternativo, nomeadamente, o desenvolvimento de um exportador próprio. Este exportador foi criado sob a forma de um *plugin* para o *Revit* e fornece um maior grau de controlo e liberdade sobre as condições de exportação.

Esta solução permite a exportação da informação geométrica sob a forma de um ficheiro OBJ, através de funcionalidades disponibilizadas na API do *Revit*, em conjunto com um ficheiro MTL, que irá guardar toda a informação relativa às texturas. É ainda exportado um ficheiro adicional JSON, que fornece informação relevante do projeto BIM a ser exportado, juntamente com metadados pertinentes, específicos de cada elemento BIM constituinte. Só desta forma se poderá ter uma reprodução fiel no visualizador do modelo que está a ser desenvolvido no ambiente de modelação.

O fluxograma evidenciado na Figura 1 representa o fluxo de trabalho expectável para um utilizador da aplicação. No *Revit*, um utilizador que esteja no processo de

modelação e pretenda enviar o modelo para o ambiente BIM-VR em *Unity*, procede à abertura do exportador e à seleção das configurações de exportação. Os ficheiros resultantes da exportação são guardados numa pasta especificada pelo utilizador a que o *Unity* acede posteriormente. A geração do ambiente BIM-VR em *Unity* pode ser realizada sob duas formas: (1) diretamente através do *Revit*, após o término do processo de exportação; ou (2) através de um *Launcher* desenvolvido com o objetivo de abrir a aplicação de forma independente do *Revit* – versão *standalone*. De referir que a aplicação em *Unity* pode ser utilizada sem óculos de RV, recorrendo apenas ao computador, no qual são utilizados o rato e o teclado para fornecer os controlos *in-game*.

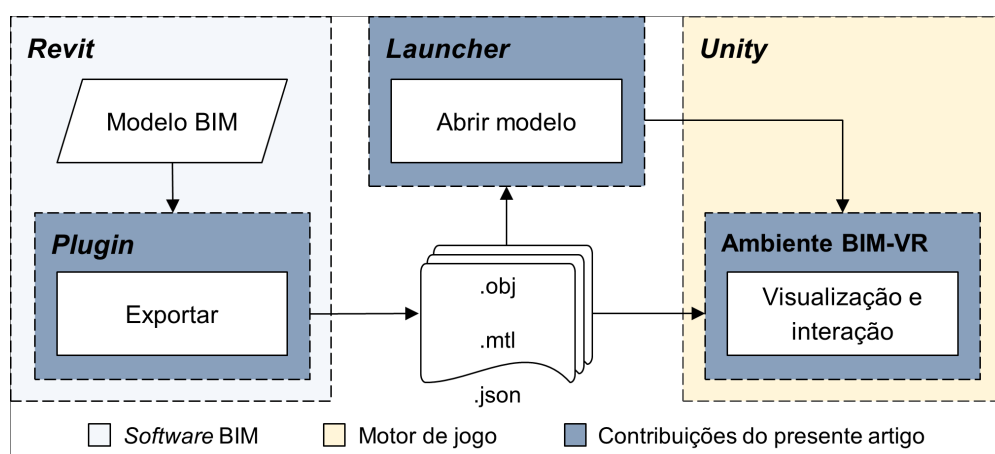


Figura 1
Fluxograma representativo da metodologia utilizada.

4. Desenvolvimento

O trabalho de desenvolvimento pode ser segmentado em duas grandes vertentes: uma referente ao *Revit* e outra ao *Unity*. Na sua maioria, as atividades desenvolvidas focaram-se em desenvolvimentos associados à física do motor de jogo, das ferramentas integradas no mesmo, bem como da interface gráfica. Outras atividades de relevo abrangem a consulta e utilização da API do *Revit*, a produção do *plugin* de exportação e, finalmente, do *launcher standalone*.

4.1. Autodesk Revit – Plugin de Exportação

O *plugin* de exportação desenvolvido para o *Revit* foi criado com recurso ao *Windows Presentation Foundation* (WPF), uma plataforma gráfica *open-source* desenvolvida pela *Microsoft*. Para a base do código utilizou-se C# e para a componente gráfica, o *Extensible Application Markup Language* (XAML). O *plugin* é composto apenas por uma única janela na qual o utilizador pode definir as configurações de exportação do modelo, consoante a sua finalidade. O conjunto de configurações que o utilizador pode ajustar para obter os resultados pretendidos inclui:

- Seleção manual de elementos a exportar versus todos os elementos visíveis na *view*;
- Escolha do nível de detalhe da geometria dos elementos a exportar;

- Escolha do diretório onde os ficheiros serão guardados;
- Opção de incluir toda a geometria num ficheiro único, ou exportar cada elemento para um ficheiro separado.

O *plugin* funciona de forma assíncrona, isto é, durante o processo de exportação é possível continuar a interagir com o *software Revit*, incluindo a alteração do próprio modelo BIM. De notar que só é possível iniciar o *plugin* quando o utilizador se encontra na *view 3D* do *Revit*, uma vez que, só assim a API pode aceder à informação geométrica dos elementos a exportar.

Terminada a exportação, como referido anteriormente, é possível abrir o *Unity* diretamente a partir do *Revit*, por forma a gerar o ambiente BIM-VR. Isto possibilita a criação de uma ligação entre os dois ambientes (BIM e BIM-VR), possibilitando a comunicação entre os dois. No futuro, esta ligação irá servir de base para o desenvolvimento de ferramentas que usufruam desta conexão, permitindo que alterações realizadas no ambiente BIM-VR sejam replicadas, de forma automática, no ambiente BIM.

4.2. Visualizador *Unity*

4.2.1. Criação do ambiente virtual

O ambiente *Unity* foi desenvolvido com o intuito de ser utilizado como sandbox para diferentes casos de uso. Neste sentido, a aplicação dever-se-á adaptar ao modelo importado, com a consciência de que todas as ferramentas disponibilizadas terão de funcionar com o elevado grau de especificidade e aplicabilidade dos diferentes modelos recebidos.

Paralelamente, foi realizado um esforço para que o visualizador fosse imersivo e visualmente apelativo, utilizando para isso o ficheiro MTL exportado, que disponibiliza as texturas a serem acrescentadas ao modelo para apresentação. Foi ainda considerada e incluída como predefinição a presença de um plano (caso este não seja incluído no modelo), que alicerça a personagem no ambiente, e de uma *skybox* interativa (conforme localização e horário). Toda a interface gráfica foi desenvolvida para proporcionar uma utilização intuitiva por parte de utilizadores menos experientes, sendo que as tipologias dos menus foram inspiradas naquelas habitualmente utilizadas em jogos.

4.2.2. Ferramentas Interativas

Dada a natureza multifacetada da aplicação desenvolvida, é essencial que a variedade de ferramentas disponibilizadas reflita esse objetivo. Assim, estas foram orientadas para a visualização e análise do modelo, tendo como objetivo base, colmatar lacunas presentes em *software* BIM – especificamente no que concerne a apresentação de uma perspetiva mais realista. Atualmente, encontram-se desenvolvidas as seguintes ferramentas:

- Diminuição de opacidade de elementos/fazer *highlight* para os realçar;
- Listagem de todos os elementos presentes no modelo 3D, ordenando-os por ID;
- Alteração da escala do modelo;
- Controlo do ciclo de dia/noite (localização da fonte de luz natural), incluindo a velocidade da passagem do tempo (ou paragem por completo do ciclo), a introdução de datas e horas específicas e a escolha de *presets* de estações do ano;
- Alteração da orientação do modelo e da sua localização geográfica (latitude e longitude);
- Visualização da informação geral do projeto (nome, localização, autor, entre outros);
- Aquisição, armazenamento e partilha de capturas da tela do ambiente no visualizador.

A estas funcionalidades acrescentam-se todas as mecânicas de controlo que permitem a navegação no ambiente, das quais se salientam a capacidade de voo e tele-transporte; a visualização de um mini mapa com a planta do edifício; e a capacidade de interação com elementos do modelo de forma realista (ex.: abertura de portas).

4.3. Launcher

A importância do *Launcher* advém da capacidade de fornecer controlo de versões e possibilitar o *download* de *updates* de forma automatizada. É também através deste que o utilizador escolhe o modelo a abrir, caso pretenda lançar o visualizador de forma independente do *Revit*.

Adicionalmente, o *Launcher* possibilita que vários utilizadores possam interagir em simultâneo no mesmo ambiente BIM-VR, permitindo a execução do mesmo em modo de anfitrião/cliente.

5. Caso de Estudo

Nesta secção é apresentado um caso de estudo com o intuito de validar a metodologia definida anteriormente. O caso de estudo foca a utilização das várias ferramentas desenvolvidas num contexto de design e/ou coordenação do projeto, possibilitando a navegação, visualização e interação com o ambiente BIM-VR.

Para isso, inicialmente foi necessário proceder à escolha do modelo BIM a ser utilizado. Por forma a garantir a replicabilidade dos resultados por outros utilizadores, identificou-se o modelo "*rac_advanced_sample_project*", disponível nas *samples* do *software Autodesk Revit*. Este modelo constitui um estabelecimento de ensino de 3 pisos (R/C incluído), de elevada área e volumetria, com um alto nível de complexidade geométrica e uma grande variedade de objetos e elementos construtivos.

Escolhido o modelo, seguiu-se a sua exportação utilizando o *plugin* desenvolvido para o propósito (Secção 4.1) e a sua abertura através do *Launcher* (intermediário escolhido neste caso de estudo). O resultado é uma réplica do modelo BIM no ambiente BIM-VR. As interfaces do *plugin* e do *Launcher* estão representadas na Figura 2, enquanto o ambiente BIM-VR encontra-se representado na Figura 3.

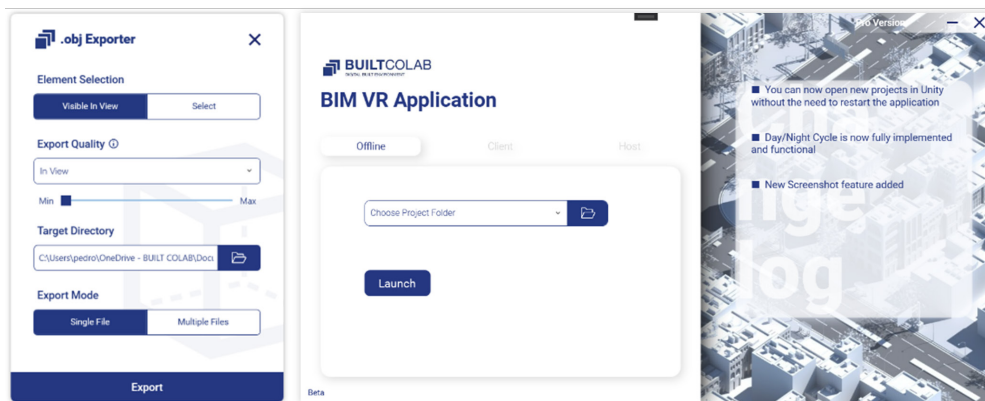


Figura 2
Interface do *plugin* (esquerda) e do *Launcher* (direita).

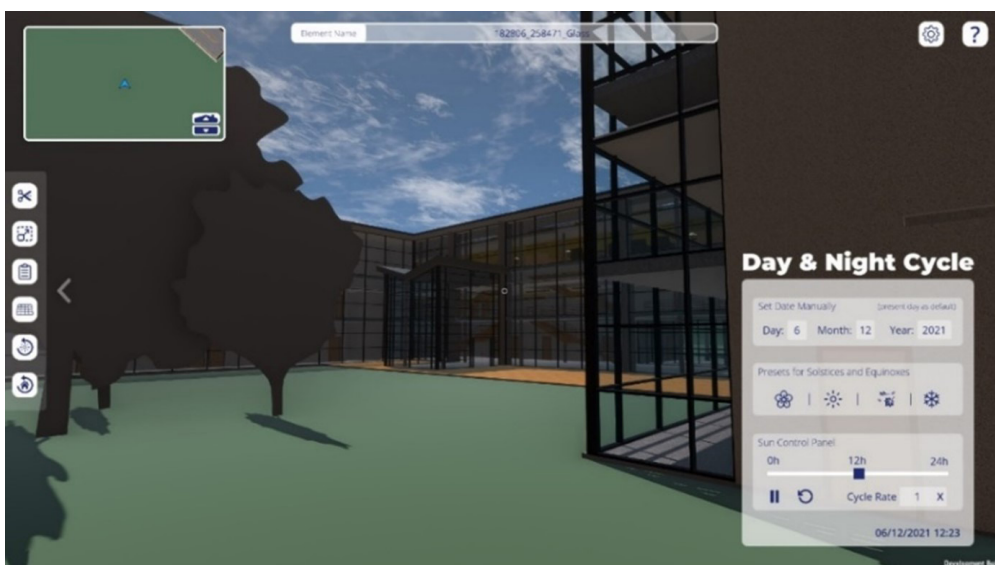


Figura 3
Ambiente BIM-VR obtido.

Aberto o visualizador, estão acessíveis ao utilizador todas as ferramentas que foram desenvolvidas para facilitar a análise e visualização do modelo. Na Figura 4 são representadas algumas das funcionalidades, enumeradas na Secção 4.2.2:

- (A) Realçar elementos através de um menu radial;
- (B) Alterar opacidade através da lista de objetos;
- (C) Capturar a tela/ecrã;
- (D) Controlar o ciclo de dia/noite, incluído todas as funcionalidades de manipulação do mesmo.

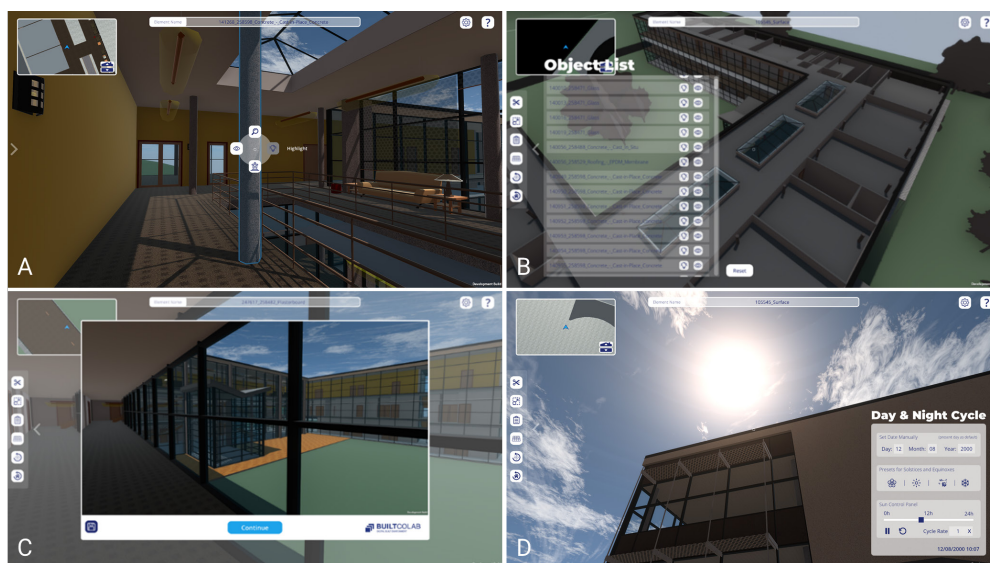


Figura 4
Exemplos de ferramentas desenvolvidas para o ambiente BIM-VR.

Através destas imagens, é ainda possível ter uma visão global do que foi implementado e da forma como foram planeadas a maioria das interações entre o utilizador e as ferramentas disponibilizadas.

Por fim, no desenrolar do caso de estudo foi possível identificar que todas as ferramentas se encontram devidamente implementadas, a funcionar corretamente e de acordo com o inicialmente planeado. Vídeos referentes às ferramentas desenvolvidas podem ser acedidos através dos seguintes links: <https://youtu.be/DkhEbyz492s> e <https://youtu.be/a1WRkIKgq2o> ou utilizando os códigos QR presentes na Figura 5.



Figura 5
Códigos QR para acesso aos vídeos das ferramentas desenvolvidas.

6. Conclusões

Outrora um setor conservador na sua recetividade a novas práticas e tecnologias, o setor AEC está neste momento melhor posicionado para a adoção de novos métodos de trabalho. Neste artigo, foi apresentada uma metodologia que considera as vantagens dos ambientes virtuais e da RV como auxiliar aos processos de visualização, planeamento e modelação BIM, com potencial de aplicação em múltiplos contextos do setor da Construção.

Durante a execução do projeto, as maiores dificuldades centraram-se no *plugin* de exportação, dada a sua importância no fluxo de trabalho proposto e a complexidade dos desenvolvimentos em causa. Foi necessária uma aprendizagem no que toca ao modo de funcionamento dos ficheiros OBJ, utilizados na exportação, nomeadamente na forma como guardam e organizam informação 3D. Outros problemas ainda enfrentados estão relacionados com a otimização das aplicações e o seu desempenho.

Trabalhos futuros envolvem a inclusão de ferramentas de colaboração, incluindo um modo cooperativo, onde vários utilizadores podem interagir, de forma simultânea, entre si e com o modelo, partilhando a mesma instância do visualizador. Acrescenta-se ainda o constante melhoramento das ferramentas já desenvolvidas, podendo ser adaptadas ao nível do seu funcionamento e da sua interface gráfica.

7. Agradecimentos

Este trabalho é cofinanciado pelo Fundo Social Europeu (FSE), através do Programa Operacional Regional do Norte (Norte 2020) e do Programa Operacional Regional de Lisboa (Lisboa 2020) [Referência de Financiamento: NORTE-06-3559-FSE-000176 e LISBOA-05-3559-FSE-000014].

Referências

- [1] P. Almeida et al., "Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology", 2016.
- [2] P. Bosch-Sijtsema et al., "The hype factor of digital technologies in AEC", *Construction Innovation*, 2021
- [3] D. Walasek and A. Barszcz, "Analysis of the Adoption Rate of Building Information Modeling [BIM] and its Return on Investment [ROI]", *Procedia Engineering*, 2017.
- [4] H. Kerosuo et al., "Challenges of the expansive use of Building Information Modeling (BIM) in Construction Projects", *Produção*, 2015.
- [5] A. Sidani et al., "Recent Tools and Techniques of BIM-Based Virtual Reality: A Systematic Review", *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2021.
- [6] F. M. Dinis et al., "Improving project communication in the architecture, engineering and construction industry: Coupling virtual reality and laser scanning", *Journal of Building Engineering*, 2020.
- [7] P. Puschmann et al., "Risk Analysis (Assessment) Using Virtual Reality Technology - Effects of Subjective Experience: An Experimental Study", *Procedia CIRP*, 2016.

- [8] L. Sanhudo et al., "Building information modeling for energy retrofitting – A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018.
- [9] M. Roupé et al., "Interactive navigation interface for Virtual Reality using the human body", *Computers, Environment and Urban Systems*, 2014.
- [10] T. Iachini et al., "Multisensory assessment of acoustic comfort aboard metros: A virtual reality study", *Applied Cognitive Psychology*, 2012.
- [11] D. Paes and J. Irizarry, "A Usability Study of an Immersive Virtual Reality Platform for Building Design Review: Considerations on Human Factors and User Interface", *Construction Research Congress*, 2018.
- [12] F. Pour Rahimian et al., "On-demand monitoring of construction projects through a game-like hybrid application of BIM and machine learning", *Automation in Construction*, 2020.
- [13] M. Gath-Morad et al., "Beyond the shortest-path: Towards cognitive occupancy modeling in BIM", *Automation in Construction*, 2022.
- [14] S. Azhar, "Role of Visualization Technologies in Safety Planning and Management at Construction Jobsites", *Procedia Engineering*, 2017.
- [15] Enscape3d.com, "Enscape™ – Real-Time Rendering and Virtual Reality", 2022. [Online]. Available: <http://enscape3d.com>.
- [16] Irisvr.com, "VR for Architecture, Engineering, and Construction", 2022. [Online]. Available: <http://irisvr.com>.
- [17] BIMCreators.nl, "BIM Creators BV – BIM voor alle technische installaties – BIM Creators BV", 2022. [Online]. Available: <http://bimcreators.nl>.
- [18] Y. C. Lin et al., "Integrated BIM, game engine and VR technologies for healthcare design: A case study in cancer hospital", *Advanced Engineering Informatics*, 2018.
- [19] V. Getuli et al., "BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach", *Automation in Construction*, 2020.
- [20] F. Pour Rahimian et al., "On-demand monitoring of construction projects through a game-like hybrid application of BIM and machine learning", *Automation in Construction*, 2020.
- [21] D. Fonseca et al., "Combining BIM systems and Video-Games engines in Educational Ephemeral Urban and Architectural Proposals", *PervasiveHealth: Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 2020.