

O MODELO

3D

ARQUITETÔNICO DIGITAL

aplicações alternativas e possibilidades de atuação para arquitetos



Bianca Silva Costa

O MODELO 3D ARQUITETÔNICO DIGITAL:

aplicações alternativas e possibilidades de atuação para arquitetos

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel(a) em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador(a): Maurício Leonard de Souza

Ouro Preto, MG
2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C837o Costa, Bianca Silva.

O modelo 3D arquitetônico digital [manuscrito]: aplicações alternativas e possibilidades de atuação para arquitetos. / Bianca Silva Costa. - 2022.

70 f.: il.: color..

Orientador: Prof. Me. Maurício Leonard Souza.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Arquitetura e Urbanismo .

1. Modelo 3D. 2. Arquitetura digital. 3. Arquitetos - Oportunidades de emprego. I. Souza, Maurício Leonard. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 72:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Bianca Silva Costa

O Modelo 3d Arquitetônico Digital: Aplicações Alternativas e Possibilidades de Atuação para Arquitetos

Monografia apresentada ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Graduação

Aprovada em 26 de Outubro de 2022

Membros da banca

Mestre - Mauricio Leonard de Souza) - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutora - Cláudia Maria Arcipreste - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor - Guilherme Nunes Vasconcelos - Universidade Federal de Minas Gerais

Maurício Leonard de Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/12/2022



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Leonard de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/12/2022, às 18:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0440631** e o código CRC **88CC20E0**.

AGRADECIMENTOS

Coragem não significa ausência de medo, mas sim a capacidade de enfrentá-lo.

Durante minha jornada eu tive e ainda tenho muito medo. Eventualmente algum sintoma de insegurança é despertado em minha mente e para vencê-lo é preciso ter força. Força essa que às vezes vem de dentro, mas muitas vezes vem de fora; vem das pessoas que estão ao meu lado, que me apoiam, que me amam e que me reabastecem de energia. Estou realizando mais uma conquista, o objetivo de me formar na Universidade Federal está sendo alcançado. Mas essa conquista não é só minha, ela é de todos que me apoiaram, logo, faço questão de externar aqui meus agradecimentos.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, por serem um exemplo de caráter, ética, fé, paciência e empatia, vocês são as duas pessoas que eu mais sou grata de ter na vida, pois sem vocês eu jamais seria a pessoa que sou hoje. Gostaria de agradecer também ao meu namorado, André, por ser meu porto seguro, por me amar sem

julgamentos e por me garantir ótimas risadas. Aos meus irmãos, Renan e Mell, pelo suporte e parceria em todos os momentos. Aos meus amigos, Mariah, Briet, Thainá, Gustavo, Bruna e Suzanna, pelo acolhimento, pelo apoio e pelos conselhos. Hoje, eu me vejo mais forte que antes, não somente porque eu cresci como pessoa, mas porque eu criei laços fortes com pessoas incríveis, que me inspiram e me enchem de coragem para enfrentar meus medos. Agradeço, também, aos professores e profissionais da Universidade Federal de Ouro Preto, por possibilitarem minha formação, em especial ao professor Maurício Leonard, por orientar este trabalho! Obrigada a todos vocês, a Deus e ao universo!

Bianca Costa

RESUMO

Graças ao avanço e a popularização das tecnologias digitais, percebe-se uma ampliação no mercado de modelagem de blocos 3D que oferece ao público a possibilidade de desenvolver, comercializar e compartilhar diversos tipos de modelos, inclusive os arquitetônicos. Diante desse cenário, este trabalho final de graduação busca refletir, investigar e apresentar os modelos 3D arquitetônicos digitais, a expansão de seus domínios, algumas de suas aplicações e a contribuição oferecida pelo profissional de arquitetura ao mercado de modelagem 3D. O estudo, portanto, consiste em uma pesquisa exploratória que visa compreender o modelo arquitetônico como objeto digital autônomo e desvinculado da construção civil, bem como, refletir sobre o mercado de modelagem digital como uma das diversas possibilidades de atuação do arquiteto.

Palavras-chave: modelo 3D; modelagem digital; atuação do arquiteto; e aplicações alternativas.

ABSTRACT

Thanks to the advancement and popularization of digital technologies, it can be noticed that there has been an expansion in the 3D block modeling market that allows the public the possibility to create, sell and share various types of models, including architectural ones. Given this scenario, this final graduation work aims to reflect, investigate and present digital architectural 3D models, the expansion of their domains, some of their applications and the contribution offered by the architecture professional to the 3D modeling market. The study, therefore, consists of exploratory research that aims to understand the architectural model as an autonomous digital object, disconnected from the building industry, as well as to reflect on the digital modeling market as one of the several possibilities of the architect's performance.

Keywords: 3D model; digital modeling; the architect's performance; and alternative applications.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cúpula da catedral de Florença	12
Figura 2 - Modelo de Brunelleschi em madeira para a cúpula de Santa Maria del Fiore.....	13
Figura 3 - Ossuário de Azor	13
Figura 4 - Modelo com “Câmara Elevada” de Selemiyeh.....	14
Figura 5 - Modelo que reproduz com riqueza de detalhes a Igreja de Saint Maclou.....	14
Figura 6 - Modelo artesanal com função decorativa ou de souvenir que reproduz a igreja de Santa Maria del Fiore.....	15
Figura 7 - Modelo com função decorativa ou de souvenir que reproduz o Museu de Arte de São Paulo - MASP.....	15
Figura 8 - Estação de scanner 3D realizando o escaneamento das portas.....	17
Figura 9 - Processo de escaneamento 3D dos detalhes minuciosos das portas históricas.....	17
Figura 10 - Painel das portas históricas impresso na impressora 3D.....	18
Figura 11 - Cerimônia de inauguração das portas históricas restauradas.....	18
Figura 12 - Demonstração do software Sketchpad.....	20
Figura 13 - Demonstração do software Sketchpad.....	20
Figura 14 - Escaneamento da maquete primária representada através da nuvem de pontos, maquete digital e maquete física gerada pela fabricação digital.....	22
Figura 15 - Utilização do modelo 3D arquitetônico digital para fins militares.....	24
Figura 16 - Utilização do modelo 3D arquitetônico digital no STPLS+.....	25
Figuras 17 e 18 - Cenário digital de Wakanda no filme Pantera Negra.....	26
Figuras 19 e 20 - Animação Megalomania produzida pela Factory Fifteen.....	28
Figuras 21 e 22 - Animação PHOBOS produzida pela Factory Fifteen.....	28

Figura 23 - Cenário do jogo Assassin's Creed 2.....	29
Figura 24 - Visão externa da Catedral de Florença no jogo Assassin's Creed 2.....	30
Figura 25 - Visão interna da Catedral de Florença no jogo Assassin's Creed 2.....	30
Figuras 26 e 27 - Cúpula da Catedral de Florença na série da BBC, 'Italy 's Invisible Cities'.....	30
Figura 28 - Visualização através da realidade virtual da série 'Italy 's Invisible Cities'.....	31
Figura 29 - Modelo digital da Catedral de Florença concebido no software Blender, com capacidade para visualização em realidade aumentada e virtual, bem como impressão 3D.....	33
Figura 30 - Modelo digital da Catedral de Florença concebido no software 4D R20, com capacidade para visualização em realidade aumentada e virtual.....	33
Figura 31 - Modelo digital da Catedral de Florença disponível para visualização em realidade aumentada e virtual.....	34
Figura 32 - Modelo digital e modelo impresso da Catedral de Florença.....	34
Figura 33 - Modelo arquitetônico digital produzido pela BlockWorks no Minecraft.....	35
Figura 34 - Modelo arquitetônico digital que replica as características da Estação de Trem Etchū-Daimon.....	36
Figura 35 - Modelo arquitetônico digital que replica as características da Estação de Trem Etchū-Daimon.....	36
Figuras 36 e 37 - Demonstração de modelo 3D digital utilizada no vídeo de lançamento do metaverso pela empresa Meta.....	37
Figuras 38 e 39 - Modelo 3D arquitetônico digital utilizado como cenário no vídeo de lançamento do metaverso pela empresa Meta.....	38
Figura 40 - Primeira casa digital a ser vendida como NFT.....	39
Figura 41 - Visualização das obras arquitetônicas abordadas na série 'Italy 's Invisible Cities'.....	40
Figuras 42 e 43 - Demonstração da experiência imersiva na série 'Italy 's Invisible Cities'.....	41
Figura 44 - Versatilidade dos modelos 3D.....	42
Figuras 45 e 46 - Modelo arquitetônico Fungible Non-Fungible Pavilion.	44

Figura 47 - Galeria de arte digital NFTism.....	44
Figuras 48 e 49 - Galeria de arte digital NFTism.....	45
Figura 50 - Modelo 3D que reproduz a Catedral de Notre Dame, realizado pela equipe AGP.....	46
Figuras 51 e 52 - Exposição Freestyle no museu RIBA, em Londres.....	47
Figuras 53 e 54 - Simulação da arquitetura da Roma Antiga utilizada no vídeo de apresentação do Metaverso pela empresa Meta.....	48
Figuras 55 e 56 - Ponto comercial físico em Los Angeles e modelo 3D digital do GTA 5, respectivamente.....	49
Figura 57 - Cidade de Ohio representada no filme Jogador Nº 1.....	50
Figura 58 - Modelo 3D arquitetônico para a produção do filme Jogador Nº 1.....	50
Figura 59 - Igreja Matriz do Sagrado Coração de Jesus.....	51
Figuras 60 e 61 - Igreja Matriz do Sagrado Coração de Jesus e simulação 3D da igreja, respectivamente.....	52
Figura 62 - Cenário digital para compor animação da divulgação do estádio de futebol.....	52
Figura 63 - Modelo 3D do estádio de futebol divulgado para a Copa do Mundo de 2022.....	53
Figura 64 - Shopping digital Metajuku.....	53
Figura 65 - Simulação de cena do crime.....	54
Figuras 66 e 67 - Demonstração da conexão entre o modelo 3D digital que reproduz as características vindas de uma casa no meio material.....	56
Figuras 68 e 69 - Modelos arquitetônicos da comunidade imobiliária exclusiva The Row.....	59
Figuras 70 e 71 - Mobiliários 3D desenvolvidos para realidade aumentada.....	60
Figura 72 - Modelo arquitetônico projetado através da PCG.....	61

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
DA REPRESENTAÇÃO FÍSICA À DIGITAL.....	12
Modelos tridimensionais arquitetônicos físicos.....	12
Os dispositivos eletrônicos e a digitalização dos modelos tridimensionais.....	16
A modelagem 3D digital nos escritórios de arquitetura e os sistemas computacionais.....	20
APROPRIAÇÃO DO MODELO 3D ARQUITETÔNICO DIGITAL.....	24
Utilização dos modelos arquitetônicos por grandes empresas e instituições.....	24
Popularização dos modelos 3D arquitetônicos e aperfeiçoamento das plataformas de modelagem digital.....	32
APLICAÇÕES ALTERNATIVAS DOS MODELOS 3D ARQUITETÔNICOS DIGITAIS.....	40
Artística.....	43
Documentação e restauração de obras históricas.....	45
Educação e Profissionalização.....	47
Entretenimento.....	49
Pesquisa científica.....	51
Propaganda e divulgação.....	52
Segurança Pública.....	54
Outros.....	54
INVESTIGAÇÃO SOBRE OUTRAS POSSIBILIDADES DE ATUAÇÃO PARA ARQUITETOS.....	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS.....	65

INTRODUÇÃO

Os modelos tridimensionais, ou 3D, são representações em três dimensões de um referente qualquer, em escala reduzida, real, ou aumentada. Graças às inovações tecnológicas desenvolvidas durante a Terceira Revolução Industrial os modelos, que antes eram criados manualmente, puderam ser concebidos também através de dispositivos digitais, possibilitando transformações em diversas áreas como medicina, arquitetura, engenharia, cinema, design, arte, entre outras.

Na arquitetura, a chegada e consolidação dos equipamentos e tecnologias digitais permitiram a modelagem digitalizada de formas arquitetônicas, transformando os processos realizados em escritório e aproximando os arquitetos dos sistemas computacionais. A modelagem digital de blocos arquitetônicos não impactou somente a construção civil, como despertou o interesse das grandes empresas que ofereceram aos modelos aplicações alternativas, por exemplo: cenários digitais para produção cinematográfica e ambientes imersivos para treinamento e estudos militares.

A desvinculação do propósito de representar algo a ser construído concedeu ao modelo arquitetônico maior autonomia, permitindo a produção e o compartilhamento dos blocos arquitetônicos por diferentes grupos, como: artistas 3D; *environment designers*; *designers* de produção; *freelancers*; entre outros profissionais e amadores. Tamanha amplitude alcançada pela popularização da modelagem tridimensional e dos equipamentos de tecnologia digital forneceu ao público a possibilidade de interagir, desenvolver e até comercializar modelos arquitetônicos digitalmente como produtos digitais.

Atualmente é possível perceber a criação do bloco 3D arquitetônico por diferentes indivíduos ou empresas que utilizam do modelo para cumprir funções diversas nas mais variadas áreas. Nesse sentido, este trabalho busca pesquisar algumas áreas alternativas de aplicação do modelo arquitetônico, visando compreender a variedade de funções oferecidas aos blocos além da representação e visualização de uma obra a ser construída. O trabalho também busca investigar a contribuição oferecida pelos profissionais de

arquitetura ao mercado de modelagem tridimensional de blocos arquitetônicos digitais. Os objetivos da pesquisa, são:

- Apresentar brevemente a trajetória dos modelos arquitetônicos, buscando compreender o processo transacional da modelagem física à digital e sua inserção nos escritórios de arquitetura.
- Conhecer algumas das áreas de aplicação dos modelos 3D arquitetônicos e divulgá-las aos profissionais e estudantes de arquitetura, entre outros interessados, de modo a evidenciar o potencial e a versatilidade da modelagem digital.
- Investigar a contribuição oferecida pelo profissional de arquitetura ao mercado de modelagem 3D nas diferentes áreas de aplicação, buscando analisar outras possibilidades de atuação desvinculadas do caminho mais frequente adotado pelos arquitetos.

Em concordância com os três objetivos determinados, este trabalho pode ser melhor compreendido em três partes principais. A primeira delas, composta pelos capítulos iniciais, consiste numa pesquisa exploratória embasada na leitura de livros, artigos, monografias, teses e dissertações; com o propósito de entender o surgimento, avanço e atual popularização dos modelos tridimensionais arquitetônicos. Nessa etapa será introduzido o tema aos leitores, através de uma abordagem histórica dos modelos 3D, bem como do estudo das primeiras tecnologias digitais associadas à modelagem tridimensional que possibilitaram, com o passar dos anos, a popularização dos blocos 3D, ampliando suas aplicações.

A segunda etapa, por sua vez, tem o propósito de tornar visível a versatilidade dos modelos arquitetônicos digitais. Nela é apresentado algumas áreas alternativas de aplicação dos mesmos, tornando evidente a autonomia do bloco 3D arquitetônico em relação ao campo da construção civil. Além disso, essa parte também auxilia no entendimento acerca da atuação dos arquitetos no mercado da modelagem tridimensional digital visto que a análise das áreas de

aplicação proporciona uma melhor compreensão das funções, propósitos e potenciais associadas aos blocos, formas e espaços arquitetônicos 3D.

Por fim, a terceira e última etapa do trabalho consiste na investigação e reflexão acerca do papel desempenhado pelo arquiteto no mercado de modelagem de blocos digitais, visando compreender a atuação do profissional de arquitetura nas áreas de aplicação identificadas na pesquisa. Essa etapa, também, apresentará as considerações finais a respeito do trabalho, retomando os principais pensamentos e reflexões, estimulando novas reflexões atreladas ao tema e reconhecendo este estudo como passível de desdobramentos futuros.

Antes de iniciar o desenvolvimento do trabalho em questão, buscando auxiliar na compreensão do texto e evitar interpretações equivocadas, foram elencadas as definições dos principais termos abordados, são eles:

- **Físico:** qualquer coisa, meio, espaço ou objeto que pertença ao mundo material.

- **Digital:** qualquer coisa, dispositivo ou sistema que resulte do uso da tecnologia concebida através de dígitos.
- **Virtual¹:** qualquer coisa, significado, conceito, pensamento ou ideia que seja intangível e que resulte da representação mental, muitas vezes estimulada por conteúdos digitais ou objetos materiais, gerando uma experiência no campo imaterial ou experiência virtual.
- **Modelos:** devido a amplitude de significados dessa palavra, pode-se entender por modelo qualquer coisa que representa uma forma ou ideia. Pode ser utilizado como um exemplar do objeto a ser construído; pode ser entendido como réplica de algo já existente; ou pode ser algo que remete a uma forma ou elemento específico. Por exemplo, o modelo arquitetônico, que pode ser um protótipo que permite a visualização e estudo da obra a ser construída; pode ser uma réplica que se assemelha a uma edificação já existente; ou pode ser um objeto autêntico e autônomo que remete à forma arquitetônica; entre outras compreensões.

¹ Definição embasada no conceito de virtualização de Pierre Lévy.

- **Modelos tridimensionais arquitetônicos:** representação de qualquer objeto em três dimensões que remete ou representa a forma arquitetônica e é passível de receber funções diversas. Podem ser divididos em duas categorias: os físicos e os digitais.
 - **Modelos tridimensionais arquitetônicos físicos:** representação de qualquer objeto em três dimensões que remete ou representa a forma arquitetônica no meio físico.
 - **Maquetes arquitetônicas físicas:** representação de qualquer objeto em três dimensões que remete ou representa a forma arquitetônica no meio físico; com a função de servir como exemplo da obra a ser construída, possibilitando o estudo, a visualização, a compreensão e a materialização da ideia do arquiteto.
 - **Modelos tridimensionais arquitetônicos digitais:** representação de qualquer objeto em

três dimensões no meio digital que remete ou representa a forma arquitetônica.

- **Maquetes arquitetônicas digitais:** representação de qualquer objeto em três dimensões no meio digital que remete ou representa a forma arquitetônica; com a função de servir como exemplo da obra a ser construída, possibilitando o estudo, a visualização e a compreensão da ideia do arquiteto.

O propósito geral do trabalho, portanto, é investigar e apresentar aos arquitetos e estudantes outras possibilidades de atuação profissional que vão além do caminho mais frequente atrelado à construção civil. Sendo assim, após o esclarecimento dos principais termos e a apresentação dos objetivos, este trabalho expõe o principal questionamento que norteou o recorte desse assunto tão abrangente: em quais áreas alternativas os modelos 3D arquitetônicos digitais podem ser aplicados e qual contribuição o arquiteto oferece à esse vasto mercado de modelagem?

DA REPRESENTAÇÃO FÍSICA À DIGITAL

Modelos tridimensionais arquitetônicos físicos

Dentre os mais variados recursos manuais de expressão arquitetônica, a modelagem tridimensional física, bem como o desenho feito à mão, têm sido utilizados ao longo da história como instrumentos de compreensão, materialização das ideias e concepção da obra a ser construída. Essas duas formas de expressão, foram bastante desenvolvidas durante o Renascimento², momento em que houve uma alteração na função do arquiteto, segregando o trabalho braçal do intelectual (ARANTES, 2010).

Além da mudança no papel do profissional, foi gerado também, segundo Arantes (2010), um novo sistema de codificação e representação da arquitetura, inaugurado por Filippo Brunelleschi (1377-1446) e aperfeiçoado nos séculos seguintes. Esse sistema permitiu o desenvolvimento de alguns métodos de representação ainda muito populares na atualidade, como: plantas, elevações, cortes, modelos

² Movimento cultural, econômico e político, inspirado nos valores da Antiguidade Clássica. Surgiu na Itália no século XIV e se desenvolveu até o século XVII.

tridimensionais e, principalmente, perspectivas (LANCINI, 2014), que possibilitaram um grande salto na arquitetura por traduzir a tridimensionalidade do objeto ao plano bidimensional (BASSO, 2005).

Uma obra muito relevante que ilustra esse novo modo de representação e mostra o estudo da tridimensionalidade durante o Renascimento é o Duomo di Firenze (Figura 1), cúpula projetada para a Catedral de Florença – Santa Maria del Fiore, pelos arquitetos Brunelleschi e Lorenzo Ghiberti

(1378-1455). Nesse projeto, Brunelleschi utilizou maquetes arquitetônicas feitas de madeira (Figura 2) como ferramenta para permitir a compreensão das técnicas necessárias na execução, bem como o estudo estético e funcional da forma (BASSO, 2005).



Figura 1: Cúpula da catedral de Florença. Fonte: Murray, 1972, p.23, apud Basso, USP, 2005.



Figura 2: Modelo de Brunelleschi em madeira para a cúpula de Santa Maria del Fiore. Fonte: Million e Lampugnani, 1994, p.23, apud Basso, USP, 2005.

Foi durante o Renascimento que o modelo tridimensional arquitetônico físico ganhou a função de maquete, passando a ser utilizado como forma de representação e visualização do objeto a ser construído; permitindo a análise estética e métrica em escala (KOSTOF, 1977, apud BASSO, 2005). As maquetes eram, durante o período renascentista, uma das principais formas de representação de uma ideia arquitetônica, de acordo com Farrelly (2011 apud CAMPOS, 2018). Segundo a autora, esses modelos possibilitam a expressão da ideia arquitetônica de uma maneira mais acessível, permitindo o

entendimento didático da obra a ser construída (FARRELLY, 2011 apud CAMPOS, 2018).

Contudo, os modelos arquitetônicos físicos nem sempre desempenharam a função de maquete. Esses objetos tiveram sua função ressignificada ao longo da história, passando a cumprir papéis diversos no decorrer dos séculos. Na antiguidade, conforme Rozestraten (2003), a ideia de modelo muitas vezes era associada às funções: utilitária, simbólica, memorial, ritualística, entre outras. Um



exemplo disso é o ossuário de Azor (Figura 3), objeto datado de 4000 a.C., que tinha função utilitária de armazenar ossos (ROZESTRATEN, 2003), funcionando como uma espécie de urna.

Figura 3: Ossuário de Azor. Fonte: Rozestraten, USP, 2003.

Apesar dos ossuários serem objetos com forma arquitetônica sendo, portanto modelos arquitetônicos, estes não desempenhavam a função de representar algo a ser construído, eles eram a coisa em si, feitos em escala real, com dimensões que podiam chegar a 70 cm de largura, 30 cm de profundidade e 60 cm de altura (ROZESTRATEN, 2003). Outro uso dos modelos arquitetônicos tridimensionais físicos era o ritualístico, provavelmente utilizados como pequenos altares ou suporte de oferendas em cultos domésticos (ROZESTRATEN, 2003), como é o caso do modelo de Selemiyeh (Figura 4). Esse objeto, encontrado na Síria, foi produzido em 1300 a.C. e possui as seguintes dimensões: 27 cm de largura, 54 cm de profundidade e 42 cm de altura (ROZESTRATEN, 2003).

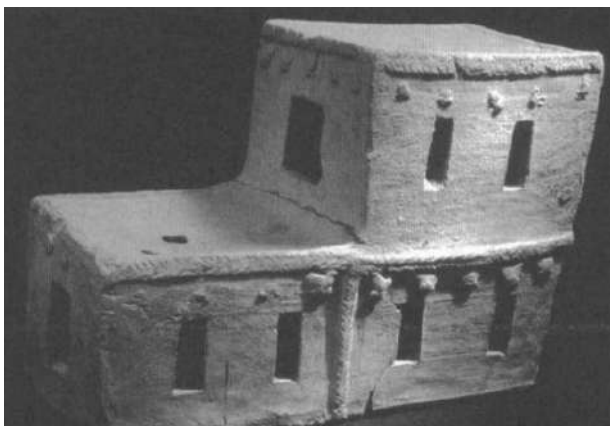


Figura 4: Modelo com “Câmara Elevada” de Selemiyeh. Fonte: Rozestraten, USP, 2003.

Além dessas aplicações, outra função interessante é a de memorial construtivo, como é o caso da Igreja de St. Maclou, que teve suas características góticas replicadas em um modelo (Figura 5) do século XV, possivelmente desenvolvido após a construção da própria, o que confirma a ideia de que não foi utilizado como objeto de auxílio para a execução da obra, mas sim como uma maneira de guardar a memória da igreja (KOSTOF, 1977 apud BASSO, 2005).



Figura 5: Modelo que reproduz com riqueza de detalhes a Igreja de Saint Maclou. Fonte: [Le modèle de l'église Saint-Maclou à Rouen - Persée \(persee.fr\)](https://www.persee.fr/doc/mon_1977_1_1) (acesso em 15/05/2022).

A partir desses exemplos, é possível observar que mesmo na antiguidade os modelos arquitetônicos tridimensionais eram aplicados em áreas variadas desvinculadas do propósito de servir como representação para a construção civil. Atualmente, durante o período contemporâneo, também é possível perceber, algumas dessas aplicações, que muitas vezes estão atreladas à produção artesanal e ao trabalho informal. Esses objetos materiais (Figuras 6 e 7) cumprem funções diversas como: decorativa, souvenir, entre outras; e assim como na antiguidade suas aplicações variadas muitas vezes não estão vinculadas à função de maquete.

Uma vez que percebe-se a autonomia do modelo arquitetônico físico em relação à representação de algo a ser construído, entende-se que, o mesmo pode assumir diferentes funções, de acordo com sua área de aplicação. Inclusive, em algumas dessas aplicações, fica evidente a falta de necessidade do arquiteto para a modelagem do objeto, como acontece na produção artesanal, por exemplo. Mas será que para os modelos 3D arquitetônicos digitais essas afirmações também são válidas?



Figura 6: Modelo artesanal com função decorativa ou de souvenir que reproduz a igreja de Santa Maria del Fiore. Fonte: <https://pt.aliexpress.com/item/1005002562306803.html> (acesso em 15/05/2022).

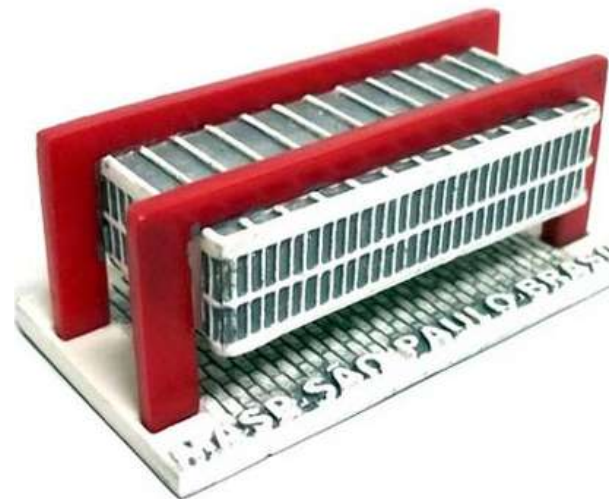


Figura 7: Modelo com função decorativa ou de souvenir que reproduz o Museu de Arte de São Paulo - MASP. Fonte: <https://www.saopaulo.com.br/de-sampa-gifts-facilita-a-compra-de-souvenirs-de-sao-paulo/> (acesso em 15/05/2022).

Os dispositivos eletrônicos e a digitalização dos modelos tridimensionais

Um período bastante significativo na história permitiu o surgimento de equipamentos que utilizam a tecnologia digital, possibilitando assim a digitalização dos modelos 3D arquitetônicos. Tal período ocorreu durante a Terceira Revolução Industrial, na segunda metade do século XX, quando houve o surgimento de uma série de dispositivos eletrônicos que impulsionaram o desenvolvimento de áreas como informática, eletrônica e robótica (DIAS, 2018). Dentre a ampla gama de equipamentos lançados nesse período, destaca-se nesta pesquisa as que mais se relacionam ao modelo tridimensional digital; são elas: o computador, o scanner 3D, a impressora 3D e os óculos de realidade virtual.

O primeiro e principal dispositivo que auxiliou o processo transacional da modelagem física à digital foi o computador, desenvolvido nos anos 1940, para finalidades militares (LAIGNIER, 2008). O potencial deste equipamento foi, já na década de 1960, explorado como ferramenta na produção arquitetônica (DOS SANTOS, 2010). Contudo, somente nos anos 1980, com o surgimento dos

computadores pessoais e barateamento do dispositivo, foi possível observar essa utilização mais difundida nos escritórios de arquitetura (DOS SANTOS, 2010), proporcionando maior agilidade e precisão no desenho.

O computador é um aparelho que permite possibilidades diversas ao usuário, principalmente quando é combinado a outros dispositivos eletrônicos, como por exemplo o scanner 3D. Essa máquina, desenvolvida nos anos 1960, facilita a compilação de dados do meio físico para o digital, medindo e registrando o formato de quaisquer objetos físicos. O equipamento, também, possibilita estudos aprofundados sobre o objeto, já que captura as informações com precisão milimétrica (WARDEN, 2009 apud VIZIOLI e SILVA, 2021). Tais informações obtidas através do sistema de escaneamento são interpretadas pelo computador como uma nuvem de pontos em três dimensões (VIZIOLI e SILVA, 2021), auxiliando, assim, a produção de modelos 3D.

A utilização conjunta do scanner 3D com o computador foi bastante explorada, por exemplo, em 2016 durante a primeira etapa de restauração das portas deterioradas do Batistério de Florença. Essa etapa inicial, que durou 10 dias

(MCMILLION, 2020), teve como principal objetivo digitalizar cada detalhe das portas históricas, através do escaneamento (Figuras 8 e 9) e da modelagem digital sem causar qualquer dano material às esquadrias. O projeto de restauração das portas datadas de 1329 e 1336 (ESSOP, 2020), utilizou o scanner 3D para auxiliar a modelagem tridimensional, traduzindo para o computador os objetos já existentes no meio material de maneira eficiente e refinada.



Figura 8: Estação de scanner 3D realizando o escaneamento das portas. Fonte: [14th century doors of the Florence Baptistery restored using 3D printing - 3D Printing Industry](#) (acesso em 15/05/2022).



Figura 9: Processo de escaneamento 3D dos detalhes minuciosos das portas históricas. Fonte: [14th century doors of the Florence Baptistery restored using 3D printing - 3D Printing Industry](#) (acesso em 15/05/2022).

Após a digitalização das portas foi realizada a segunda etapa do projeto, na qual foi utilizado outro dispositivo tecnológico, a impressora 3D. Esse equipamento permitiu a materialização de cada painel presente na esquadria (Figura 10), fazendo com que as informações computadorizadas voltassem a sua forma física em três dimensões (ESSOP, 2020). O processo de impressão 3D, é um método aditivo de fabricação digital baseado na criação sucessiva de camadas finas de um material, geralmente polímeros, permitindo a concepção do objeto físico utilizando parâmetros digitais.



Figura 10: Painel das portas históricas impresso na impressora 3D. Fonte: [Bringing an Italian 14th century bronze masterpiece back to life with Artec | Artec 3D Scanners Applications](#) (acesso em 11/09/2022).

Uma vez impressos, os painéis tiveram sua principal superfície coberta por camadas de silicone, permitindo a geração de moldes que receberam aplicação de bronze derretido. A impressão 3D, portanto, foi uma estratégia utilizada nesse projeto para possibilitar a criação de moldes físicos fiéis aos elementos originais, sem prejudicar os detalhes minuciosos da obra histórica (ESSOP, 2020).

O processo completo de restauração das portas do Batistério de Florença; disponível no link: [\(13\) Restauro e Replica della Porta Nord del Battistero di Firenze - YouTube](#) (acesso em 19/09/2022); teve duração de 3 anos e representa um exemplo de aplicação da tecnologia e da modelagem tridimensional em intervenções arquitetônicas. As portas finalizadas foram devolvidas ao Batistério e exibidas ao público em uma cerimônia de inauguração (Figura 11).



Figura 11: Cerimônia de inauguração das portas históricas restauradas. Fonte: [Bringing an Italian 14th century bronze masterpiece back to life with Artec | Artec 3D Scanners Applications](#) (acesso em 11/09/2022).

A modelagem digital no projeto apresentado teve como propósito inicial contribuir para a restauração das portas. Contudo, uma vez digitalizados, os modelos adquirem um vasto potencial de aplicação, permitindo usos que vão além do propósito inicial do projeto, graças à natureza digital desses modelos ou blocos, que possibilita uma expansão no potencial de aplicação, quando comparado aos modelos físicos.

Um desses potenciais é destacado por Andrea Barchi (2020, apud MCMILLION, 2020), integrante da equipe de restauro das esquadrias do Batistério de Florença. O profissional comenta que as portas podem ser impressas em escala reduzida, permitindo aos visitantes segurá-las e guardá-las como lembrança. Além disso, os modelos 3D podem ser comercializados e compartilhados globalmente, oferecendo ao público a possibilidade de adaptar e imprimir miniaturas das portas para usos diversos como chaveiro, souvenir, ou até mesmo imprimi-los em escala real de maneira fracionada, como por exemplo um painel das portas que pode servir como decoração de um ambiente no meio material.

Inclusive, outro potencial identificado por Barchi (2020, apud MCMILLION, 2020) para os blocos digitalizados no projeto de restauro é o de serem visualizados de maneira imersiva, através da realidade virtual. Essa aplicação possibilita a contemplação realista da obra histórica ao público que não tem acesso presencial à exposição na Itália. Tal experiência seria possível graças aos óculos de realidade virtual (RV), dispositivos que permitem a visualização imersiva de imagens geradas pelo computador, estimulando o imaginário do usuário (RODRIGUES e PORTO, 2013) e despertando sensações reais similares às provocadas pelo meio físico.

É possível perceber, portanto, que os aparelhos digitais intensificaram o potencial de aplicação dos modelos tridimensionais, possibilitando diferentes formas de modelagem, de visualização, de interação e de uso dos modelos 3D. Esses dispositivos foram gradualmente inseridos na sociedade, bem como nos escritórios de arquitetura, permitindo pouco a pouco o desenvolvimento de blocos arquitetônicos digitais, provocando, assim, uma aproximação entre os arquitetos e a modelagem 3D digital.

A modelagem 3D digital nos escritórios de arquitetura e os sistemas computacionais

Desenvolvidos em paralelo aos primeiros dispositivos de tecnologia digital, os sistemas computacionais surgiram no século XX, permitindo a criação dos primeiros programas de modelagem 3D. Embora não tenham sido desenvolvidos com o intuito de servirem para o campo da construção civil, os programas de modelagem digital conquistaram rapidamente seu espaço na engenharia e arquitetura, possibilitando a automação da prancheta de desenho, bem como a representação digital de ambientes, mobiliários e edificações.

Um dos mais relevantes sistemas computacionais criados nesse período foi o CAD (*Computer Aided Design* ou projeto auxiliado por computador, em português), que teve suas primeiras versões entre a década de 50 e 60 e permitiu a desenvolvimento dos primeiros *softwares* de representação tridimensional, como o Sketchpad. O programa, criado em 1963, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), possibilitou o desenho de linhas retas e círculos, por meio de uma caneta óptica aplicada sob a tela, gerando formas geométricas básicas em três dimensões (Figuras 12 e 13).

Além disso, o *software* ainda permitiu a visualização do desenho tridimensional em diferentes escalas, bem como a rotação do desenho tridimensional digital, garantindo a observação de todas as faces do objeto modelado.



Figura 12: Demonstração do software Sketchpad. Frame do vídeo disponível em: [\(38\) Ivan Sutherland Sketchpad Demo 1963 - YouTube](#) (acesso em 12/05/2022).

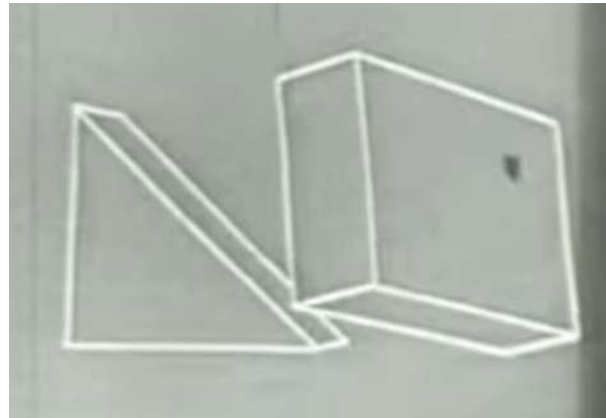


Figura 13: Demonstração do software Sketchpad. Frame do vídeo disponível em: [\(38\) Ivan Sutherland Sketchpad Demo 1963 - YouTube](#) (acesso em 12/05/2022).

Apesar de ser um software inovador, o Sketchpad não foi muito utilizado nos escritórios de arquitetura, ao contrário do AutoCAD, programa que também utiliza o sistema CAD e que foi altamente propagado na área da construção civil. A rápida popularidade do AutoCAD permitiu que o *software* alcançasse uma representação de 70% do mercado de programas computacionais de arquitetura (SENAGALA, 2003), partindo de 50 mil licenças vendidas em 1986 para 1,3 milhão em 1995 (ARANTES, 2010).

Uma grande potência dos programas que utilizam esse sistema é a capacidade de compatibilização entre os *softwares* de diferentes fornecedores (FERNANDES, PEREIRA E ISHIDA, 2013), facilitando o compartilhamento de arquivos. Outra característica relevante, segundo Jacobs (1991, apud FERNANDES, PEREIRA e ISHIDA, 2013), é a interface CAD, que permite a modificação de componentes em diferentes escalas, bem como a seleção e visualização simultânea de diversos elementos, garantindo o controle sobre o desenho. A flexibilização oferecida pelo modelo ou representação digital estimula a realização de testes, sendo um diferencial relevante quando comparado aos métodos

tradicionais de modelagem (JACOBS, 1991, apud FERNANDES, PEREIRA e ISHIDA, 2013). Todos esses aspectos presentes no sistema, bem como o barateamento do computador e dos *softwares* contribuíram para a inserção das ferramentas digitais nos escritórios de arquitetura, agilizando a concepção do projeto, aumentando a precisão do desenho e facilitando o compartilhamento de informações.

Contudo, apesar das vantagens apresentadas, é válido ressaltar que houveram perdas significativas no projeto arquitetônico durante o processo de digitalização. Os desenhos, que antes eram feitos a mão livre, agora são limitados aos cliques do mouse e aos comandos de teclado no CAD (FERRO, 1968 apud ARANTES, 2010), resultando em representações padronizadas. Compartilhando dessa ideia, o arquiteto Frank Gehry (2013) alerta sobre a redução da autenticidade do artista ao projetar pelo computador: “Você pode identificar um edifício Rhino³ - que não é um edifício de um artista, é um edifício Rhino.” (GEHRY, 2013, em entrevista para o Centro Canadense de Arquitetura)⁴.

³ Rhinoceros 3D é um *software* de modelagem tridimensional.

⁴ Fala original em inglês: “You can recognize a RHINO building - that’s not a building by an artist, it’s a RHINO building.”

Gehry (2013) afirma não projetar diretamente no computador; o arquiteto transmite as ideias iniciais dos projetos em modelos tridimensionais físicos e desenhos feitos à mão. Porém, dada a complexidade das formas concebidas em seu escritório, foram encontradas dificuldades na representação de algumas obras através do desenho manual (GEHRY, 2013, em entrevista para o Centro Canadense de Arquitetura). Para contornar o problema e possibilitar uma representação clara, que facilite a construção da obra, a equipe do arquiteto desenvolveu um método singular de concepção do projeto arquitetônico, combinando os modelos tridimensionais físicos aos digitais (ARANTES, 2010).

A contribuição significativa de Gehry e sua equipe ao mercado de modelagem digital foi possível graças ao programa CATIA (*Computer Aided Three-dimensional interactive application* ou aplicativo interativo tridimensional auxiliado por computador, em português), *software* capaz de criar malhas deformáveis através do desenho paramétrico, curvas de bézier e superfícies algorítmicas. O grande salto desse método (Figura 14) foi feito quando, somado a tecnologia de escaneamento 3D das maquetes físicas, as

informações de cada uma das superfícies do modelo físico eram digitalizadas de forma paramétrica no CATIA, armazenadas em um banco de dados e posteriormente o retornadas à sua forma física, através da fabricação digital (ARANTES, 2010).

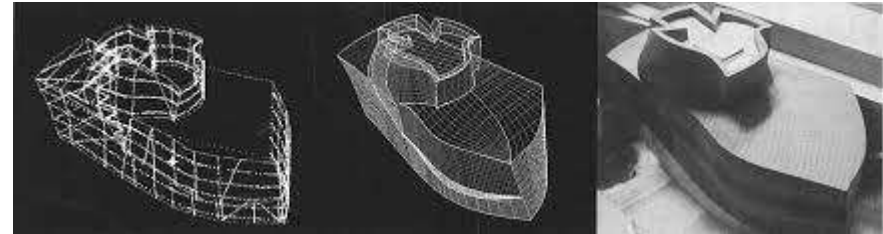


Figura 14: Escaneamento da maquete primária representada através da nuvem de pontos, maquete digital e maquete física gerada pela fabricação digital. Fonte: Kolarevic, 2003 apud Remi Groenendijk, 2019.

Esse sistema, que garante o abastecimento de informações, foi posteriormente chamado de BIM (*Building Information Modeling*, em inglês). O sistema BIM, diferente do CAD, permite a avaliação de desempenho e o estudo de informações, como: o tempo de vida útil da edificação, o desempenho energético, a incidência solar, a quantificação dos materiais, o orçamento da obra, a ordem de montagem recomendada para os elementos, entre outras análises (ARANTES, 2010).

De acordo com Vizioli e Silva (2021), o principal diferencial dos modelos gerados pelo sistema BIM para os demais modelos 3D digitais é a possibilidade de inserção de informação, o que significa, segundo Arantes (2010), uma mudança qualitativa na prática projetual. Tal avanço faz com que a modelagem deixe de ser centrada somente na elaboração de desenhos digitais, para alcançar um novo tipo de tratamento de informação, transformando o projeto em um banco de dados que permite análises complexas do objeto.

Associado às grandes empresas de desenvolvimento de *softwares* para a construção civil, o escritório Gehry and Partners foi um dos principais responsáveis pela criação e propagação da tecnologia digital aplicada à arquitetura (ARANTES, 2010). A empresa, que em 1989 concebia seus projetos através dos desenhos manuais e maquetes físicas, encontrou na representação digital uma forma eficaz de expressar e compreender os projetos (ARANTES, 2010), sem abandonar a produção de maquetes físicas para estudo da obra. De acordo com Arantes (2010), a trajetória de Gehry é o maior *case* de sucesso tecnológico na arquitetura, tanto que posteriormente o arquiteto ampliou seu negócio criando o

Gehry Technologies para promover o desenvolvimento de *softwares* voltados para a construção civil, permitindo que outros escritórios tivessem acesso às suas ferramentas digitais. Apesar dessa contribuição significativa do escritório de Gehry nos anos 1990, somente após um lançamento realizado pela Autodesk em 2002, o sistema BIM recebeu maior atenção pelos arquitetos, embora ainda não tenha se popularizado tanto quanto o sistema CAD (ARANTES, 2010).

A constante contribuição realizada pela indústria tecnológica, bem como a rápida concepção de projeto exigida pelo mercado, foram fatores que influenciaram a aproximação entre os arquitetos e a modelagem 3D. Atualmente, inclusive, é comum observar a presença dessas tecnologias não só nos ambientes profissionais de arquitetura, como também nas instituições de ensino dessa área. Contudo, apesar da familiarização com os modelos 3D digitais, a maior parte dos arquitetos utilizam essas ferramentas para representação e visualização da edificação a ser construída, muitas vezes sem explorar o vasto potencial dos modelos arquitetônicos em outras áreas do conhecimento. Mas então, quem explora o potencial de aplicação do bloco 3D arquitetônico?

APROPRIAÇÃO DO MODELO 3D ARQUITETÔNICO DIGITAL

Utilização dos modelos arquitetônicos por grandes empresas e instituições

Além da mudança na forma de conceber e visualizar as obras a serem construídas, o avanço tecnológico permitiu o uso dos modelos 3D arquitetônicos digitais em outros campos. O interesse nessa aplicação partiu inicialmente das grandes empresas e instituições, que por muitos anos foram as únicas capazes de comprar os equipamentos e licenças dos *softwares* de modelagem 3D. As grandes corporações, portanto, que dispunham de altos recursos financeiros foram as pioneiras nas utilizações alternativas do modelo arquitetônico, possibilitando aplicações desvinculadas do propósito de representar a edificação a ser construída, oferecendo ao modelo diferentes funções, como: cenários digitais para produções audiovisuais; ambientes interativos para jogos de videogame; ilustrações de documentários e séries; e até espaços imersivos e informativos para simulação, treinamento e estudos militares.

A área militar, inclusive, permitiu grandes contribuições aos sistemas computacionais e aos dispositivos digitais. Nesse campo, o modelo 3D arquitetônico (Figura 15) permite aplicações, como: o estudo do espaço para planejar estratégias eficientes de locomoção em combate; a identificação de aberturas e vãos nos prédios para facilitar uma possível intervenção; a simulação realista de ambientes de combate para treinamentos dos oficiais; e até mesmo a avaliação estimada do tempo de destruição de um edifício, de acordo com o instituto de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias criativas da Universidade do Sul da Califórnia.



Figura 15: Utilização do modelo 3D arquitetônico digital para fins militares.
Fonte: <https://ict.usc.edu/research/labs-groups/modeling-simulation/>
(acesso em 18/05/2022).

O grupo multidisciplinar do Instituto, além de utilizar o modelo 3D para cumprir as aplicações citadas, desenvolve também novas tecnologias, como: *softwares*, sistemas computacionais, experiências imersivas e conteúdos informativos associados aos modelos 3D para o Exército, Marinha e Corpo de Fuzileiros Navais.

Dentre os projetos realizados pela equipe de pesquisa, destaca-se o Sistema Semântico de Rotulagem de Pontos de Terreno, ou STPLS+ (Figura 16), que extrai informações do mundo físico e processa os dados semânticos, de modo a interpretar algumas propriedades e características das edificações físicas, transmitindo-as ao modelo digital. Tal processo possibilita a identificação de portas e janelas nas edificações e também diferencia materiais como vegetação ou alguns tipos de solo, auxiliando na logística de movimentação das tropas durante o combate. É possível perceber, portanto, que os investimentos possibilitados pelas instituições militares colaboram para o avanço tecnológico, bem como para aplicações alternativas do modelo 3D arquitetônico, permitindo novas descobertas no campo da modelagem digital.

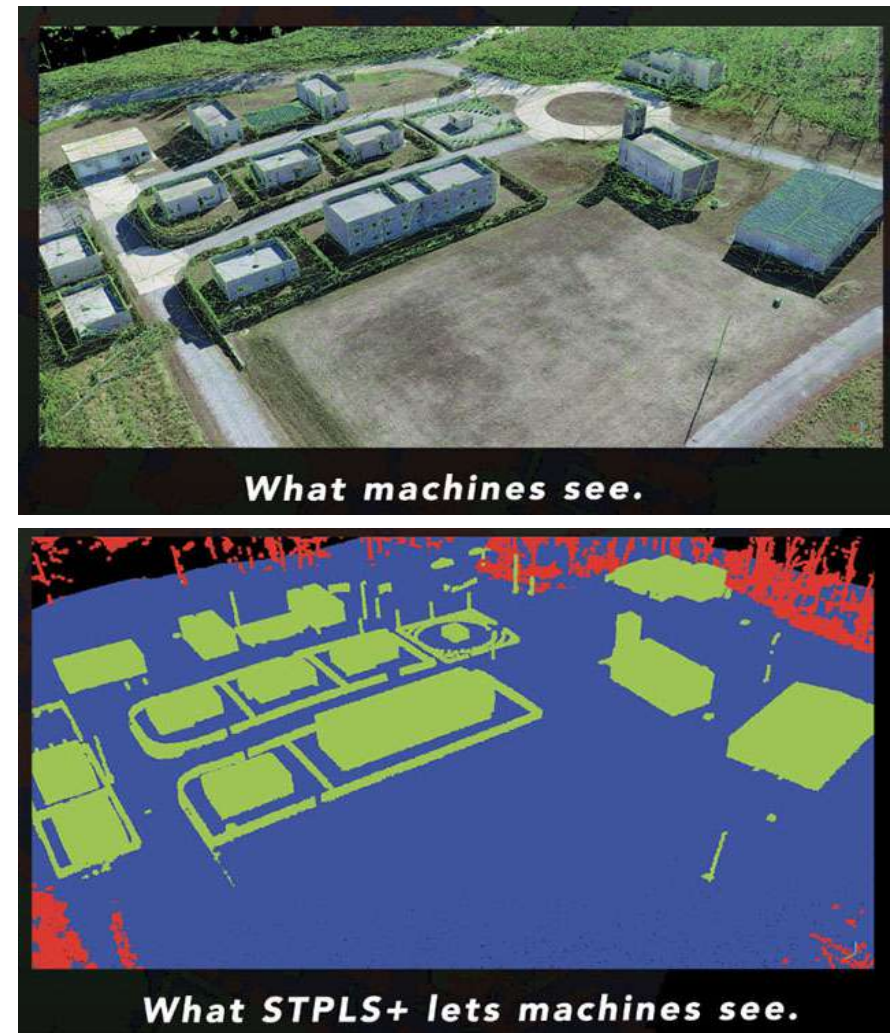


Figura 16: Utilização do modelo 3D arquitetônico digital no STPLS+.
Fonte: <https://ict.usc.edu/research/labs-groups/modeling-simulation/>
(acesso em 18/05/2022).

Outro indicador de apropriação do modelo 3D arquitetônico por áreas desvinculadas da construção civil é a sua aplicação na indústria cinematográfica. O interesse no bloco 3D arquitetônico nesse campo é dado principalmente pela necessidade de representação de cenários distópicos em grande escala, que não são facilmente produzidos no meio físico, como é o caso do reino de Asgard no filme Thor, das cidades representadas no filme “A origem”, bem como do país Wakanda no filme Pantera Negra (Figuras 17 e 18), entre outras grandes produções do cinema.

Nesse último caso, por exemplo, os modelos 3D arquitetônicos do país fictício Wakanda foram utilizados para ilustrar uma paisagem irreal e auxiliar a narrativa do enredo. Nesse filme, fica evidente a relevância da representação arquitetônica digital para a indústria cinematográfica, uma vez que reproduzir esse cenário em meio físico seria extremamente custoso, trabalhoso e exigiria muito tempo. As grandes produções do cinema, inclusive, incentivaram profissionais como *environment designers* e artistas 3D que puderam especializar-se na modelagem de cenários digitais.



Figuras 17 e 18: Cenário digital de Wakanda no filme Pantera Negra.
Fonte: [Arquitetura e paisagem no universo cinematográfico da Marvel | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 07/09/2022).

Além do incentivo aos *designers* 3D, a utilização dos ambientes arquitetônicos pela indústria cinematográfica também permitiu que alguns arquitetos pudessem desprender-se da aplicação mais frequente adotada nos escritórios, contribuindo com o conhecimento adquirido na faculdade em produções audiovisuais. Um exemplo disso é a Escola de arquitetura de Bartlett, situada na *University College London*, que possibilitou a formação do Unit, um grupo que visa explorar a ligação entre arquitetura e a produção audiovisual digital. Tal relação foi uma progressão natural desde que os arquitetos começaram a desenhar digitalmente, conforme afirma uma das tutoras da escola, Penelope Haralambidou (2015, em entrevista para a BBC).

Compartilhando da mesma ideia, o diretor executivo do Royal Institute of British Architects - RIBA, Adrian Dobson (2015, em entrevista para a BBC), acredita que a conexão entre arquitetura e o cinema é possibilitada graças à semelhança dos *softwares* utilizados nas duas áreas. O diretor (2015) ainda afirma que a transição de carreira entre os dois campos do conhecimento é fomentada pela dificuldade de inserção no mercado arquitetônico,

principalmente, para os recém-formados no curso, que muitas vezes necessitam da flexibilização de suas habilidades para darem início à vida profissional e encontram na produção audiovisual uma forma de aplicação das habilidades arquitetônicas (DOBSON 2015, em entrevista para BBC).

O escritório Factory Fifteen, fundado em 2011 por três arquitetos graduados em Bartlett, exemplifica essa possibilidade de inserção do profissional de arquitetura no mercado cinematográfico. O escritório, que já produziu animações para grandes marcas como Fórmula 1 e Samsung, utiliza em algumas de suas produções o modelo 3D arquitetônico digital como cenário para compor uma animação, ou até mesmo como o assunto principal do conteúdo abordado. Em uma de suas animações, chamada de Megalomania, a equipe busca representar a cidade em processo de construção, inacabada, e depredada, gerando uma crítica ao Estado da infraestrutura e do capital (Figuras 19 e 20). Nesse caso, o modelo arquitetônico é o foco principal da produção e cumpre o propósito de transmitir uma mensagem de maneira didática ao telespectador.



Figuras 19 e 20: Animação Megalomania produzida pela Factory Fifteen. Frame do vídeo disponível em: www.factoryfifteen.com/project/megalomania (acesso em 17/05/2022).

Em outra animação, realizada pelo mesmo escritório, o modelo arquitetônico tem a função de compor um cenário digital para fins comerciais e publicitários. A produção audiovisual, que recebeu o nome de PHOBOS, ilustra uma

cidade conectada por cabos (Figuras 21 e 22), oferecendo ao modelo arquitetônico o propósito de auxiliar na divulgação e no lançamento do software de música BT Phobos.



Figuras 21 e 22: Animação PHOBOS produzida pela Factory Fifteen. Frame do vídeo disponível em: www.factoryfifteen.com/project/phobos (acesso em 17/05/2022).

Essas duas produções apresentadas confirmam a ideia de aplicação dos modelos tridimensionais arquitetônicos cumprindo funções desconectadas do papel de maquete e ainda mostram que é possível a utilização das habilidades e dos conhecimentos arquitetônicos em áreas atreladas à digitalização e à modelagem 3D.

Além da indústria cinematográfica, o mercado de jogos digitais também apropriou-se dos modelos arquitetônicos 3D para compor suas produções, um exemplo disso é a empresa Ubisoft, criadora do jogo *Assassin's Creed 2* (Figura 23). A produção, que contou com o auxílio da professora de arquitetura Maria Elisa Navarro (SAGA, 2015), utilizou os blocos arquitetônicos para compor os cenários do jogo. A arquiteta desempenhava a função de supervisionar o desenvolvimento da modelagem, através da análise das características históricas, como detalhes ornamentais ou aspectos construtivos, das cidades renascentistas recriadas no projeto (SAGA, 2015). A contribuição de Navarro indica a relevância do arquiteto na modelagem 3D, visto que ela tinha a função de assessorar a equipe de modelagem, garantindo a coerência histórica ao cenário do jogo (SAGA, 2015).



Figura 23: Cenário do jogo *Assassin's Creed 2*. Fonte: [María Elisa Navarro, a arquiteta que supervisionou o desenvolvimento de Assassin's Creed II | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 16/05/2022).

Uma vez que o formato do jogo é de mapa aberto, o jogador tem a possibilidade de explorar cidades como Florença, Veneza ou San Gimignano, replicadas para a produção (SAGA, 2015). Inclusive, uma das obras presentes na produção é a Catedral de Florença – Santa Maria del Fiore (Figura 24), que possibilita a entrada do personagem na representação digital da cúpula projetada por Brunelleschi (Figura 25), obra já citada anteriormente no trabalho, mostrando como o modelo arquitetônico digital pode permitir uma experiência interativa ao jogador, auxiliando a narrativa da produção e aproximando o público do modelo 3D.



Figura 24: Visão externa da Catedral de Florença no jogo Assassin's Creed 2. Fonte: [Santa Maria del Fiore | Assassin's Creed Wiki | Fandom](#) (acesso em 16/05/2022).



Figura 25: Visão interna da Catedral de Florença no jogo Assassin's Creed 2. Frame do vídeo disponível em: [Assassin's Creed 2 - Santa Maria del Fiore : complete Solution with secret places! HD - YouTube](#) (acesso em 16/05/2022).

A mesma cúpula também foi replicada digitalmente em outra grande produção: a série de TV *'Italy 's Invisible Cities'*, da BBC One (Figuras 26 e 27).



Figuras 26 e 27: Cúpula da Catedral de Florença na série da BBC, *'Italy 's Invisible Cities'*. Frame do vídeo disponível em: [Italy's Invisible Cities | BBC \(scanlabprojects.co.uk\)](#) (acesso em 16/05/2022).

A modelagem 3D na série teve como objetivo permitir a visualização digital de elementos de difícil acesso no meio físico. Os modelos arquitetônicos (Figura 28), que reproduzem edificações das cidades de Veneza, Nápoles e Florença, foram criados através do sistema de escaneamento 3D, garantindo o mapeamento minucioso das obras históricas. A série, também, possibilita a interação do público com os modelos de maneira passiva, através das telas, ou de maneira imersiva, através dos óculos de realidade virtual.

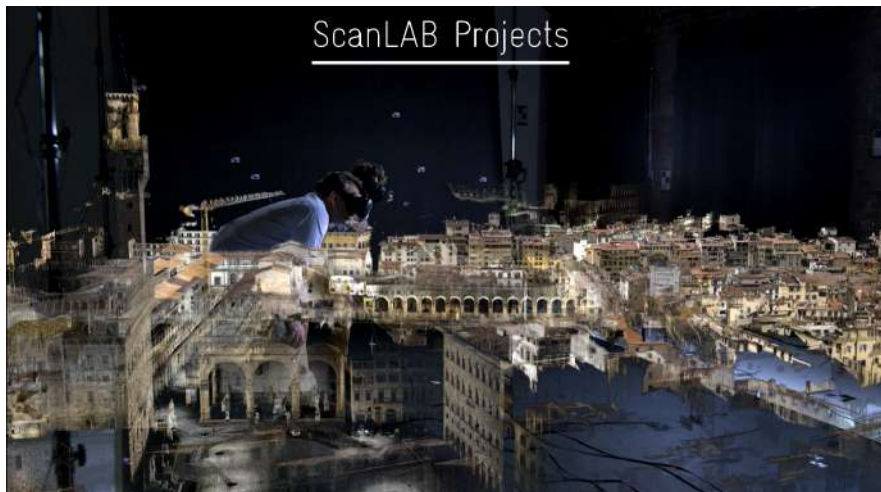


Figura 28: Visualização através da realidade virtual da série *'Italy's Invisible Cities'*. Frame do vídeo disponível em: [Italy's Invisible Cities | BBC \(scanlabprojects.co.uk\)](https://www.bbc.com/news/technology-58111111) (acesso em 16/05/2022).

Nesse sentido, é possível perceber que a utilização dos modelos arquitetônicos pelas áreas que detêm altos recursos financeiros colaborou para a popularização dessa ferramenta, permitindo que o público pudesse visualizar, interagir e se interessar pelos blocos digitais. O despertar desse interesse atrelado ao avanço das tecnologias digitais, fez com que os modelos arquitetônicos passassem a não depender de programas com custo elevado, de equipamentos sofisticados, ou de profissionais super capacitados para serem gerados.

Tal processo, ofereceu ao público a possibilidade de modelar digitalmente, provocando, assim, a popularização do modelo 3D, vista por alguns arquitetos como vantajosa, uma vez que amplia as possibilidades e incentiva a criação e interação com os modelos arquitetônicos digitais ao público.

“Há poder em uma multidão que permite explorar um universo de possibilidades no design muito mais rápido e com bem menos limitação do que apenas um designer é capaz”⁵. (SÁNCHEZ, 2022, em entrevista para Metropolis)

⁵ Fala original em inglês: “There’s power in a crowd to explore a space of possible designs way faster and with less bias than one designer.”

Popularização dos modelos 3D arquitetônicos e aperfeiçoamento das plataformas de modelagem digital

A popularização dos equipamentos de tecnologia digital permitiu que qualquer usuário modele ou interaja digitalmente com os blocos, possibilitando a propagação dos modelos 3D. Tal acontecimento foi possível graças a alguns fatores, como: o barateamento do computador pessoal; o aperfeiçoamento das interfaces; a disponibilização de instruções acessíveis na internet e o surgimento de bons *softwares* gratuitos de modelagem tridimensional. Um exemplo disso é o Blender, programa fundado em 1995 e disponibilizado gratuitamente em 2002. O *software* conta com o patrocínio de grandes marcas como Adidas, Epic Games e NVIDIA e também recebe melhorias pelos próprios usuários, por possuir código fonte aberto, concedendo a permissão para qualquer pessoa fazer aprimoramentos e publicações dessas novas versões do programa.

No entanto, apesar dessas constantes melhorias e da gratuidade do *software*, sua interface é considerada complexa quando comparada a de outros programas de modelagem 3D, como é o caso do SketchUp, programa muito

popular no Brasil graças a sua interface facilitada que auxilia a modelagem. Apesar da sua popularidade, o *software* deixou de ser gratuito no país há alguns anos (CAU/DF⁶, 2019) e atualmente é comercializado pelo valor anual de mais de dois mil reais. O custo elevado da licença levou muitos usuários, incluindo estudantes e profissionais já formados, a utilizarem o programa de maneira ilegal, através da pirataria, contribuindo para a popularização da modelagem 3D, mesmo que de maneira indevida.

Diante dos mais variados *softwares* presentes no mercado, bem como dos tutoriais disponíveis na *internet* ensinando a utilizá-los, é possível perceber o aumento no número de modelos sendo criados, compartilhados e comercializados. Um exemplo disso são as diversas versões da Catedral de Florença – Santa Maria del Fiore (Figuras 29, 30, 31 e 32), obra citada anteriormente, modeladas por diferentes criadores, em diferentes programas e compartilhadas em diversas plataformas digitais. Essa variedade de versões do mesmo modelo exemplifica a ampliação ocorrida no mercado de modelagem 3D.

⁶ Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Distrito Federal



Figura 29: Modelo digital da Catedral de Florença concebido no *software* Blender, com capacidade para visualização em realidade aumentada e virtual, bem como impressão 3D.

Modelado por: Asensio Peris, artista freelancer.

Disponível na plataforma CG Trader no valor de 8,90 dólares.

Fonte: [3D_model_Florence_Cathedral-Santa_Maria_del_Fiore_VR_/AR_/low-poly|CGTrader](#) (acesso em 22/05/2022).



Figura 30: Modelo digital da Catedral de Florença concebido no *software* 4D R20, com capacidade para visualização em realidade aumentada e virtual.

Modelado por: Multimedia 4D Animation Studio.

Disponível na plataforma 3DOcean no valor de 23,00 dólares.

Fonte: [Florence_Cathedral_Landmark_by_multimedia4d|3DOcean](#) (acesso em 22/05/2022).



Figura 31: Modelo digital da Catedral de Florença disponível para visualização em realidade aumentada e virtual.

Modelado por: Mohamed Hussein, arquiteto e artista 3D.

Publicado na plataforma Sketchfab.

Fonte: [Cathedral Of Santa Maria Del Fiore - 3D model by mohamedhussien \(@mohamedhussien\) \[c4d456d\] \(sketchfab.com\)](https://sketchfab.com/mohamedhussien/c4d456d) (acesso em 22/05/2022).



Figura 32: Modelo digital e modelo impresso da Catedral de Florença.

Modelado por: MiniWorld 3D, estúdio com mais de 43 designers e artistas digitais, fundado por Dany Sanchez.

Disponível para download na plataforma MyMiniFactory.

Fonte: [3D Printable Florence Cathedral by MiniWorld3D \(myminifactory.com\)](https://myminifactory.com/3D-Printable-Florence-Cathedral-by-MiniWorld3D) (acesso em 22/05/2022).

O compartilhamento e a venda de modelos *online* indicam que a popularização permitiu a ampliação do alcance dos blocos 3D, possibilitando a apropriação desses blocos por usuários que não possuem a habilidade de modelar. Também, vale ressaltar a comercialização dos mobiliários 3D entre outros blocos vinculados ao espaço arquitetônico, que também contribuíram para a ampliação desse segmento.

Além da modelagem 3D nos *softwares*, é válido ressaltar também a relevância dos jogos, como The Sims, Sim City e Minecraft (Figura 33), entre outros que possibilitam a criação de blocos arquitetônicos digitais. Tais jogos contribuem para despertar o interesse nos usuários, como afirma James Delaney: "Enquanto os arquitetos de hoje cresceram brincando com LEGO, não tenho nenhuma dúvida que a próxima geração terá crescido jogando Minecraft" (DELANEY, 2016, em entrevista para Autodesk 's Line).



Figura 33: Modelo arquitetônico digital produzido pela BlockWorks no Minecraft. Fonte: [Como o Minecraft está inspirando a próxima geração de jovens arquitetos | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 27/05/2022).

O arquiteto James Delaney é diretor e fundador do Blockworks, uma equipe de modelagem e animação, que em 2016 contava com 41 produtores de modelos arquitetônicos 3D no Minecraft. Blockworks mostra que os jogos digitais podem introduzir os jovens no mercado de modelagem de arquitetura, através do contato lúdico com o modelo 3D.

"As pessoas têm que parar de pensar nisso como um jogo. É uma ferramenta de CAD, e como tal, é a mais amplamente usada em todo o mundo. Estamos ansiosos para diminuir as lacunas entre o projeto e a realidade." (DELANEY, 2016, em entrevista para a Autodesk 's Line).

O aperfeiçoamento dos programas de modelagem tridimensional, bem como a melhoria nos *softwares* de renderização possibilitam atualmente a criação de blocos arquitetônicos realistas e muito similares aos presentes no mundo físico, como é o caso do modelo criado por Lorenzo Drago, em 2022 (Figuras 34 e 35). O bloco, modelado através do Blender, para replicar digitalmente uma estação de trem japonesa, mostra o potencial da modelagem digital produzida na atualidade, que muitas vezes pode confundir o observador, dificultando a diferenciação entre uma edificação física e um modelo digital.



Figura 34: Modelo arquitetônico digital que replica as características da Estação de Trem Etchū-Daimon. Fonte: [ArtStation - Etchū-Daimon Station - Unreal 5 environment](#) (acesso em 23/05/2022).

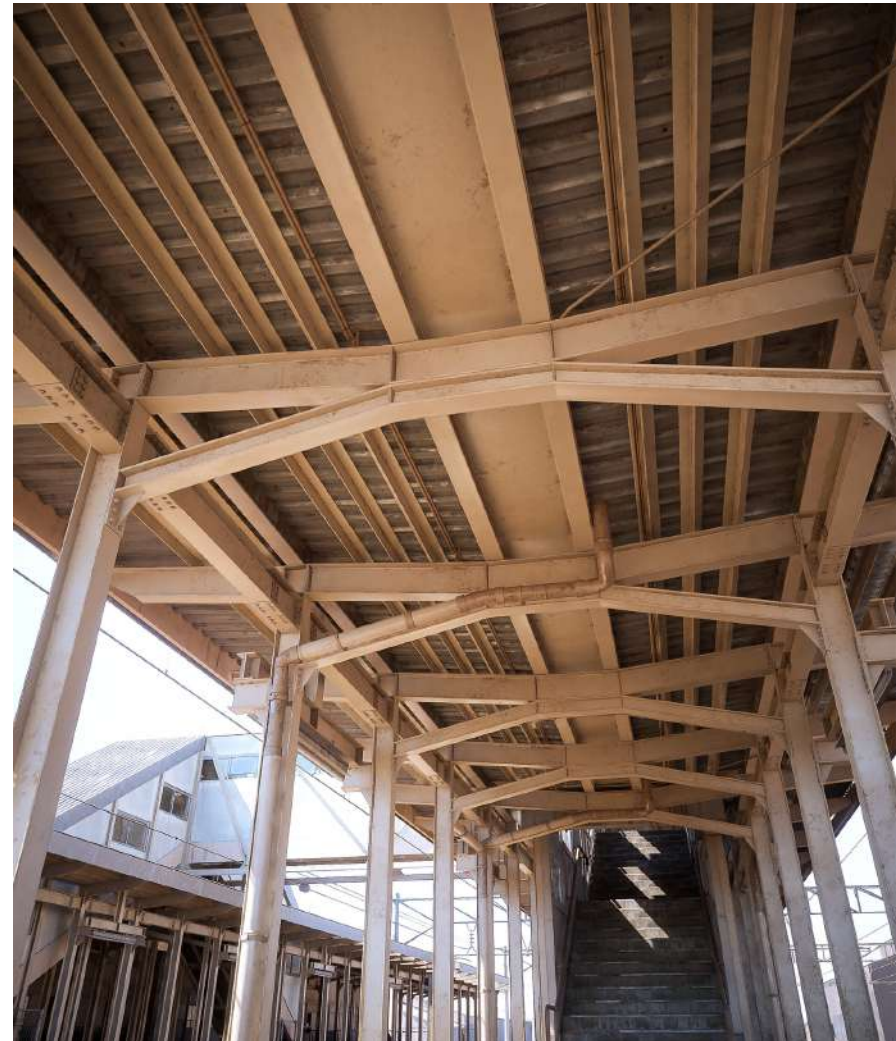


Figura 35: Modelo arquitetônico digital que replica as características da Estação de Trem Etchū-Daimon. Fonte: [ArtStation - Etchū-Daimon Station - Unreal 5 environment](#) (acesso em 23/05/2022).

O avanço tecnológico da contemporaneidade possibilita cada vez mais a representação realista dos modelos 3D, estreitando os limites entre o meio físico e o digital. Compartilhando dessa ideia, um lançamento realizado em 2021 pela empresa Meta, antigo Facebook, promete tornar a relação entre os dois meios ainda mais próxima, através dos óculos de realidade virtual e dos hologramas, numa tentativa de proporcionar ao usuário uma experiência única e imersiva, gerada no metaverso.

Prevista para ter seu funcionamento mais estabelecido nos próximos 10 anos (ZOMPERO, 2022), a proposta de metaverso defendida por Mark Zuckerberg pode ser definida como um espaço aberto e virtual que permite maior interação entre usuários e ambientes digitais, jogos, lojas, entre outras inúmeras possibilidades que podem relacionar as ações realizadas no meio digital, com as do meio material, através da realidade mista⁷ ou aumentada⁸, como mostram as imagens a seguir (Figuras 36 e 37):

⁷ Tecnologia que mescla elementos do mundo material com os da realidade virtual.

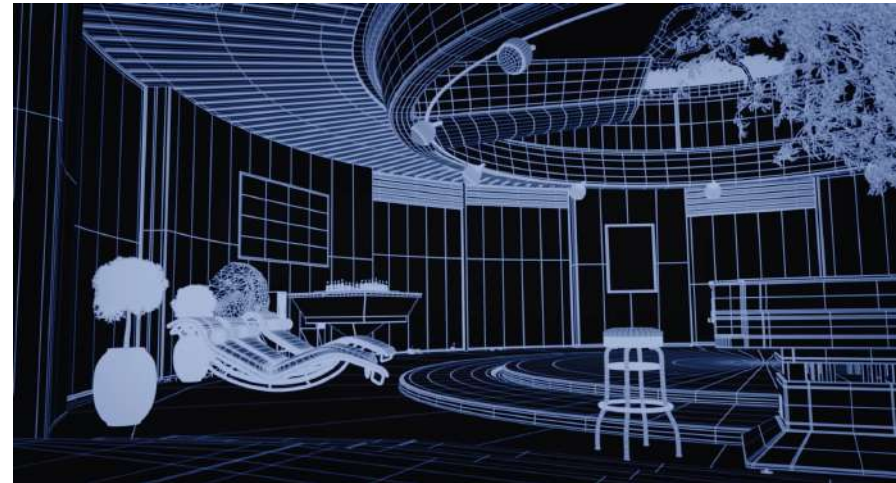
⁸ Tecnologia que permite sobrepor elementos digitais à nossa visão da realidade.



Figuras 36 e 37: Demonstração de modelo 3D digital utilizada no vídeo de lançamento do metaverso pela empresa Meta. Frame do vídeo disponível em: [\(2\) The Metaverse and How We'll Build It Together -- Connect 2021 - YouTube](#) (acesso em 24/05/2022).

A proposta de metaverso, pela empresa Meta, foi lançada durante a pandemia do COVID-19, atraindo os olhares da população e das grandes marcas para os espaços projetados digitalmente. Nesse período, por conta da quarentena, foi possível observar pela primeira vez as tecnologias digitais sendo uma alternativa sólida para a execução de muitas tarefas, conforme afirma Arlindo Oliveira (2020). A digitalização acelerada pelo Coronavírus impactou diversas áreas e permitiu a validação dos processos *online*, intensificando o interesse do público nos produtos digitais.

De acordo com Vishal Shah (2021), um dos desenvolvedores da Meta, os produtos digitais, possibilitados pelos criadores de produtos e prestadores de serviços *online*, são um grande pilar para a consolidação do metaverso. Dentre esses criadores encontram-se os desenvolvedores de objetos e espaços digitais (Figuras 38 e 39) que contribuem para a modelagem de ambientes, fazendo do modelo 3D arquitetônico um produto digital, passível de ser vendido, cobijado, leiloado ou compartilhado por diferentes usuários para várias partes do globo.



Figuras 38 e 39: Modelo 3D arquitetônico digital utilizado como cenário no vídeo de lançamento do metaverso pela empresa Meta. Frame do vídeo disponível em: [\(2\) The Metaverse and How We'll Build It Together -- Connect 2021 - YouTube](#) (acesso em 25/05/2022).

Nesse sentido, percebe-se que a popularização dos modelos 3D fomentou o mercado de modelagem de blocos arquitetônicos e possibilitou a profissionalização de alguns criadores, fazendo com que parte dos desenvolvedores de modelos arquitetônicos, que antes era vista como amadora, pudesse obter lucro através da comercialização desses blocos. Como é o caso da Mars House, a primeira casa digital comercializada como NFT (Figura 40), projetada pela artista 3D Krista Kim durante a pandemia no ano de 2020. O modelo, que pode ser experimentado através da realidade virtual ou aumentada, foi vendido por mais de 500 mil dólares (HARROUK, 2021), um valor maior que muitas casas materiais, como afirma Sun (2021).

Os NFTs (non fungible token, ou token não fungível em português) são uma forma de autenticar um arquivo digital através de um certificado que confirma sua originalidade (SUN, 2021). O incentivo à compra de produtos digitais autenticados alimenta um mercado de mais de 10 bilhões de dólares (SUN, 2021) e, assim como os demais produtos digitais, como mostra o exemplo anterior, os modelos arquitetônicos também podem assumir a forma de NFT.

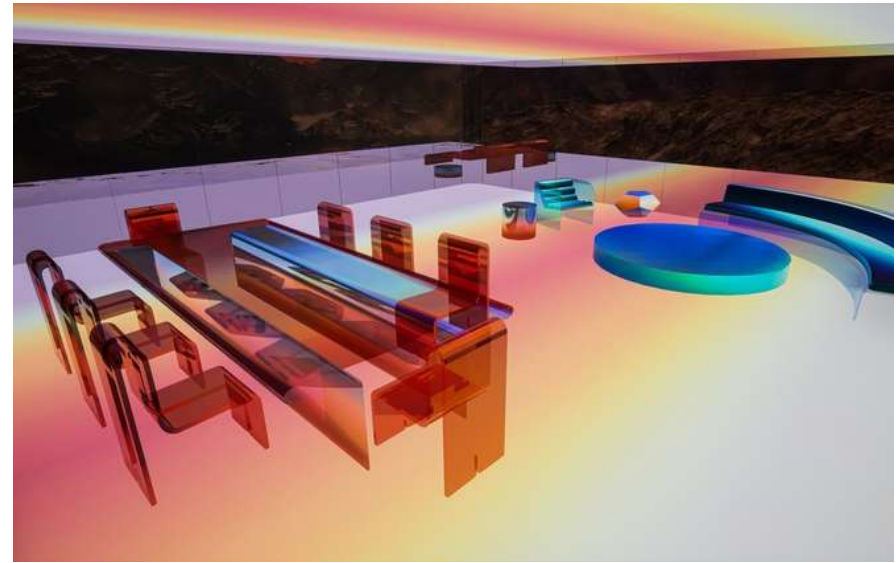


Figura 40: Primeira casa digital a ser vendida como NFT. Fonte: [Mars House, a primeira casa digital vendida no mundo | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 27/05/2022).

Conforme houve o aumento do interesse nos modelos 3D arquitetônicos digitais, e o alto investimento no mercado digital, muitos profissionais e amadores consideraram a modelagem 3D como um possível campo de atuação. Pode-se entender, portanto, que a popularização do modelo 3D colaborou na expansão do seu potencial de aplicação nas mais variadas áreas.

APLICAÇÕES ALTERNATIVAS DOS MODELOS 3D ARQUITETÔNICOS DIGITAIS

Uma vez que a modelagem tridimensional arquitetônica digital teve seu domínio popularizado, as possibilidades de aplicação e interação com o modelo 3D foram ampliadas. Essa expansão foi possível graças à natureza digital do modelo, que fornece ao bloco versatilidade e flexibilidade quanto aos seus aspectos, facilitando adaptações em sua forma e permitindo aplicações e interações diversas.

Toda essa versatilidade proporcionada pela digitalização concedeu aos modelos vasta complexidade de características, possibilitando leituras de um único bloco sob diferentes perspectivas. Para exemplificar melhor essa complexidade, será analisada brevemente um dos modelos presentes na série de TV da BBC One, "Italy 's Invisible Cities" (Figura 41). A produção, já apresentada neste trabalho, buscou escanear obras históricas de cidades italianas, o que resultou num conjunto de vários modelos 3D arquitetônicos.



Figura 41: Visualização das obras arquitetônicas abordadas na série 'Italy 's Invisible Cities'. Frame do vídeo disponível em: [Italy's Invisible Cities | BBC \(scanlabprojects.co.uk\)](https://www.bbc.com/news/technology-57888888) (acesso em 07/09/2022).

É possível perceber que o propósito inicial dos modelos é o de servir para a produção da série, sendo, portanto, aplicados na área de entretenimento. Contudo, foi percebido também que o potencial de aplicação dos blocos vai além do propósito inicial, podendo ser aplicados em áreas como: documentação histórica (visto que o escaneamento é uma maneira precisa de armazenar as características materiais); educativa (já que possibilita uma exibição didática de informações); e científica (uma vez que possibilita pesquisas e descobertas históricas da arquitetura).

Além disso, dependendo do sistema ou dispositivo eletrônico em que se apresentam, é possível notar, que os modelos podem permitir interações variadas, uma vez que é possível assistir à produção da série de forma passiva, por meio das telas convencionais e também de forma imersiva, por meio dos óculos de realidade virtual (Figuras 42 e 43). Estes dispositivos possibilitam, através do acesso ao site: [BBC Taster - Invisible Italy 360°](#), uma visualização 360° das obras escaneadas, aproximando o observador do modelo digital. Inclusive, caso os responsáveis pelo projeto desejem compartilhar o arquivo dos modelos, dependendo do dispositivo e do software utilizado, seria possível interagir de maneira ativa e criativa com os blocos, modificando suas formas e ampliando a gama de suas aplicações. Além disso, caso fossem adaptados para a fabricação digital, os modelos poderiam possibilitar outras interações no meio material.

A partir dessa breve análise, foi possível perceber a complexidade e versatilidade dos modelos 3D arquitetônicos digitais, que podem possibilitar leituras sob perspectivas diferentes quanto às aplicações, interações, propósitos e potenciais, entre outros parâmetros, como mostra a figura 44.



Figuras 42 e 43: Demonstração da experiência imersiva na série 'Italy 's Invisible Cities'. Frame do vídeo disponível em: [Italy's Invisible Cities | BBC \(scanlabprojects.co.uk\)](#) (acesso em 07/09/2022).

VERSATILIDADE DOS MODELOS

Análise dos modelos 3D da série Italy 's Invisible Cities



Figura 44: Versatilidade dos modelos 3D. Fonte autoral.

Uma vez reconhecida a complexidade da análise de cada aspecto presente no modelo 3D, bem como a vasta gama de blocos existentes nas plataformas, ao invés analisá-los e categorizá-los, nesta pesquisa serão estudadas as áreas de aplicação desses modelos. O objetivo desta etapa do trabalho, então, é identificar, diferenciar e apresentar os campos alternativos que permitem a utilização dos modelos arquitetônicos.

É válido reforçar que foram desconsideradas as áreas atreladas à construção civil convencional, visto que são campos mais conhecidos no mercado atual, não sendo, portanto, aplicações alternativas. De modo a tornar a apresentação mais didática, foram utilizados alguns casos como exemplo para demonstrar determinada aplicação, buscando alocar o exemplo em sua área de aplicação proposital. Contudo, vale ressaltar a possibilidade de um só modelo ser aplicado em mais de uma área, dada a versatilidade e o amplo potencial dos blocos digitais. Sendo assim, a seguir é apresentado as áreas alternativas de aplicação do modelo 3D arquitetônico digital mais relevantes identificadas durante a pesquisa.

Artística

A aplicação do modelo 3D arquitetônico digital na área artística oferece ao bloco a função de servir digitalmente como espaço para uma exibição artística, agindo como galeria digital; ou de ser a própria obra de arte em si, como é o exemplo do projeto vencedor do concurso da Bienal de Arquitetura de Tallinn de 2022 (Figuras 45 e 46), nomeado de Pavilhão fungível de tokens não fungíveis (ou Fungible Non-Fungible Pavilion, em inglês). O pavilhão, criado pelos arquitetos do grupo iheartlob: Aleksandra Belitskaja, Benjamin James e Shaun McCallum, ficará em exibição até 2024, em frente ao Museu de Arquitetura da Estônia.

A proposta, considerada o primeiro projeto de arquitetura financiado por blockchain⁹ (STOUHI, 2021) busca criar uma conexão entre digital e físico possibilitando que a cada peça de arte vendida digitalmente como NFT financie a peça produzida no mundo material, fazendo com que os investidores digitais possam participar da criação da obra e que o público possa interagir com o elemento material.

⁹ Cadeia de informações que permite o registro e a criação de dados digitais, geralmente associados às transações de criptomoedas.



Figuras 45 e 46: Modelo arquitetônico Fungible Non-Fungible Pavilion. Fonte: [Bienal de Arquitetura de Tallinn premia pavilhão financiado por blockchain | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 25/05/2022).

Outra possibilidade para os modelos 3D arquitetônicos no ambiente artístico digital é o de servirem como espaço para exposições de arte, funcionando como galerias de arte virtual, como o projeto do escritório Zaha Hadid Architects para o metaverso (Figuras 47, 48 e 49). Nomeado de NFTism, a produção está presente digitalmente na Art Basel Miami Beach, uma feira internacional de arte contemporânea.

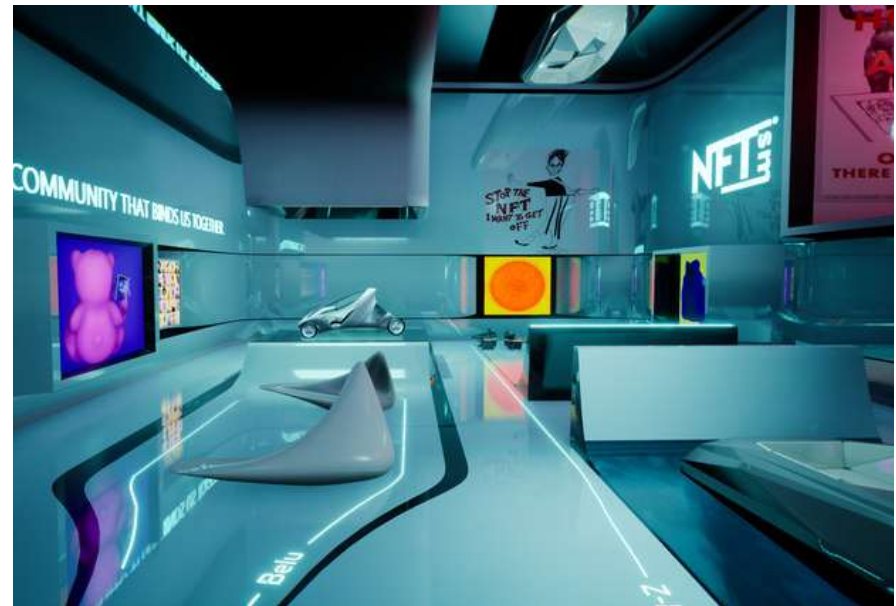
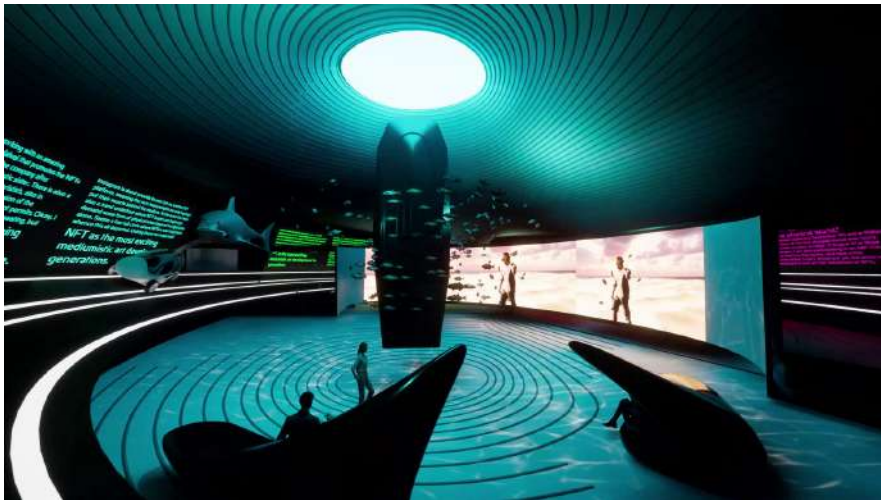


Figura 47: Galeria de arte digital NFTism. Fonte: [Zaha Hadid Architects projeta galeria virtual que explora arquitetura, NFT e metaverso | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 03/10/2022).



Figuras 48 e 49: Galeria de arte digital NFTism. Fonte: [Zaha Hadid Architects projeta galeria virtual que explora arquitetura, NFT e metaverso | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 03/10/2022).

O espaço digital que promove a interação social no metaverso é composto por tecnologia paramétrica possibilitando a conexão simultânea de um amplo número de pessoas (STOUHI, 2021). O projeto visa possibilitar a exposição de obras artísticas e culturais, exemplificando, portanto, uma das funções assumidas pelo modelo 3D arquitetônico na área de aplicação vinculada à arte.

Documentação e restauração de obras históricas

Outro campo de aplicação é o de documentação ou auxílio a restauração de obras históricas, no qual o modelo 3D assume a função de representar digitalmente um objeto arquitetônico reconhecido como monumento histórico, possibilitando o armazenamento digital de suas características físicas, ou auxiliando o processo de restauração da obra, como no caso das portas do Batistério de Florença, citado no início deste trabalho, que permitiu, com o auxílio dos dispositivos tecnológicos, a modelagem digital fiel ao objeto físico, contribuindo para sua restauração e documentação (MCMILLION, 2020).

"Nunca antes a tecnologia foi capaz de atender tão plenamente às necessidades de museus e sociedades históricas para ajudar a resgatar nossos artefatos e monumentos históricos mais preciosos. Aqui na Itália, e em toda a Europa, muitas dessas criações inestimáveis de nossos ancestrais estão, infelizmente, caindo em desuso ou ainda pior. Mas agora essas heranças notáveis podem ser capturadas digitalmente e trazidas de volta à vida usando a mais recente digitalização 3D [...]" (BARCHI, 2022 apud MCMILLION, 2020; em entrevista para a Artec3D)

Além disso, mais um caso que exemplifica essa área de aplicação é a documentação digital da Catedral de Notre Dame (Figura 50), que foi mapeada por meio do scanner 3D antes de sofrer danos pelo incêndio em 2019, garantindo o registro preciso de suas características originais (VIZIOLI e SILVA, 2021). A Catedral foi escaneada, também, após o fatídico incêndio pela equipe AGP a comando de grandes instituições, bem como do prefeito de Paris, buscando produzir um levantamento 3D preciso do edifício pós-incêndio e assim diagnosticar os danos causados à edificação (AGP, 2019). Esses casos mostram o grande potencial da aplicação da tecnologia digital aplicada à área de registro histórico e restauração de monumentos.

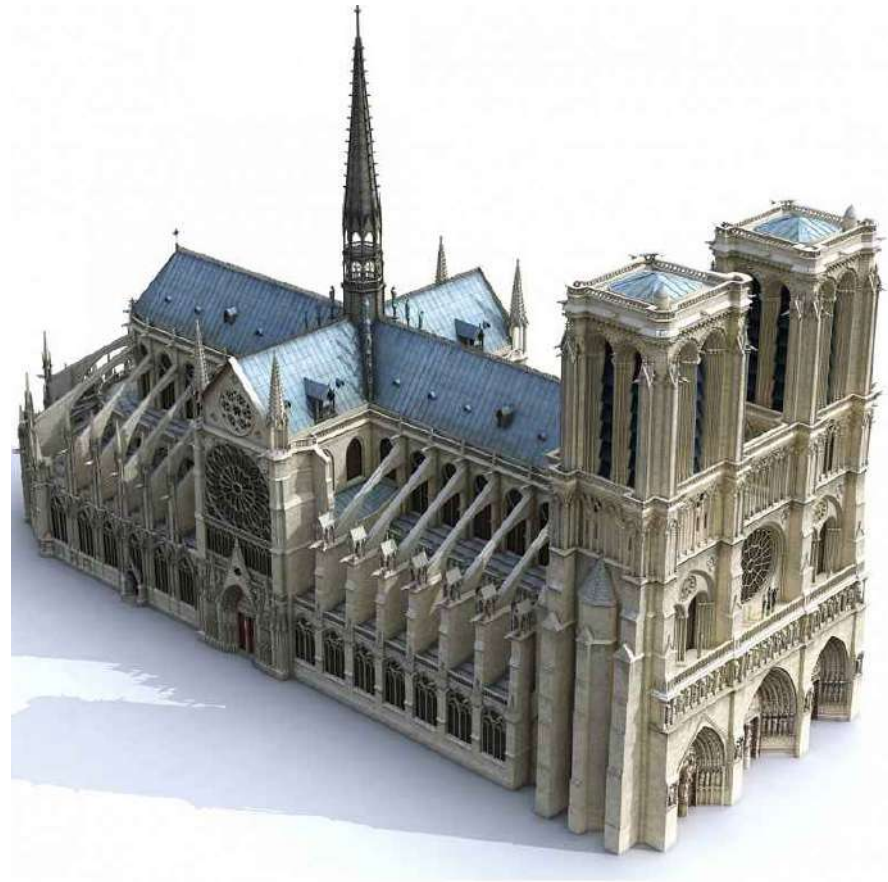


Figura 50: Modelo 3D que reproduz a Catedral de Notre Dame, realizado pela equipe AGP. Fonte: [The 3D scan come to the rescue of Notre-Dame - Art Graphique et Patrimoine \(artgp.fr\)](https://artgp.fr/en/3d-scanning-notre-dame) (acesso em 07/09/2022).

Educação e Profissionalização

Além desses campos, outra aplicação dos modelos 3D é a área educativa e profissionalizante, cumprindo a função de contribuir para a educação, capacitação, divulgação de conhecimento e instrução técnica, para crianças, jovens ou adultos.

Um exemplo dessa aplicação é o projeto Freestyle (Figuras 51 e 52), feito pelos arquitetos do grupo Space Popular, com o objetivo de demonstrar a evolução dos estilos arquitetônicos ao longo dos últimos 500 anos, além de apresentar o impacto da tecnologia nos estilos contemporâneos e emergentes. A exposição utiliza de modelos 3D arquitetônicos produzidos por estudantes do London Design and Engineering University Technical College, com o auxílio do professor Furnaz Ahmed para compor um ambiente imersivo, provocando discussões sobre os estilos arquitetônicos ao longo da história. Além de compartilhar a informação educativa de maneira didática sobre os estilos arquitetônicos, o projeto visa também incentivar a reflexão e formação de crítica aos visitantes da exposição.



Figuras 51 e 52: Exposição Freestyle no museu RIBA, em Londres. Fonte: [2020 - FreeStyle - spacepopular](https://www.spacepopular.com/) (acesso em 11/09/2022).

Outra aplicação interessante do modelo arquitetônico no campo educacional é demonstrada pela empresa Meta através do vídeo de divulgação do metaverso (Figuras 53 e 54), no qual é apresentada a possibilidade de acompanhar o processo construtivo de obras e edificações históricas de maneira realista, didática e imersiva, bem como oferece ao usuário a opção de circular digitalmente por espaços históricos. Em uma das simulações os blocos reproduzem digitalmente a arquitetura de Roma Antiga proporcionando uma experiência de aprendizado dinâmica e lúdica. A proposta de possibilitar uma maneira diferenciada de compartilhamento de informação pode incentivar os alunos a desenvolver maior interesse nas disciplinas acadêmicas, bem como facilitar a fixação do conteúdo de maneira imersiva.

Nesse sentido, entende-se que o modelo arquitetônico pode possuir a capacidade de auxiliar o processo de aprendizagem de jovens e adultos ao compor um cenário em uma aula de história, por exemplo, ou até mesmo ao servir para demonstrações mais complexas em cursos superiores, difundindo instruções, informações, capacitando alunos e profissionais.



Figuras 53 e 54: Simulação da arquitetura da Roma Antiga utilizada no vídeo de apresentação do Metaverso pela empresa Meta. Frame do vídeo disponível em: [\(29\) The Metaverse and How We'll Build It Together -- Connect 2021 - YouTube](#) (acesso em 15/11/2022).

Entretenimento

A aplicação do modelo arquitetônico no campo do entretenimento, por sua vez, tem como principal objetivo garantir a diversão e distração do público. Foi percebido na pesquisa que a aplicação do modelo nessa área muitas vezes está relacionada ao propósito de compor uma produção, contudo, em alguns casos pontuais, os blocos podem ser o foco da produção em si, como acontece em jogos que visam simular a construção civil, como no Minecraft, jogo já apresentado anteriormente no trabalho.

Um exemplo de aplicação dos modelos arquitetônicos na área de entretenimento é o jogo GTA 5 (Figuras 55 e 56) que tem como inspiração para a modelagem tridimensional as edificações já existentes na cidade de Los Angeles. O jogo permite a interação ativa com alguns modelos 3D mais relevantes para a narrativa, possibilitando que o jogador interaja com o bloco durante as missões através de ações como: subir escadas, abrir portas, explorar edificações e passear pela cidade no meio digital.



Figuras 55 e 56: Ponto comercial físico em Los Angeles e modelo 3D digital do GTA 5, respectivamente. Fonte: [Quase real: veja como GTA 5 se inspirou na Los Angeles verdadeira \[galeria\] - TecMundo](#) (acesso em 07/09/2022).

Outro exemplo de aplicação dos modelos 3D na área de entretenimento são os modelos que compõem cenários digitais em filmes. A cidade de Ohio (Figura 57), no filme Jogador Nº1 é um exemplo claro da utilização de blocos digitais arquitetônicos na área de entretenimento para simular e ilustrar o estado deteriorado das edificações.

"Não só a arquitetura, mas qualquer representação da cidade no cinema, seja a real ou a cenográfica, do presente, do passado ou do futuro, de visão otimista ou pessimista, é invariavelmente um comentário sobre o presente. O filme reflete os debates da sociedade, os problemas emergentes e as novas estéticas e ideologias." (NAME, 2022, em entrevista para a ArchDaily)



Figura 57: Cidade de Ohio representada no filme Jogador Nº 1. Fonte: [Arquitetura, cinema e realidade virtual em Jogador Nº 1 de Steven Spielberg | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 07/09/2022).

A história do filme se passa no ano de 2045 e simula o planeta terra que se encontra em total colapso após anos de exploração dos recursos naturais e má gestão (ALMEIDA, 2022). A aplicação do modelo arquitetônico (Figura 58) na área de entretenimento, portanto, mostra que o bloco 3D pode servir para transmitir uma mensagem de alerta para a população, auxiliando na conscientização do telespectador.

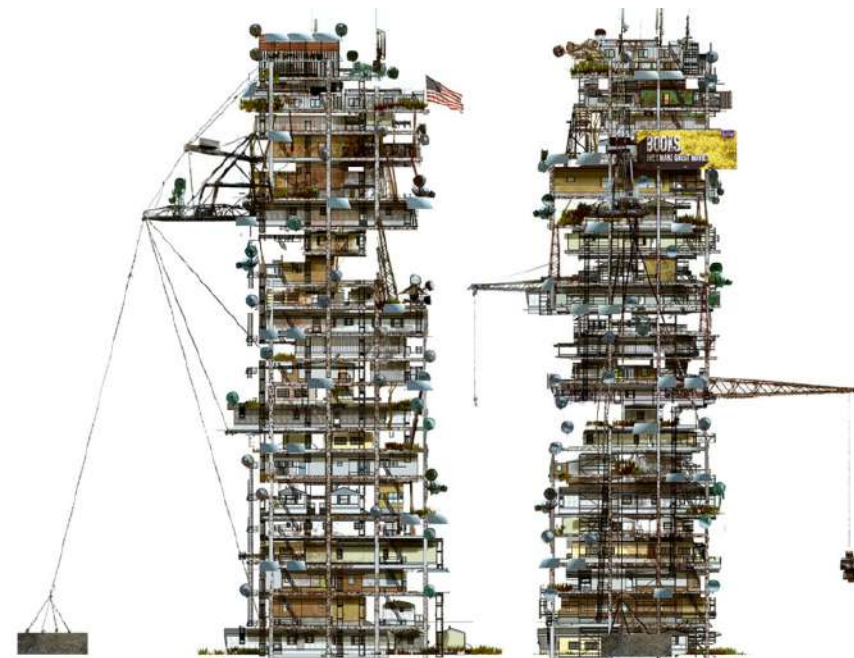


Figura 58: Modelo 3D arquitetônico para a produção do filme Jogador Nº 1. Fonte: [Arquitetura, cinema e realidade virtual em Jogador Nº 1 de Steven Spielberg | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 07/09/2022).

Pesquisa científica

A aplicação do modelo arquitetônico no campo da pesquisa científica tem como objetivo possibilitar a investigação de processos, acontecimentos e auxiliar o desenvolvimento de novas propostas seguindo uma metodologia científica.

Um caso de pesquisa que utilizou o modelo 3D foi o trabalho de mestrado do arquiteto Timóteo de Andrade Ferreira, para a Unicamp. Sob a orientação da arquiteta Regina Andrade Tirello, a pesquisa em questão objetivou estudar a cidade de Monte Santo (BA) e promover uma ampliação e atualização de informações no Inventário de Proteção do Acervo Cultural da Bahia. Parte da pesquisa consistiu em analisar e registrar, através do scanner 3D, a Igreja Matriz do Sagrado Coração de Jesus (Figuras 59 e 60), situada na cidade estudada.

"Creio que esse seja um trabalho pioneiro na escala de estudo ao qual se propôs, que inclui grandes áreas urbanas, e pelo processamento ter sido feito todo no Brasil, no âmbito de uma pesquisa acadêmica." (FERREIRA, 2020; em entrevista para a Revista de Pesquisa Fapesp)



Figura 59: Igreja Matriz do Sagrado Coração de Jesus. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Igreja_Serra_da_Santa_Cruz_-_Monte_Santo_-_Bahia_-_Brasil.jpg (acesso em 10/12/2022).

O resultado do registro 3D do conjunto arquitetônico feito para o trabalho durou 6 dias para ser gerado (Figura 61), auxiliando os pesquisadores a obterem rapidamente as informações do local e documentá-las digitalmente. Além disso, a pesquisa também possibilitou, através do modelo 3D, o registro preciso da Igreja, que posteriormente sofreu um incêndio e teve parte de suas características físicas perdidas.



Figuras 60 e 61: Igreja Matriz do Sagrado Coração de Jesus e simulação 3D da igreja, respectivamente. Fonte: [Digitalização de monumentos : Revista Pesquisa Fapesp](#) (acesso em 10/12/2022).

Propaganda e divulgação

Os modelos arquitetônicos, também podem ser aplicados na área de propaganda e divulgação, cumprindo a função de apresentar publicamente um produto, ou de incentivar à comercialização de um item.

Um exemplo que abrange essas duas possibilidades é a animação realizada pela equipe de arquitetos do Factory Fifteen (Figuras 62 e 63), com o intuito de divulgar publicamente um dos estádios projetados para a Copa do Mundo de 2022, no Qatar , bem como despertar o interesse na compra dos ingressos da copa e na viagem ao país, utilizando para isso de outros modelos arquitetônicos que ilustram a arquitetura e o modo de vida local.



Figura 62: Cenário digital para compor animação da divulgação do estádio de futebol. Fonte: [Factory Fifteen](#) (acesso em 07/09/2022).



Figura 63: Modelo 3D do estádio de futebol divulgado para a Copa do Mundo de 2022. Fonte: [Factory Fifteen](#) (acesso em 07/09/2022).

Um outro exemplo de aplicação na área de propaganda e divulgação que permite uma interação ativa com os modelos, são os shoppings 3D, que possibilitam a exposição e venda de produtos digitais ou físicos, sendo, portanto, um espaço digital de propaganda, como é o caso do projeto Metajuku (Figura 64). O shopping 3D, projetado pelo arquiteto Martin Guerra para o metaverso, foi inspirado em Harajuku, um distrito de Tóquio conhecido como o centro da moda de rua japonesa. O modelo é composto por lojas digitais que expõem e comercializam seus produtos de forma

online, sendo assim, mais uma possibilidade de aplicação para o bloco arquitetônico digital.



Figura 64: Shopping digital Metajuku. Fonte: [Metajuku | Everyrealm](#) (acesso em 13/09/2022).

Segurança Pública

Outra área de aplicação identificada é a de segurança pública, na qual o modelo assume a função de possibilitar o estudo de cenas de crimes e análises paramétricas que possam oferecer risco à segurança da população.

Esse campo de aplicação é bastante utilizado pelos militares e instituições de segurança pública, possibilitando, por exemplo, a simulação de crimes ocorridos (Figura 65), que utilizam do modelo 3D arquitetônico para validar uma hipótese e apresentar a simulação do acontecimento ao júri.

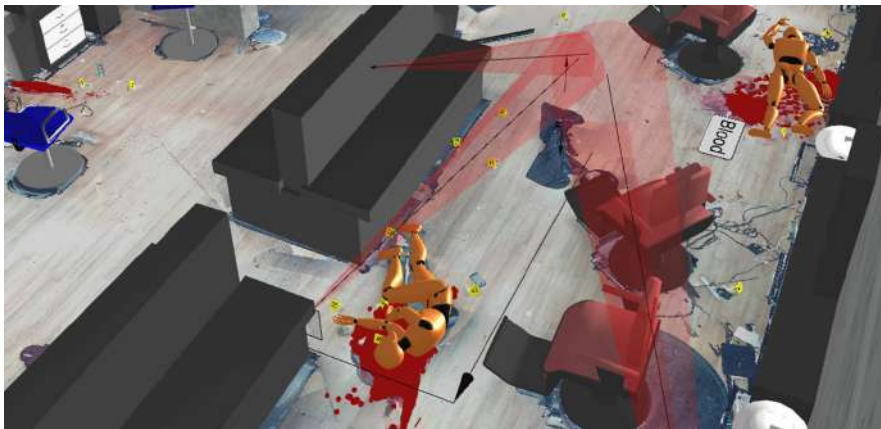


Figura 65: Simulação de cena do crime. Fonte: [What Happens when the Action Stops and the After Action 'Action' Begins? FARO's Role in Pre-Incident Planning and Prep | Article | FARO](#) (acesso em 13/09/2022).

De acordo com um estudo da University of South Australia, disponível em: [Bringing the jury to the crime scene via a 3D headset - News and events - University of South Australia \(unisa.edu.au\)](#) (acesso em 13/09/2022), o júri tem 9.5 vezes mais chances de chegar a conclusão veredita visualizando de maneira imersiva a simulação 3D do acontecimento quando comparada a conclusão que resulta da visualização de fotos da cena do crime. Indicando, portanto, mais uma utilização alternativa do modelo arquitetônico digital.

Outros

É válido reconhecer, por fim, que a pesquisa acerca das áreas alternativas de aplicação do bloco arquitetônico não abrange completamente o vasto mercado e possibilidades atrelados à modelagem de espaços digitais. Logo, é provável que outras áreas de aplicação sejam permitidas. Fica evidente, então, a versatilidade do modelo arquitetônico digital e sua autonomia em relação à representação de uma obra a ser construída.

INVESTIGAÇÃO SOBRE OUTRAS POSSIBILIDADES DE ATUAÇÃO PARA ARQUITETOS

Visto as diversas possibilidades de aplicação dos modelos arquitetônicos, bem como as mais variadas funções a eles oferecidas, é possível perceber que a popularização desses blocos ampliou o mercado de modelagem para públicos diferentes, dentre eles, os arquitetos. Como foi mostrado ao longo do trabalho, alguns profissionais da área da construção civil encontraram na modelagem arquitetônica uma forma alternativa de atuar e de expressar suas ideias. Mas qual é a real contribuição que os arquitetos oferecem ao mercado de modelagem 3D arquitetônica digital?

Para iniciar a reflexão acerca do assunto é necessário compreender que a contribuição possibilitada ao profissional de arquitetura varia de acordo com a área de aplicação e função desempenhada pelo modelo. Um exemplo disso é a atuação da arquiteta Maria Elisa Navarro, em *Assassin's Creed 2*, que atuou supervisionando a modelagem garantindo a coerência histórica às edificações representadas no jogo (SAGA, 2015). Nesse caso, fica evidente que os conhecimentos arquitetônicos de Navarro foram de extrema

relevância para a produção em questão, visto que os modelos do jogo cumprem com a função de simular o período renascentista, logo é importante que apresentem as características históricas mais relevantes da época, de modo a proporcionar maior imersão ao jogador.

Navarro conta, em uma entrevista ao arquiteto Manuel Saga (2015), que os modeladores cometiam alguns erros incompatíveis com a história, gerando, assim, algumas imprecisões nos blocos (SAGA, 2015), o que mostra a contribuição da arquiteta ao assessor a modelagem 3D. Nesse contexto específico, é provável que o profissional de arquitetura não seja facilmente substituído por outro tipo de profissional ou modelador, uma vez que o conhecimento da história da arquitetura está bastante vinculado aos conhecimentos do arquiteto, como no caso de Navarro, citado anteriormente.

Além disso, pôde-se notar também, ao longo da pesquisa, que os arquitetos em geral associam-se mais aos blocos digitais semelhantes às edificações presentes no meio físico. Tal facilidade na modelagem de blocos realistas pode ser vista como vantagem em alguns casos, permitindo que esse profissional tenha destaque nas aplicações com aspecto

vinculado à simulação de ambientes físicos no meio digital. Compartilhando dessa ideia, a chefe de recrutamento da Framestore¹⁰ Amy Smith (2015, apud SHAW, 2015) afirma que os arquitetos, por conhecerem as estruturas construtivas do mundo físico e ainda possuir conhecimentos históricos, conseguem passar ao modelo digital maior credibilidade, garantindo que o público possa ter maior envolvimento com a história contada nas produções audiovisuais.

A simulação fiel às edificações do meio físico também é destacada pelo arquiteto Zompero (2022), que acredita no surgimento de um novo modelo de negócios para arquitetos, designers e artistas plásticos, fomentado pela produção de modelos 3D arquitetônicos para preencher os espaços e lotes virtuais. Zompero (2022), ainda acrescenta que a maior diferença entre os profissionais graduados e os demais modeladores é a possibilidade de projetar as obras também no mundo material, permitindo a criação de ambientes que permitam a conexão entre o mundo físico e o digital, inclusive tal relação entre os dois meios é bastante ressaltada no vídeo de lançamento do metaverso (Figuras 66 e 67).

¹⁰Empresa britânica de animação e efeitos especiais vencedora de dois prêmios do Oscar.



Figuras 66 e 67: Demonstração da conexão entre o modelo 3D digital que reproduz as características vindas de uma casa no meio material. Frame do vídeo disponível em: [\(29\) The Metaverse and How We'll Build It Together -- Connect 2021 - YouTube](#) (acesso em 09/10/2022).

Pode-se perceber então que nas aplicações em que o modelo se assemelha a uma edificação do meio material, como em algumas produções do cinema, jogos digitais, conteúdos informativos ou publicidades por exemplo, a contribuição oferecida pelo arquiteto é a de oferecer seus conhecimentos e seu olhar vinculado às características arquitetônicas do meio material. Logo, o profissional pode atuar, possibilitando essa contribuição, em áreas geralmente mais atreladas à arte, educação, entretenimento, propaganda e divulgação, entre outras, nas quais o modelo arquitetônico possua o propósito de simular as construções do meio físico.

Além disso, o profissional de arquitetura pode contribuir nas produções que possuem maior responsabilidade profissional, como por exemplo os projetos presentes nas áreas de documentação de obras históricas, de pesquisa científica, ou educacional e profissionalizante, nas quais pode ser importante a presença do arquiteto para validar as características do modelo 3D. Em determinadas áreas alternativas de aplicação, dependendo da função adquirida pelo modelo 3D, o profissional de arquitetura pode contribuir com seu conhecimento histórico; com seu olhar

crítico, humanizado, teórico e metodológico; ou até mesmo com a sua responsabilidade técnica, a fim de analisar e legitimar o modelo 3D.

Contudo, apesar das possíveis contribuições dos arquitetos ao mercado de modelagem 3D, é válido pensar também que, em algumas aplicações, o olhar desses profissionais pode limitar a criatividade e as características inovadoras do bloco. As construções do meio físico são restritas pelas leis materiais, pelas normas construtivas e por outros fatores como orçamento de obra; ao contrário do meio digital, o qual não possui tais limitações. É necessário, portanto, um desprendimento da bagagem de referências adquirida durante a vida profissional e acadêmica para que o arquiteto possa libertar-se dessas amarras e explorar todo o potencial oferecido pela digitalização.

Inclusive, nas aplicações em que o modelo arquitetônico assume funções mais lúdicas, descontraídas e inovadoras talvez seja mais interessante a atuação de profissionais desvinculados da área da construção civil, para que seja possível a modelagem de um bloco completamente ousado, inusitado e criativo.

A discussão acerca da necessidade do arquiteto na modelagem de blocos arquitetônicos divide opiniões. Um dos lados defende que as habilidades dos arquitetos não são necessárias para o desenvolvimento de um bloco digital interessante, como afirma Yorio (2022, apud STINSON, 2022), CEO da EveryRealm: "Você não precisa de uma Zaha Hadid no metaverso para construir algo muito legal"¹¹. Ironicamente, um dos principais projetos da empresa de Yorio é o Metajuku, o shopping 3D projetado pelo arquiteto Martin Guerra. O modelo ainda conta com a participação de um escritório de arquitetura para criar uma de suas lojas:

"O projeto foi elaborado pelo arquiteto Martin Guerra [...] e realizado pela equipe global da Everyrealm de desenvolvedores de imóveis e jogos 3D [...]. A loja Tribute Brand foi projetada pela empresa de arquitetura BIRO, [...].¹²" (EVERYREALM; Informação disponível no site: [Metajuku Todo mundo \(everyrealm.com\)](https://www.everyrealm.com). Acesso em 09/10/2022)

¹¹ Fala original em inglês: "You don't need a Zaha Hadid in the metaverse to build something really cool".

¹² Fala original em inglês: "The development was designed by Austin-based architect Martin Guerra and developed by Everyrealm's global team of 3D real estate and game developers. The Tribute Brand store was designed by Zagreb-based architecture firm BIRO."

O outro lado da discussão, defende que são os arquitetos os principais desenvolvedores de modelos arquitetônicos no espaço digital (SCHUMACHER, 2022, apud KINSELLA, 2022), como afirma Patrik Schumacher, arquiteto responsável pelo escritório Zaha Hadid Architects:

"Desenvolvedores/artistas de videogames não são designers. Eles não pertencem à disciplina do design, mas à indústria do entretenimento. O Metaverso é onde grande parte da ação arquitetônica e inovação acontecerá [...] e são arquitetos e não designers gráficos que projetarão seus espaços.¹³" (SCHUMACHER, 2022, apud KINSELLA, 2022)

Este trabalho mostra, por sua vez, que tanto arquitetos, podem contribuir para a área de entretenimento, quanto desenvolvedores ou artistas de videogame, podem contribuir para modelagem de blocos arquitetônicos, uma vez que, em determinadas aplicações, não é necessário um profundo conhecimento sobre design para conceber um modelo interessante. Não há, portanto, essa segregação extrema entre áreas e profissionais.

¹³ Fala original em inglês: "Video game developers/artists are not designers. They do not belong to the discipline of design but to the entertainment industry. The Metaverse is where much of the architectural action and innovation will be happening [...] and it is architects rather than graphic designers who will design its sites and spaces".

Contudo, por que Yorio, CEO da EveryRealm e defensora de um mercado de modelagem no qual as habilidades dos arquitetos não são necessárias (2022, apud STINSON, 2022), deixa bastante evidente que o projeto contou com a participação de diferentes arquitetos? Será que o título de arquiteto associado ao bloco arquitetônico valoriza o modelo no mercado de modelagem?

Essa é uma hipótese bastante polêmica, porém, como em qualquer outro mercado capitalista, estratégias de marketing são utilizadas a todo tempo visando a obtenção do maior lucro possível; e o mercado de modelagem 3D não é diferente dos demais. Inclusive, foi percebido que artistas e designers renomados também fazem parte do grupo de profissionais que podem acrescentar valor ao modelo 3D, como mostra o lançamento chamado “The Row”. A proposta do projeto é possibilitar uma comunidade imobiliária digital no metaverso exclusiva, com blocos arquitetônicos projetados por profissionais de renome mundial (Figuras 68 e 69). Isso indica que no mercado de modelagem 3D, mesmo sem haver a necessidade legal, é possível que a popularidade do artista e os títulos profissionais valorizem o bloco arquitetônico.



Figuras 68 e 69: Modelos arquitetônicos da comunidade imobiliária exclusiva The Row. Disponível em: [Artistas renomados projetam arquiteturas em empreendimento imobiliário no metaverso | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 09/10/2022).

Além dos espaços e edificações digitais, outro grande segmento presente no mercado de blocos 3D são os mobiliários, que muitas vezes estão diretamente vinculados aos modelos de ambiências arquitetônicas. É percebido que, uma vez adeptos dos *softwares* digitais, os arquitetos podem ter sua atuação inclinada à modelagem 3D pela necessidade de encontrar blocos de qualidade compatíveis com o projeto desejado. Nesse sentido, determinada condição pode levar o profissional de arquitetura a aproximar-se da modelagem tridimensional, desenvolvendo, compartilhando e comercializando blocos que representam espaços, edificações e, também, mobiliários digitais.

Inclusive, no segmento de mobiliários digitais, o título profissional e a popularidade do criador associados ao modelo 3D também são relevantes. Um projeto de destaque nesse campo é o da empresa Morpholio, que desenvolveu, em parceria com empresas de tecnologia, um pacote de peças icônicas (Figuras 68 e 69) criadas por arquitetos e *designers* renomados, como: Eero Saarinen, Marcel Breuer e Mies van der Rohe; permitindo a visualização em realidade aumentada de mobiliários digitais (BALDWIN, 2019).



Figuras 70 e 71: Mobiliários 3D desenvolvidos para realidade aumentada. Disponível em: [Morpholio desenvolve realidade aumentada para peças icônicas de mobiliário | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 09/10/2022).

Pode-se perceber, portanto, que a contribuição dos arquitetos nas áreas alternativas de aplicação do modelo 3D algumas vezes é realmente relevante e possibilita melhorias significativas ao bloco e outras vezes não passa de uma estratégia para elevar o valor do produto digital. Em ambos contextos o arquiteto tem suas vantagens e pode aproveitar-se deles para promover sua inserção no mercado de modelos arquitetônicos digitais. Contudo, esse mercado não é exclusividade do arquiteto, como defende Schumacher (2022); os espaços e blocos digitais possuem domínio público e a popularização dessas ferramentas foi um processo gradual que possibilitou à comunidade a oportunidade de fazer da modelagem digital e da comercialização dos blocos sua fonte de renda mensal.

A discussão acerca do domínio da modelagem de blocos arquitetônicos torna-se ainda mais complexa com o avanço tecnológico, que cada vez mais caminha para processos automatizados. Isso indica que parte dos blocos modelados poderá deixar de ser concebida através da modelagem orgânica, passando a ser fruto da geração procedural de conteúdo (PCG ou Procedural content

generation, em inglês), um método algorítmico de criação de dados guiado por humanos e gerado pela aleatoriedade do computador. Graças à rapidez possibilitada pela digitalização, agora com um *software* bem programado e apenas alguns cliques é possível gerar um modelo arquitetônico complexo através da PCG (Figura 72). A possível competição entre arquitetos e os demais modeladores 3D pode passar, então, a ser entre modelagem orgânica e procedural. Apesar disso, tal avanço não deve impactar a contribuição que os arquitetos oferecem ao mercado atual de modelagem 3D, pois, como foi mostrado, essa contribuição vai além do ato de modelar.



Figura 72: Modelo arquitetônico projetado através da PCG. Disponível em: [Arquitetura do metaverso: o que é, quem construirá e por que é importante? | ArchDaily Brasil](#) (acesso em 09/10/2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da pesquisa realizada no trabalho em questão foi percebido que a produção de modelos tridimensionais arquitetônicos teve início no período paleolítico, possivelmente sem a função de auxiliar a construção civil, desempenhando, portanto, funções alternativas em cada uma de suas aplicações. Durante o Renascimento foi quando o modelo arquitetônico físico adquiriu a função mais comum utilizada atualmente na construção civil, a função de maquete, sendo usado para permitir o estudo e visualização da obra a ser construída. A função de maquete se mantém até os dias atuais na arquitetura, porém, agora a principal forma de produção desses modelos é realizada digitalmente.

O surgimento dos dispositivos digitais e da modelagem digitalizada de blocos arquitetônicos 3D impactou nas áreas vinculadas à construção civil, bem como em outros campos do conhecimento, como as instituições militares, a indústria cinematográfica, entre outras grandes empresas e segmentos. Tal acontecimento possibilitou que o modelo arquitetônico digital pudesse desvincular-se do propósito de representar uma edificação a ser construída, permitindo que

arquitetos utilizassem seus conhecimentos em outros campos desassociados da construção civil.

O avanço da tecnologia digital possibilitou a popularização dos equipamentos eletrônicos e dos softwares, permitindo a ampliação do domínio dos modelos tridimensionais arquitetônicos. A expansão desses blocos para diferentes campos do conhecimento fez com que profissionais ou amadores pudessem modelar espaços e mobiliários arquitetônicos digitalmente, comercializá-los e compartilhá-los nas plataformas como produtos digitais, gerando, assim, diferentes oportunidades para modeladores, *designers*, *freelancers*, arquitetos, entre outros grupos.

A natureza digital do modelo, por sua vez, fornece ao bloco aspectos e características versáteis, facilitando adaptações em sua forma e permitindo aplicações e interações diversas. Essa particularidade advinda da digitalização concede ao modelo uma gama diversificada de possíveis aplicações. Este trabalho, então, buscou pesquisar e apresentar aos leitores algumas dessas áreas alternativas de utilização do modelo arquitetônico digital, de modo a reforçar sua autonomia da função de representar uma obra a ser construída na construção civil.

Nesse sentido, foram identificadas algumas áreas de aplicação, bem como as funções atreladas ao modelo, como: área artística, que oferece ao modelo a função de servir como espaço para uma exibição artística digital ou de ser a própria obra de arte em si; área de documentação ou restauração de obras históricas, na qual o modelo 3D possibilita o armazenamento digital das características físicas de um monumento, ou auxilia no processo de restauração da obra; área educativa e profissionalizante, na qual o modelo possui a função de contribuir para a educação, capacitação, divulgação de conhecimento e instrução técnica; área de entretenimento, na qual o bloco arquitetônico tem como principal objetivo garantir a diversão e distração do público; área de pesquisa científica, na qual o modelo 3D tem como objetivo possibilitar a investigação de processos, acontecimentos e auxiliar o desenvolvimento de novas propostas seguindo uma metodologia científica; área de propaganda e divulgação, na qual o bloco cumpre a função de apresentar publicamente um produto, ou de incentivar à comercialização de um item; e por fim, área de segurança pública, na qual o modelo assume a função de possibilitar o estudo de cenas de crimes, treinamento de oficiais, e

análises paramétricas que possam oferecer risco à segurança da população.

A partir dessa análise foi percebido que os modelos possuem um vasto potencial, permitindo usos que vão além do propósito inicial para o qual foram desenvolvidos, possibilitando, por exemplo que um modelo criado para auxiliar a restauração de portas históricas possa adquirir o potencial de ser utilizado em instituições de ensino, em produções do cinema, em pesquisas científicas, e até mesmo outros usos como de chaveiro, quando materializado através da fabricação digital.

Além da identificação de algumas áreas alternativas de aplicação, outro objetivo do trabalho era investigar a contribuição do arquiteto no vasto mercado de modelagem de blocos arquitetônicos. Foi percebido, então, que o profissional de arquitetura pode oferecer diferentes contribuições em cada uma das áreas nas quais são aplicados os modelos, confirmando a ideia de atuação do arquiteto nesse segmento mercadológico. Uma das possíveis opções para o profissional nesse campo é de contribuir com seu conhecimento histórico; com seu olhar crítico, teórico e metodológico; ou até mesmo com a sua responsabilidade técnica, dependendo da função

desempenhada pelo modelo 3D. Além disso, o arquiteto também pode atuar modelando, vendendo e comercializando os espaços, mobiliários, ambientes e edificações digitais. Contudo, a atuação do arquiteto muitas vezes está atrelada aos modelos que simulam os elementos do meio físico, visto que é possível que exista uma limitação que conecta as criações do arquiteto ao meio material. Atrelada a essa informação, foi identificada uma das principais diferenças entre o arquiteto e os demais profissionais ou amadores do mercado de modelagem: a capacidade legal de assumir a responsabilidade técnica de uma edificação construída tanto do meio físico como em um lote digital.

Logo, este trabalho conclui que os modelos arquitetônicos digitais, apesar de muitas vezes possuírem um propósito inicial, também permitem potenciais diversificados, que oferecem ao bloco multifuncionalidade e versatilidade, possibilitando utilizações diversas nas mais variadas áreas de aplicação. Também foi verificada a ideia de autonomia do modelo arquitetônico, que não é necessariamente vinculado à construção civil. E, por fim, foi percebido também que, diante desse cenário digital, existe espaço para atuação do arquiteto no mercado de modelagem de blocos e espaços

arquitetônicos digitais e que a contribuição desse profissional vai além da modelagem do bloco em si, visto que o arquiteto oferece à tal segmento seu conhecimento histórico, análise crítica e validação, entre outras contribuições.

Nesse sentido, percebe-se que, apesar da possível apropriação de parte da modelagem pela geração procedural de conteúdo (PCG) é válida a constatação de que o arquiteto atualmente pode possibilitar contribuições em determinadas áreas que ainda não são automatizadas, contribuindo com o olhar crítico e humanizado sobre o modelo 3D, com a responsabilidade técnica sobre o funcionamento do bloco, entre outras possibilidades. Contudo, é possível que o avanço tecnológico caminhe para o aperfeiçoamento da modelagem procedural, facilitando tais processos e análises, gerando modelos padronizados de maneira rápida e acessível. Tendo em vista a popularização e a ascensão das tecnologias digitais, portanto, não é difícil imaginar, num futuro próximo, um mercado de modelagem arquitetônica dominado pelos algoritmos e bancos de dados digitais, no qual a contribuição do arquiteto seria possivelmente a oferta de um título profissional que agrega valor ao modelo 3D arquitetônico digital.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Melissa. **Arquitetura, cinema e realidade virtual em Jogador Nº 1 de Steven Spielberg**. ArchDaily, 2022. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/974691/arquitetura-cinema-e-realidade-virtual-em-jogador-no-1-de-steven-spielberg?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

ARANTES, Pedro Fiori. **Arquitetura na era digital-financeira: desenho, canteiro e renda da forma**. FAU-USP, Dissertação de doutorado, 2010. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-01062010-095029/publico/PedroArantes_72dpi.pdf. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

ART GRAPHIQUE & PATRIMOINE. **The 3D scan come to the rescue of Notre-Dame**. AGP, 2019. Disponível em: <https://www.artgp.fr/agp-digitized-notre-dame-in-3d.html?lang=fr>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

Artesanal pintado a mão: Florence Cathedral di Santa Maria del Fiore. AliExpress. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/1005002562306803.html>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

ASSASSIN 'S CREED WIKI. **Santa Maria del Fiore**. Disponível em: https://assassinscreed.fandom.com/de/wiki/Santa_Maria_del_Fiore. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

BALDWIN, Eric; traduzido por LIBARDONI, Vinicius. **Morpholio desenvolve realidade aumentada para peças icônicas de**

mobiliário. ArchDaily, 2019. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/921732/morpholio-desenvolve-realidade-aumentada-para-pecas-iconeas-de-mobiliario?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

BARATTO, Romullo; traduzido por DUDUCH, Tarsila. **6 Movies That Use Architectural Visualizations to Tell Stories and Create Atmospheres**. ArchDaily, 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com/942402/6-movies-that-use-architectural-visualizations-to-tell-stories-and-create-atmospheres>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

BASSO, Ana Carolina Formigoni, 2005. **A ideia do modelo tridimensional em arquitetura**. FAU-USP, Dissertação de mestrado, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18131/tde-05032008-105748/publico/MTridimensional.pdf>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

BLENDER 3.3 MANUAL. **A história do Blender**. Disponível em: https://docs.blender.org/manual/pt/dev/getting_started/about/history.html. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

CAMPOS, Fernanda Gomes. **Linguagem e representação gráfica em projeto**: análise do acervo do Concurso Opera Prima. IAU-USP, Dissertação de mestrado, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102132/tde-10102018-100718/publico/DissCorrigidaFernandaGomesCampos.pdf>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

CAU/DF, 2019. **Arquitetos e urbanistas e empresas do segmento devem regularizar o uso de softwares em seus**

ambientes de trabalho. Disponível em: <https://www.caudf.gov.br/arquitetos-e-urbanistas-e-empresas-do-segmento-devem-regularizar-o-uso-de-sofwarees-em-seus-ambientes-de-trabalho/>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

CHERNER, Jessica. **Zaha Hadid Architects Is Building a Virtual City for the Metaverse.** Architectural digest, 2022. Disponível em: <https://www.architecturaldigest.com/story/zaha-hadid-architects-building-virtual-city-metaverse>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

CUNNINGHAM, Andrew. **Bringing the jury to the crime scene via a 3D headset.** University of South Australia, 2021. Disponível em: <https://www.unisa.edu.au/media-centre/Releases/2021/bringing-the-jury-to-the-crime-scene-via-a-3d-headset/>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

De-Sampa Gifts facilita a compra de souvenirs de São Paulo. Brasil Turismo, 2014. Disponível em: <https://www.saopaulo.com.br/de-sampa-gifts-facilita-a-compra-de-souvenirs-de-sao-paulo/>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

DEJTIAR, Fabian; traduzido por GHISLENI, Camila. **A arquitetura do metaverso (até agora).** ArchDaily, 2022. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/988339/a-arquitetura-do-metaverso-ate-agora?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

DIAS, Fabiana. **Terceira Revolução Industrial.** Educa mais Brasil, 2018. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/historia/terceira-revolucao-industrial>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

DOS SANTOS, Ana Paula Baltazar. **Por uma arquitetura virtual: uma crítica das tecnologias digitais.** Revista Arquitetura e Urbanismo, 2010. Disponível em: www.mom.arq.ufmg.br/mom/02_arq_interface/6a_aula/aU_Por_uma_arquitetura_virtual.pdf. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

DRAGO, Lorenzo. **Etchū-Daimon Station - Unreal 5 environment.** ArtStation, 2022. Disponível em: <https://www.artstation.com/artwork/3qBzaY>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

ESSOP, Anas. **14th century doors of the Florence Baptistery restored using 3D printing.** 3D Printing Industry, 2020. Disponível em: <https://3dprintingindustry.com/news/14th-century-doors-of-the-florence-baptistery-restored-using-3d-printing-170875/>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

EVERYREALM. **Metajuku.** 2021. Disponível em: <https://everyrealm.com/metajuku>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

FACTORY FIFTEEN. **AL-RAYYAN STADIUM.** 2015. Disponível em: <http://www.factoryfifteen.com/project/alrayyan>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

FACTORY FIFTEEN. **Megalomania.** 2011. Disponível em: www.factoryfifteen.com/project/megalomania. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

FACTORY FIFTEEN. **PHOBOS.** 2017. Disponível em: www.factoryfifteen.com/project/phobos. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

FARO. **O que acontece quando a ação termina e tem início a "ação após a ação"?** A função da FARO no planejamento e na preparação pré-incidente. Disponível em: <https://www.faro.com/pt-BR/Resource-Library/Article/FARO-Role-in-Pre-Incident-Planning-and-Prep>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

FEIREISS, Lukas. **Archaeology of the Digital: Greg Lynn and Frank Gehry on the computer in architecture.** Revista FRAME, 2021. Disponível em: <https://www.frameweb.com/article/greg-lynn-frank-gehry-legacy>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

FERREIRA, Timóteo de Andrade; TIRELLO, Regina Andrade. **Práticas de Documentação e registro em Laser Scanning 3D em Monte Santo-BA, a Cidade que Abriga o "Altar do Sertão".** In: Anais do 3º Simpósio Científico do ICOMOS Brasil. Anais. Belo Horizonte(MG) Centro de Atividades Didáticas 2 - CAD2 | Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2019. Disponível em: [Práticas De Documentação E Registro Em Laser Scanning 3D Em Monte Santo-Ba, A Cidade Que Abriga O "Altar Do Sertão". | Even3 Publicações](https://www.frameweb.com/article/greg-lynn-frank-gehry-legacy). Último acesso em: 01 de dezembro, 2022.

FERNANDES, Bruno Ribeiro; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis; e ISHIDA, Américo. **Os três momentos do uso da tecnologia computacional gráfica em arquitetura.** PUC, Campinas, 2013. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/387/367>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

FROTHINGHAM, Arthur L. **Le modèle de l'église Saint-Maclou à Rouen.** Monuments et mémoires de la Fondation Eugène Piot, vol

12, capítulo 2, 1905. pp. 211-224. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/piot_1148-6023_1905_num_12_2_1271. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

GROENENDIJK, Remi. **The digital influence on architecture:** on how computer aided design and manufacturing technologies influenced architectural design. History Thesis, 2019. Disponível em: www.whatremimakes.com/wp-content/uploads/2019/02/HistoryThesis_Final_RemiGroenendijk_TheDigitalInfluenceOnArchitecture_4153588.pdf. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

GUIDE OF THE DOME ASSOCIATION. **Restauro e Replica della Porta Nord del Battistero di Firenze.** Youtube, Tessa Ciglia, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VP4bmlmlaQs&t=977s>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

HARROUK, Christele. **Mars House, a primeira casa digital vendida no mundo.** ArchDaily, 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/959023/mars-house-a-primeira-casa-digital-vendida-no-mundo>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

IMT. **Historical Perspective:** Computer Sketchpad. Interactive Chronicles, Part 3, 1963. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=6orsmFndx_o. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

HUSSIEN, Mohamed. **Cathedral Of Santa Maria Del Fiore.** SketchFab, 2021. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/cathedral-of-santa-maria-del-fiore-c4d456dd4867436a9719a44f41be2115>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

JONES, Frances. **Digitalização de monumentos**. Revista Pesquisa, Fapesp Edição 293, julho de 2020. Disponível em: [Digitalização de monumentos : Revista Pesquisa Fapesp](#). Último acesso em: 01 de dezembro, 2022.

KINSELLA, Eileen. **Zaha Hadid Architects Will Build a Metaverse for the Unrecognized, Real-Life Libertarian State of Liberland**. Artnet, 2022. Disponível em: <https://news.artnet.com/art-world/zaha-hadid-architects-leading-charge-building-libertarian-city-metaverse-2088785>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

LAIGNIER, Pablo. **Breve história dos computadores e do ciberespaço: uma abordagem conceitual**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: www.ufrgs.br/alcar/encontros-nacionais-1/encontros-nacionais/6o-encontro-2008-1/Breve%20historia%20dos%20computadores%20e%20do%20ciberespaco.pdf. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

LANCINI, Giulia Carvalho. **Brunelleschi e o desenho de arquitetura**. IAU-USP, Relatório final de iniciação científica, 2014. Disponível em: <https://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/nelac/wp-content/uploads/2015/01/Relatorio-final-Brunelleschi-e-o-desenho-arquitetonico.pdf>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

LYNN, Greg e GEHRY, Frank. **Digital Tools in Four Practices**. Canadian Centre for Architecture, Artigo 4, 2013. Disponível em: <https://www.cca.qc.ca/en/articles/issues/4/origins-of-the-digital/31697/digital-tools-in-four-practices>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

MCCULLOUGH, Kyle. **Modeling & Simulation**. University of Southern California. Disponível em: <https://ict.usc.edu/research/labs-groups/modeling-simulation/>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

MCMILLION, Mathew. **Bringing an Italian 14th century bronze masterpiece back to life with Artec Spider**. Artec 3D, 2020. Disponível em: <https://www.artec3d.com/cases/3d-scanning-italian-baptistery-doors>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

META. **The Metaverse and How We'll Build it Together**. Youtube, Connect, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8&t=4127s>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

MINI WORLD 3D. **Florence Cathedral**. MyMiniFactory, 2017. Disponível em: <https://www.myminifactory.com/object/3d-print-florence-cathedral-43637>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

MULTIMÍDIA 4D. **Florence Cathedral Landmark**. EnvatoMarket, 2020. Disponível em: <https://3docean.net/item/florence-cathedral-landmark/27267021#>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

O'CONNELL, Kim A.; traduzido por SBEGHEN, Camilla. **Como o Minecraft está inspirando a próxima geração de jovens arquitetos**. ArchDaily, 2016. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/783464/como-o-minecraft-esta-inspirando-a-proxima-geracao-de-jovens-arquitetos>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

OLIVEIRA, Arlindo. **A pandemia e a transformação digital**. Ingenium, 2020. Disponível em: web.tecnico.ulisboa.pt/arlindo.oliveira/Ingenium_COVID_article.pdf. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

PIMENTA, Francisco José Paoliello. **O conceito de Virtualização de Pierre Lévy**: e sua Aplicação em Hiperemídia. Facom - UFJF, 2001. Disponível em: <https://www.ufjf.br/facom/files/2013/03/R6-Francisco.pdf>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

RODRIGUES, G. P. e PORTO, C. de M. **Realidade Virtual**: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. EDUCAÇÃO, 2013. Disponível em: [Vista do Realidade Virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações \(set.edu.br\)](http://Vista.do.Realidade.Virtual:conceitos,evolucao,dispositivos,e.aplicacoes(set.edu.br)). Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

rou-los-angeles-verdadeira-galeria.htm. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

ROZESTRATEN, Artur Simões. **Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na antigüidade**: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto. FAU-USP, Dissertação de mestrado, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-09062009-145825/publico/2003.pdf>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

SAGA, Manuel; traduzido por SBEGHEN, Camila. **María Elisa Navarro, a arquiteta que supervisionou o desenvolvimento de Assassin 's Creed II**. MetaSpace, 2015. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/767677/maria-elisa-navarro-a-arquiteta-que-assessorou-o-desenvolvimento-de-assassins-creed-ii>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

SCANLAB. **Italy' s Invisible Cities**. BBC ONE, 2021. Disponível em: <https://scanlabprojects.co.uk/work/italys-invisible-cities/>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

SENAGALA, Mahesh. **Deconstructing AutoCAD**: Toward a Critical Theory of Software (in) Design. School of Architecture, University of Texas at San Antonio, 2013. Disponível em: https://itc.scix.net/pdfs/sigradi2003_008.content.pdf. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

SENSIET. **Florence Cathedral di Santa Maria del Fiore**. CGTrader, 2021. Disponível em: <https://www.cgtrader.com/3d-models/exterior/landmark/florence-cathedral-santa-maria-del-fiore>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

SHAW, Dougal. **The architects using animation skills to build film careers**. BBC News, 2015. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/business-33757862>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

SPACE POPULAR. **Freestyle Architectural Adventures in Mass Media**. Disponível em: <http://www.spacepopular.com/exhibitions/2020---freestyle>. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

STINSON, Liz. **How Will the Metaverse Be Designed?**. Metropolis, 2022. Disponível em: https://metropolismag.com/viewpoints/what-will-our-virtual-reality-be/?utm_medium=website\ utm_source=archdaily.com.br. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

STOUHI, Dima; traduzido por BARATTO, Romullo. **Zaha Hadid Architects projeta galeria virtual que explora arquitetura, NFT e**

metaverso. ArchDaily, 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/972924/zaha-hadid-architects-projeta-galeria-virtual-que-explora-arquitetura-nft-e-metaverso?ad_medium=gallery. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

STOUHI, Dima; traduzido por GAGLIARDI, Walter. **Artistas renomados projetam arquiteturas em empreendimento imobiliário no metaverso.** ArchDaily, 2022. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/986373/artistas-renomados-projeta-m-arquiteturas-em-empreendimento-imobiliario-no-metaverso?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

STOUHI, Dima; traduzido por GAGLIARDI, Walter. **Bienal de Arquitetura de Tallinn premia pavilhão financiado por blockchain.** ArchDaily, 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/974044/bienal-de-arquitetura-de-tallinn-premia-pavilhao-financiado-por-blockchain#:~:text=A%20nova%20proposta%20vencedora%20redefiniu.a%20criação%20de%2C%20por%20exemplo>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

STOUHI, Dima; traduzido por SBEGHEN, Camilla. **Arquitetura e paisagem no universo cinematográfico da Marvel.** ArchDaily, 2022. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/981184/arquitetura-e-paisagem-no-universo-cinematografico-da-marvel?ad_medium=gallery. Último acesso em: 19 de outubro, 2022.

SUN, Chloe. **Architecting the Metaverse.** ArchDaily, 2021. Disponível em:

<https://www.archdaily.com/968905/architecting-the-metaverse>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

THE GAMER Z. **Assassin's Creed 2 - Santa Maria del Fiore : complete Solution with secret places! HD.** Youtube, 2011. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_hr6_xkNDww. Último acesso em: 01 de junho, 2022

THE GAMING LIBRARY. **Assassin 's Creed: Revelations All Cutscenes.** Youtube, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=c523px22FuU>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

VIZIOLI, Simone Helena Tanoue e SILVA, Giulia Ravanini. **O modelo tridimensional e a Arquitetura:** do físico ao digital. Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo, IAU-USP, Edição Temática "Desenho", vol 19, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/risco/article/view/174479/175600>. Último acesso em: 01 de junho, 2022.

VOLTOLINI, Ramin. **Quase real: veja como GTA 5 se inspirou na Los Angeles verdadeira [galeria].** Tecmundo, 2014. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/jogos/66412-real-veja-gta-5-insp>

ZOMPERO, Eric. **Metaverso, Arquitetura e Design.** E-book: Explicando o METAVERSO, simples e direto, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357518026_Metaverso_Arquitetura_e_Design. Último acesso em: 01 de junho, 2022.