



Ambientes Imersivos: Uma Alternativa Visual e Técnológica à Construção Civil.

Immersive Environments: A Visual and Technological Alternative to Civil Construction.

SOUZA, Raíssa¹; MELLO, Isabell²
raissasouza.arquiteta@gmail.com¹; isa@poli.ufrj.br².

¹Especialista em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis.

²Arquiteta M.Sc.,especialista em Restauro do Patrimônio Histórico e Gestão e Gerenciamento de Projetos

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Ambientes imersivos (VR, AR, XR e Metaverso); Compatibilização; Softwares BIM

Keywords:

Immersive environments (VR, AR, XR and Metaverse); Compatibility; BIM software

Resumo:

Um claro entendimento sobre um projeto impacta consideravelmente a entrega de um resultado satisfatório, entretanto sua falha pode resultar em diversas problemáticas, comprometendo uma boa execução. Diante disso, a utilização de técnicas e sistemas que auxiliem na produção e compreensão do projeto se tornam uma alternativa. O objetivo desta pesquisa é evidenciar as diferentes maneiras de trabalhar a tecnologia de ambientes imersivos a favor da construção civil, isso associadas a softwares BIM. Esses programas, já tem a capacidade de facilitar as etapas de projeto, porém sua eficiência é potencializada quando unidos a esses meios de visualização, o que garante melhor andamento da obra, maior segurança acerca das propostas e maiores possibilidades de rentabilidade do projeto. A metodologia utilizada considerou a elaboração da revisão bibliográfica, levantamento de softwares existentes, ilustração das aplicabilidades e estudos de casos. Este estudo, permitiu reunir as principais formas dessa tecnologia, das quais mostram as interferências ou compatibilidades entre as disciplinas e consequentemente geram a diminuição dos erros. Além disso elas viabilizam a experimentação do projeto e as possibilidades de negócios. Portanto, almeja-se que este trabalho desperte o interesse por mais estudos pela temática, na construção civil, para que possamos acompanhar e participar desses aperfeiçoamentos tecnológicos.

Abstract

A clear understanding of a project considerably impacts the delivery of a satisfactory result; however, its failure can result in several problems, compromising a good execution. Therefore, the use of techniques and systems that help in the production and understanding of the project become an alternative. The objective of this research is to highlight the different ways of working with the technology of immersive environments in favor of civil construction, associated with BIM software. These programs already have the ability to facilitate the design stages, but their efficiency is enhanced when combined with these means of visualization, which guarantees better progress of the work, greater security about the proposals and greater possibilities of profitability of the project. The methodology used considered the elaboration of the bibliographic review, survey of existing software, illustration of applicability and case studies.

This study made it possible to bring together the main forms of this technology, which show the interferences or compatibilities between disciplines and consequently generate a reduction in errors. In addition, they enable project experimentation and business possibilities. Therefore, it is hoped that this work will arouse interest in further studies on the subject, in civil construction, so that we can follow and participate in these technological improvements.

1. Introdução

Sabe-se que ao projetar, diversas condicionantes devem ser consideradas, para que o briefing trazido pelo cliente seja cumprido. Dessa forma uma série de planejamentos são elaborados, tendo em vista o escopo, orçamento, prazos e design. Entretanto todos esses aspectos, caso não sejam bem avaliados e gerenciados, podem envolver insegurança e falta de garantias, por se tratar de algo novo, do qual não existe ou, no caso de uma reforma, será modificado.

Segundo o PMI [1] um projeto possui ciclo de vida com fases, dos quais podem apresentar algumas características comuns. Uma delas se encontra justamente no início do projeto, que é o nível de incerteza, sendo esse nível o mais alto e mais propenso ao “risco de não atingir os objetivos [...]. A certeza de término geralmente se torna cada vez maior conforme o projeto continua.”

A partir disso o uso da tecnologia como uma ferramenta de visualização e comunicação pode transformar esse cenário incerto, em algo mais seguro, “palpável” e eficaz. Seu uso se faz extremamente necessário, uma vez que ela tem possibilitado o estudo, por parte do projetista e executor, e a experiência prévia, do cliente, sobre o resultado que se espera para o ambiente a ser construído.

2. O projetar “tradicional”

Inicialmente, dentro da construção civil, o processo de projeto ocorria de forma totalmente manual através de desenhos bidimensionais (plantas, cortes, fachadas, entre outros), tridimensionais (perspectivas

isométricas) ou desenhos à mão livre como uma maneira de testar as ideias. Com o passar dos anos, pesquisas e estudos possibilitaram o desenvolvimento de computadores e com isso os cientistas de computadores começaram a pensar e desenvolver métodos que viabilizassem um processo mais otimizado e eficiente. Dessa forma os softwares CAD 2D (Desenho Assistido por Computador) surgiu, sendo ele mais difundido na década de 1980, entre os projetistas. Ela basicamente servia para fazer os desenhos, que antes eram à mão, no computador e seu desempenho não era tão satisfatório, pois “o desenhar e projetar” nessa ferramenta ainda era considerado difícil e financeiramente inacessível. A partir disso a ferramenta começou a ser aperfeiçoada, o que melhorou bastante a sua performance, além disso esse avanço tornou possível o projetar e desenhar em 3D (CAD 3D), o que viabilizava a visualização em diversas perspectivas do projeto. Apesar da criação dessa ferramenta ser um grande marco tecnológico, o processo de projeto envolve circunstâncias das quais ele não ampara, como a ocorrência de alterações, visto que para serem executadas, cada desenho deverá ser corrigido de forma manual, o que pode dar margem para erros e inconsistências na compatibilização dos projetos [1] e consequentemente prejudicar a execução e todos os aspectos que ela envolve.

A compatibilização possui uma relação direta com o desenvolvimento de projetos na construção civil [2]. A partir dela são realizadas sobreposições e comparações, a fim de diagnosticar os conflitos, interferências e falhas entre as partes do projeto, visando um gerenciamento das informações. Um exemplo disso seriam reuniões ou relatórios que expressassem soluções às inconformidades encontradas [3].

As falhas ou a persistência delas podem impactar consideravelmente o processo de execução, o que pode acarretar retrabalhos, erros in loco, atrasos de cronograma, estouro de orçamento e desperdícios. Além disso as mesmas quando ocorrem estão vinculadas a incompatibilidade entre as demandas e as estruturas físicas, profissionais e técnicas disponíveis [4].

A partir disso abordar sobre metodologias que viabilizem uma melhor comunicação e entendimento sobre o projeto, sua execução e a relação entre as disciplinas envolvidas de modo a minimizar interferências, das quais, por vezes, são identificadas somente no canteiro de obras [4].

3. Tecnologias sustentáveis aplicadas a fase de projeto

A visualização prévia do projeto, tanto para a arquitetura como para a engenharia, possibilita simulações e uma avaliação mais assertiva sobre as propostas de projeto, o que agiliza a execução de cada uma das disciplinas envolvidas e minimiza possíveis intercorrências e desperdícios no canteiro de obras. A seguir serão apresentadas algumas tecnologias que permitem essa visualização e consequentemente tornam o projeto mais sustentável.

3.1 Softwares BIM

O conceito da metodologia Building Information Modeling (BIM) surgiu no início da década de 1960, enquanto a modelagem teve seu início nas décadas de 1970 e 1980 [5]. Apesar da sua linguagem de programação ter começado a ser desenvolvida na década de 1990, a implementação do BIM e a utilização de toda sua capacidade, em diferentes esferas, ainda é considerado um desafio em vários escritórios e países.

A partir disso, o CAD sofre uma evolução, que se transforma na metodologia BIM, a qual significa modelagem de informação da construção.

O BIM (...) não se trata de um software específico, e sim de um conceito de

virtualização, modelagem e gerenciamento das atividades inerentes ao projeto/construção de obras de engenharia [6]

Esse conceito fundamenta-se na tecnologia paramétrica, a qual compreende-se numa produção que faz emprego de tecnologias digitais para armazenamento e integração, ao modelo 3D, de informações vinculadas tanto ao projeto como em confecções de itens que vão diretamente para a obra. Essa construção virtual se dá por meio uma modelagem tridimensional, que automaticamente geram todas as elevações, cortes, detalhes, tabelas, quantitativos e quaisquer outros dados ligados ao projeto. Além disso, a possibilidade de alterações e revisões, do projeto, se torna mais eficiente, por ocorrer de maneira mais imediata, prática e dinâmica. Uma vez que as mudanças no modelo são feitas, todos os desenhos são alterados e atualizados, o que diminui a chance de erros e retrabalhos. Dessa forma a modelagem BIM se torna uma reprodução digital paramétrica da construção, sendo ela automatizada e cheia de informações [7].

Projetar nessa metodologia possibilita a definição da geometria, suas relações espaciais, bem como os quantitativos e características dos elementos construtivos. Também proporciona controle sobre os custos, aferição dos estoques de insumos e os prazos envolvidos, o que viabiliza a execução. Com isso, as informações atreladas a modelagem BIM são mais facilmente extraídas, isoladas e compatibilizadas em qualquer fase do ciclo de vida do projeto, visto que essa tecnologia se comporta de forma mais integrada e precisa com a realidade [8].

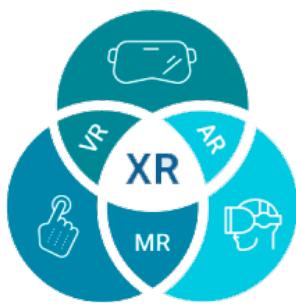
3.2 Experiências imersivas

A tecnologia de ambientes imersivos, atualmente, possui uma variedade de opções que se assemelham, mas ao mesmo tempo agregam diferentes experiências aos usuários. Dentro as opções pode-se citar o XR, VR, AR e MR, e entender seus respectivos funcionamentos permite cogitar de que formas elas poderiam ser empregadas dentro da construção.

3.2.1 XR, AR, VR E MR

O XR, no cenário brasileiro, é entendido como Realidade Estendida, o qual integra todas as formas de vivenciar experiências imersivas do mercado atual. A aplicação dessa tecnologia consiste em um sistema aplicado em dispositivos, dos quais devem ser “vestidos” pelo usuário. Esses sistemas envolvem a Augmented Reality (realidade aumentada - AR), Virtual Reality (realidade virtual - VR) ou Mixed Reality (realidade mista - MR).

Figura 1 – resumo ilustrado das maneiras de vivenciar a realidade estendida



Fonte: LinkedIn [9]

A AR ou realidade aumentada, permite que o usuário coloque elementos virtuais no mundo real através de recortes ou targets, dos quais vinculam um arquivo em um banco de dados, podendo ser imagens, QR Code, sistema de posicionamento global – GPS ou outros tipos de targets [9]. Nessa forma é possível a interação com estes elementos postos, um exemplo que obteve bastante popularidade foi o Pokémon Go, jogo eletrônico gratuito, para smartphones da “The Pokémon Company”. Outro exemplo utilizado atualmente são os filtros dos aplicativos de redes sociais, como Snapchat, Facebook e Instagram, onde imagens, 3D virtuais ou animações aparecem no ambiente real através de seu dispositivo. Também há a larga utilização de QR codes em revistas, sites e os diversos meios de comunicação, onde com o celular é possível capturar o target e realizar compras online ou se inteirar mais rapidamente sobre determinado assunto [9].

Figura 2 – Exemplo de realidade aumentada, aplicado a construção civil



Fonte: Archdaily [10]

Já o VR, também conhecido como realidade virtual, faz com que o indivíduo se insira completamente em um mundo virtual. Esse formato permite tanto a interação como a reação sobre o que está sendo experimentado. Um dos exemplos são a utilização de óculos e joystick que possuem softwares que permitem desfrutar de experiências em um determinado cenário, num determinado período, através de um jogo, dos quais geralmente estão associados a uma cabine, carrinho, ou elemento que em conjunto com os óculos aguçam diversos sentidos além da visão.

A Realidade Mista (MR), é junção da realidade aumentada com a realidade virtual, isso viabiliza que elementos virtuais se combinem com a realidade em tempo real. Esse tipo de experiência não necessita de um target para reconhecer o ambiente como na realidade aumentada, pois os softwares que compõem essa tecnologia “fazem automaticamente o reconhecimento espacial do ambiente em que a pessoa se encontra” [9]. E no caso comparativo com a realidade virtual, na realidade mista o usuário não é condicionado a um cenário fechado e totalmente imersivo, nele é possível a utilização de óculos com lentes transparentes, no qual a pessoa enxerga tanto os elementos virtuais colocados como o ambiente ao seu redor. Nesse caso um exemplo seria:

se você tem um copo virtual em modelo 3D, e traz ele para o seu ambiente colocando-o em cima da mesa, ao você se movimentar ou se abaixar e ir para baixo da mesa, o copo permanecerá em cima da mesa, pois o software identifica que uma mesa é uma mesa,

o chão é um chão e a cadeira é uma cadeira.
[9]

Trazendo essas modalidades para a construção civil, seria possível tanto a utilização da realidade aumentada, como da virtual ou mista para identificação de possíveis incompatibilidades ou inspeções em obra, através de modelagens tridimensionais, imagens e vídeos que quando rebatidos com a realidade mostrassem as interferências, em tempo real, de cada disciplina envolvida. Outra maneira de utilização poderia ser associada a execução, esclarecendo, in loco, o profissional os caminhos a serem seguidos, conforme o projeto, ganhando produtividade. No caso de relacionamento com o cliente, poderia ser exemplificada a criação de cenários virtuais, com o projeto desenvolvido, onde pudessem ocorrer a interações com o mesmo e agregar valor à apresentação da proposta. Além disso poderiam ser utilizados outros targets para divulgação, explicação e venda do empreendimento, pois essa tecnologia tem o poder de simplificar e ao mesmo tempo aproximar o cliente, quando envolvidas com meios digitais.

Figura 3 – Exemplo de realidade mista aplicada a projetos de arquitetura e construção civil



Fonte: Archdaily [10]

3.3 Metaverso

Segundo Luli Radfahrer, professor do curso de publicidade e propaganda da USP, o conceito de metaverso não é recente e surgiu na década de 1980, com o livro “Snow Crash”. [11]

O metaverso permite o acesso a um tipo de realidade paralela ou fictícia, onde é possível ter uma experiência imersiva. Através

de uma estrutura no mundo real, ele retrata um ambiente virtual, do qual visa passar uma sensação de realismo, mesmo que virtual.

Inicialmente essa tecnologia ganhou aplicabilidade em jogos, pois neles fazem sentido uma realidade paralela que possibilite imersão combinada com interação entre os participantes [11]. Contudo, naquele momento inicial, o avanço dessa ferramenta ficou limitado, já que ela exigia um processamento incompatível com a tecnologia disponível. Conforme Luli Radfahrer, havia

“uma limitação tecnológica, exigindo uma grande capacidade de processamento em uma época em que as conexões de internet eram lentas.” [11]

Além disso outra questão foi “a expansão das redes sociais” como Facebook, Twitter, onde são possíveis essas interações, porém de forma mais simplificada [11].

Apesar dessa limitação inicial, hoje espera-se que essa situação mude, uma vez que empresas de grande porte no mercado tecnológico, decidiram investir nessa ferramenta, como a Microsoft e o Facebook, que divulgou em 2021, o objetivo de se tornar uma “empresa de metaverso” em até cinco anos.

Com isso, será possível almejar melhorias sobre a ferramenta, objetivando um maior acesso acerca do produto, devido o possível barateamento dos equipamentos de realidade virtual, pois os altos valores ainda são um impedimento, principalmente no cenário brasileiro. Outro ponto seria o aprimoramento dos gráficos, que aumentaria o realismo a ser vivenciado. Sendo assim novos negócios poderão ganhar espaço no metaverso, como setores do ensino, de comércio, meios corporativos e da construção civil.

Também espera-se que com a chegada da tecnologia 5G, seja possível maiores processamentos, não se limitando apenas a um computador, onde seria utilizado um servidor remoto, permitindo então gráficos mais realistas [11].

4. Estudos de caso

4.1. Escritório FGMF

O escritório de arquitetura FGMF surgiu em 1999 por arquitetos, já amigos, da FAU-USP. Esse escritório nasceu com o objetivo de “produzir uma arquitetura contemporânea, sem restrições ao uso de materiais, técnicas construtivas e escalas” [13].

Abertos as possibilidades e a novas tecnologias, atualmente estão trabalhando em conjunto com uma empresa de visualização 3D, a Mint Studios, a qual está sendo a primeira da América Latina a abrir uma incorporadora para o Metaverso. Essa parceria veio do desejo de entregar um maior comprometimento e qualidade ao usuário do espaço, com isso a FGMF está produzindo seu primeiro projeto no Metaverso.

O projeto, nomeado como Genesis, pretende ser lançado em 2022 e sua venda ocorrerá no formato de NFTS (tokens não fungíveis). Ele consiste em um conjunto de apartamentos e lojas onde o indivíduo poderá adquirir seu próprio apartamento ou espaço comercial no ambiente virtual, podendo então conviver, trabalhar e se relacionar. No que se refere aos negócios, esse espaço possibilitará vivenciar toda experiência de compra, serviços, divulgação e reuniões que uma empresa ou trabalho exige.

O diferencial está justamente no envolvimento de um escritório de arquitetura “do mundo real” na confecção do projeto, pois dessa forma se torna mais viável entender as reais demandas e chegar em resultados e experiências mais próximas da realidade. Segundo Leonardo Bartz, CEO da Mint Studios, será utilizada todas as ferramentas de vendas que um lançamento imobiliário tradicional dispõe, tornando esse projeto pioneiro nesse mundo virtual [14].

Figura 4 – Projeto Genesis do escritório FGMF a ser lançado no metaverso, pela Myland Metaverse



Fonte: Myland Metaverse [14, 15, 16]

4.2. Augin

Augin é uma plataforma onde é possível o carregamento do projeto e sua colocação em um ambiente imersivo de colaboração. Esse aplicativo busca otimizar a comunicação com clientes e colaboradores através da realidade aumentada.

Nelé a equipe projetista consegue compartilhar e visualizar o projeto de maneira mais fluida, podendo esse compartilhamento ser por nuvem (forma de compartilhamento online) e a visualização do projeto ser em conjunto com outras pessoas, em diferentes escalas, inclusive em escala 1:1. Essa realidade aumentada acontece através de targets compartilhados ou criados pela plataforma.

Figura 5 – Apresentação de projeto com o uso da plataforma Augin



Fonte: Orlando, K [17]

4.3. Gamma AR

Este aplicativo pode ser utilizado para o acompanhamento de obras, pois sua tecnologia de realidade aumentada, permite a

sobreposição das informações de planejamento contidas no projeto, executado em modelagem BIM, com a realidade. Isso auxilia na visualização, do projeto, antes e durante a obra, gerando uma melhor compreensão da proposta e do planejamento, reduzindo erros, alterações de custo e prazos.

Figura 6 – Demonstração do aplicativo Gamma AR in loco



Fonte: GAMMA AR [18]

5. Aplicabilidades dos ambientes imersivos

Conforme o que já foi explicitado pode-se afirmar que a utilização de uma modelagem virtual viabiliza uma série de vantagens em relação a forma tradicional de projetar. Essa forma de comunicar e construir o projeto proporciona uma melhor compreensão sobre a proposta, antecipação e correção de possíveis interferências, além de um estudo e ensaio prévio sobre a viabilidade da operação/implantação da edificação.

5.1 Durante o processo de projeto

Tanto na fase estudo preliminar como na dos projetos executivos as tecnologias de ambientes virtuais e imersivos se mostram como um diferencial para a produção de projeto. No Estudo preliminar é possível utilizar dessas ferramentas para comunicar melhor o conceito e intenção do projeto, enquanto na fase de detalhamentos é possível obter uma melhor visualização das múltiplas compatibilizações, além de conseguir entregar um projeto mais preciso com a realidade.

Sendo assim, a utilização da metodologia BIM, com as técnicas de visualização apresentadas acima, permite acessar e produzir

modelos 3D, bem como ensaiar e visualizar o resultado e os dados, de forma totalmente virtual, remota. Além disso, essa tecnologia viabiliza gerenciar e planejar o projeto de forma mais colaborativa, já que é possível que mais de um profissional atue, ao mesmo tempo, na confecção e execução do projeto. Isso facilita o processo de projeto, permitindo maior agilidade, entendimento e acertos durante o detalhamento e execuções [19].

Imagine que equipes espalhadas pelo mundo poderão realizar uma prototipação imersiva, fazendo revisões do projeto e interagindo com as próprias mãos, tornando o processo muito mais rápido e barato. A visualização das camadas do projeto em BIM, que também ganharão suas versões imersivas, enquanto as opções de acabamento podem ser muito mais facilmente testadas e escolhidas pelo cliente em um ambiente simulando o real. Tudo isso muda as expectativas para a apresentação dos projetos, que passam a ser também imersivas. [19]

5.2 Marketing sustentável e experiência do usuário

Este é um dos aspectos de maior potencial dessa tecnologia, pois ela permite uma apresentação com maior envolvimento do cliente no processo, já que ela propicia a vivência do projeto antes da execução, mesmo que sem um decorado em espaço real. A utilização dos ambientes imersivos durante um lançamento possibilita uma forma prática, eficiente e sustentável de marketing e vendas, além de proporcionar a personalização do empreendimento ou espaço. Dessa forma o cliente pode realizar um passeio/experiência virtual e ali já visualizar suas escolhas sobre piso, acabamentos e móveis, facilitando então a venda [19].

5.3 Gerenciamento de projeto, acompanhamento de obra e pós-obra.

Durante a fase de obra, essas tecnologias se mostram eficientes e dinâmicas, uma vez que proporcionam a simulação do processo de execução, facilitando o acompanhamento das atividades, evitando inconformidades in loco. Esse acompanhamento pode se dar através da

integração com smartphones, tablets e aplicativos. Dessa forma, além da visualização, o projetista também tem a possibilidade de ajustar o projeto conforme a necessidade envolvida.

Outro ponto positivo se encontra na facilidade de uma manutenção preditiva, pois a existência de um modelo virtual rico em informações, precisas com a realidade, auxiliam no entendimento e no monitoramento do ciclo de vida da edificação a ser construída ou reformada.

Já no final da obra, através dessa tecnologia de ambientes imersivos, é possível construir um modelo digital igual ao do espaço real e a partir dele criar e transacionar ativos. Os ativos (assets) são itens que podem ser comercializados nos Metaversos como lojas, imóveis, terrenos, móveis etc. Para isso o modelo “deve conter todas as informações necessárias para sua operação e manutenção, incluindo o uso de dispositivos IoT (Internet of Things, ou internet das coisas) e até AI (Artificial Intelligence, ou inteligência artificial)” [19].

6. Considerações finais

A aplicação da tecnologia de ambientes imersivos na construção civil, associada as fases de projeto, ao acompanhamento de obras e a experiência do cliente, segue sendo aperfeiçoada e ainda encarada como um desafio por muitos profissionais, tanto dentro como fora do cenário brasileiro. A metodologia BIM tem obtido maior avanço através de incentivos políticos e legislativos, porém a utilização de realidades virtuais, pelo setor da construção civil, ainda se mostra a passos lentos, isso porque ambas as tecnologias para serem implementadas exigem uma mudança de pensamento, por parte dos profissionais, em relação ao trabalho e seus processos. No entanto os diversos benefícios associados as ferramentas se tornam mais atrativos que penosos, uma vez que elas têm o poder de potencializar o projeto, sua execução e sua venda.

O objetivo dessa pesquisa foi apresentar as possibilidades associadas a essas novas ferramentas de visualização, além disso permitiu demonstrar como elas impactam, positivamente, a rotina de um profissional, o processo de projeto, a experimentação do produto pelo cliente e os ganhos de uma empresa. Isso foi possível através do levantamento bibliográfico, da análise de casos que seguem com a implementação e da exposição de ferramentas/espaços virtuais já existentes. Também foram exemplificadas maneiras de evitar cenários com possíveis erros de projeto e a persistência deles no canteiro de obras, dos quais geram atrasos no cronograma e retrabalhos, simplesmente utilizando desses meios de comunicação, visualização e desenvolvimento de projeto. Com essa pesquisa, foi possível estruturar e sintetizar as principais formas, presentes no mercado, de aderir essas tecnologias e entender como elas podem ser introduzidas na construção civil, inclusive de forma a auxiliar e minimizar erros, evidenciando as interferências ou compatibilidades entre as disciplinas envolvidas no projeto.

Espera-se que essa pesquisa possa colaborar com a divulgação e incentivo do uso dessas ferramentas, que associadas a metodologia BIM, trazem benefícios em diversas esferas (projeto, cliente e empresa). Sendo assim, almeja-se que ela desperte o interesse por mais estudos sobre esse tema, na construção civil, tendo como enfoque a aplicabilidade para o contexto brasileiro e as infinitas possibilidades geradas, a fim de que seja possível acompanhar, observar e fazer parte desses constantes aperfeiçoamentos tecnológicos.

7. Referências

- [1] PMI. Project Management Institute. *Guia PMBOK: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos*. Sexta edição, Pennsylvania: PMI. p.395-457. 2017.
- [2] OLIVEIRA, M. *Um método para obtenção de indicadores visando a*

- tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes.* PPGA/UFRGS, 1999.
- [3] PRAIA, P. *A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: estudos de caso.* p. 180, 2019, [Online]. Available at: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/35215>.
- [4] MARSICO, M. L.; MEDEIROS, R. de; DELATORRE, V.; COSTELLA, M. F.; JACOSKI, C. A. *Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações,* Iberoam. J. Ind. Eng., vol. 17, p. 19–41, 2017.
- [5] SMITH, P. *BIM & the 5D project cost manager.* Procedia -Soc. Behav. Sci., vol. 119, p. 475–484, 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053.
- [6] SAEPRO. *O conceito BIM (Building Information Model).* Disponível em: <https://www.ufrgs.br/saepro/saepro-2/conheca-o-projeto/o-conceito-bim-building-information-model/>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- [7] GAO, H.; KOCH, C.; WU, Y. *Building Information Modelling based building energy modelling: A review.* Appl. Energy, vol. 238, no December 2018, p. 320–343, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.01.032.
- [8] AZHAR, S. *Building Information Modeling (BIM): a new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects.* First Int. Conf. Constr. Dev. Ctries., vol. 1, p. 435–446, 2008, [Online]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283118367_Building_Information_Modeling_BIM_A_New_Paradigm_for_Visual_Interactive_Modeling_and_Simulation_for_Construction_Project. Acesso em: 20 mai. 2022.
- [9] CYPRIANO, N. *XR, VR, AR e MR - Experiências Imersivas.* Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/xrvr-ar-e-mr-experi%C3%A3o-ancias-imersivas-nicoly-alves-cypriano>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- [10] SOUZA, E. *9 Tecnologias de Realidade Aumentada para construção.* Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- [11] MALAR, J. P. *Entenda o que é o metaverso e por que ele pode não estar tão distante de você.* Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/entenda-o-que-e-o-metaverso-e-por-que-ele-pode-nao-estar-tao-distante-de-voce/>. Acesso em: 01 jul. 2022.
- [12] PEREIRA, I. *Metaverso – interação e comunicação em mundos virtuais.* Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4863/1/2009_ItamardeCarvalhoPereira.pdf. Acesso em: 10 mai. 2022.
- [13] FGMF. Sobre. Disponível em: <http://fgmf.com.br/sobre/>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- [14] ABCCOM, R. *Mint Studios abre incorporadora para o metaverso e se torna a primeira da América Latina.* Disponível em: <https://www.abcdacomunicacao.com.br/mint-studios-abre-incorporadora-para-o-metaverso-e-se-torna-a-primeira-da-america-latina-2/>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- [15] MYLAND METAVERSE. Myland Metaverse. Disponível em: <https://www.instagram.com/mylandmetaverse/>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- [16] MYLAND METAVERSE. *What is Myland?* Disponível em: <https://mylandmetaverse.io/#our-map>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- [17] ORLANDO, K. *Usando BIM, VR e Realidade Aumentada em planta de casa 3D na arquitetura e engenharia civil.* Disponível em:

- [17] <https://www.youtube.com/watch?v=QGeZjK-C0oE&t=60s>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- [18] GAMMA AR. *BIM + Realidade Aumentada para Construção e Operação*. Disponível em: <https://gamma-ar.com/?lang=pt-br>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- [19] PASTORE, M. *Como o metaverso pode ser utilizado na construção civil?* Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzena/como-o-metaverso-pode-ser-utilizado-na-construcao-civil/>. Acesso em: 01 jul. 2022.