

# Aplicações do Metaverso para Construção Civil: um estudo exploratório com profissionais do setor na região de Metropolitana de São José do Rio Preto - SP

Victor Augusto Goulart Batista

[victoragbatista067@gmail.com](mailto:victoragbatista067@gmail.com)

João Vitor Ferreira Franco

[joaofranco.jf3@gmail.com](mailto:joaofranco.jf3@gmail.com)

Orientador(a): Adriana Alvarenga Dezani

[adriana@fatecriopreto.edu.br](mailto:adriana@fatecriopreto.edu.br)

Coorientador(a): Henrique Dezani

[henrique@fatecriopreto.edu.br](mailto:henrique@fatecriopreto.edu.br)

Faculdade de Tecnologia, FATEC de S. J. do Rio Preto/SP

**Resumo:** O presente Trabalho de Graduação explora o uso do Metaverso como uma ferramenta disruptiva na construção civil, investigando as oportunidades e desafios para sua implementação. Este estudo baseia-se em uma análise teórica sobre a evolução dos ambientes imersivos e discute conceitos fundamentais, como Realidade Virtual (VR), Realidade Aumentada (AR) e a integração com a Internet das Coisas (IoT). O trabalho utiliza uma metodologia que combina revisão bibliográfica e pesquisa de campo, incluindo a análise comparativa de plataformas de VR, como Fuzor e ARki, aplicadas em projetos reais. Os resultados indicam que o uso dessas tecnologias pode melhorar a eficiência dos processos de planejamento e execução de obras, reduzindo custos e facilitando a colaboração entre equipes. Por fim, o estudo identifica a necessidade de capacitação profissional e aponta o Metaverso como uma tendência crescente no setor, destacando seu potencial para transformar as práticas tradicionais e aumentar a competitividade.

**Palavras-chave:** metaverso; construção civil; realidade virtual; realidade aumentada; IoT; ambientes imersivos.

**Abstract:** *This Graduation Thesis investigates the use of the Metaverse as a disruptive tool in the construction industry, analyzing the potential opportunities and challenges for its adoption. The study provides a comprehensive theoretical review on the evolution of immersive environments, discussing key concepts such as Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and the integration with the Internet of Things (IoT). The methodology employed combines a literature review with field research, including a comparative analysis of VR platforms such as Fuzor and ARki, applied in real-world projects. The findings suggest that these technologies can enhance project efficiency, lower costs, and improve collaboration among teams. Additionally, the study highlights the need for professional training and suggests that the Metaverse is a growing trend in the industry, poised to revolutionize traditional practices and boost competitiveness.*

**Keywords:** *metaverse; construction industry; virtual reality; augmented reality; IoT; immersive environments..*

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos pilares fundamentais da economia brasileira, abrangendo uma vasta gama de atividades que incluem a construção de edifícios, obras de infraestrutura, e serviços especializados. Esta indústria é responsável pela execução de projetos que vão desde residências e prédios comerciais até grandes obras públicas como pontes, rodovias e sistemas de saneamento. Com uma rede complexa que integra desde o planejamento e execução de projetos até o fornecimento de materiais e mão de obra, a construção civil desempenha um papel crucial na geração de empregos e no desenvolvimento econômico do país (CBIC,2024; APC, 2024).

Nos últimos anos, a construção civil no Brasil tem enfrentado uma série de desafios quanto às oportunidades. A pandemia da COVID-19 impactou negativamente o setor, com quedas significativas no PIB da construção em 2020. Entretanto, o cenário começou a se reverter gradualmente, com sinais de recuperação e um crescimento estimado em 1,3% para 2024.

A adaptação às novas tecnologias e práticas sustentáveis, com o uso de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para garantir transparência em orçamentos e a adoção de práticas ESG, abreviação do termo *Environmental, Social and Governance*, usado em mercados de câmbio e por potenciais compradores para avaliação comportamental de suas empresas segundo Netzsch (2024), está moldando o futuro da indústria. Essas tendências refletem a necessidade de inovação constante para enfrentar os desafios econômicos e atender às demandas de um mercado em evolução (APC, 2024; MONEYTIMES, 2024).

A construção civil é um dos principais motores da economia brasileira, com uma participação significativa no Produto Interno Bruto (PIB). Nos últimos anos, mesmo diante das adversidades trazidas pela pandemia da COVID-19, o setor apresentou resultados positivos, destacando-se como um dos principais indicadores da recuperação econômica. O PIB da construção civil, embora tenha mostrado volatilidade, refletiu as oscilações causadas pelas ondas de recuperação econômica, sustentadas por investimentos em infraestrutura e programas habitacionais.

Esses resultados demonstram que a construção civil continua sendo um setor essencial para a economia brasileira, capaz de sinalizar o retorno à estabilidade dos mercados nacionais (CBIC, 2024; APC, 2024). Sendo assim, o mercado da construção civil está em

constante busca por inovação e atento às tecnologias emergentes que possam potencializar seu desempenho. Nesse contexto, a Indústria 4.0 surge como um fator transformador, trazendo a integração de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT) e a automação inteligente, que estão revolucionando o setor. Essas inovações permitem um controle mais preciso dos processos, redução de custos e aumento da segurança no ambiente de trabalho.

Nesse contexto, o metaverso surge como uma extensão dessa revolução tecnológica, oferecendo um ambiente virtual onde arquitetos, engenheiros e clientes podem visualizar e manipular projetos em três dimensões antes da construção física. Isso não apenas facilita a comunicação e a colaboração entre as partes envolvidas, mas também permite a realização de simulações e treinamentos em um ambiente seguro, reduzindo riscos e custos. A criação de "gêmeos digitais", que replicam construções no ambiente virtual, permite um monitoramento contínuo e ajustes durante todo o ciclo de vida do projeto, potencializando a sustentabilidade e eficiência das obras (APC, 2024; MONEYTIMES, 2024).

Diante desse cenário, a pergunta central que norteia o presente estudo é: **Quais são as aplicações do metaverso na construção civil e como essa tecnologia pode transformar o setor?** Essa investigação busca entender como o metaverso pode ser utilizado para aprimorar os processos na construção civil, além de identificar os fatores necessários para sua implementação eficaz.

## **1.1 Objetivos**

### **1.2 Objetivo Geral**

Busca entender como o metaverso pode ser utilizado para aprimorar os processos na construção civil, além de identificar os fatores necessários para sua implementação eficaz.

### **1.3 Objetivo específicos**

- Avaliar as aplicações do metaverso na construção civil, com foco em como essa tecnologia pode melhorar o planejamento e a execução de projetos.
- Identificar os desafios e oportunidades da adoção do metaverso no setor, especialmente em termos de colaboração, redução de custos e inovação.
- Analisar a viabilidade do metaverso como uma plataforma para o mercado da construção civil, considerando as tecnologias que as empresas precisam dominar para sua implementação.

## **2. METODOLOGIA**

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, inicialmente realizará uma pesquisa embasada no método teórico prático estruturado e o método qualitativo (Lakatos, 2008). As técnicas de pesquisa empregada será o levantamento bibliográfico, pesquisa *survey*. Para tanto, foram selecionados profissionais no segmento da construção civil.

### **2.1 Tipo de pesquisa**

Utilizou-se a pesquisa exploratória que, de acordo com Aaker, Kumar e Day (2004), é utilizada quando se busca maior entendimento sobre a natureza de um problema quando existe pouco conhecimento prévio daquilo que se pretende conseguir.

Posteriormente, realizaram-se pesquisas descritivas, que tem como finalidade observar, analisar e descrever as características de grupos como consumidores, obtendo um perfil dos consumidores por meio de distribuição em relação a gênero, idade, escolaridade, renda, e estimar a porcentagem de indivíduos em uma população específica que apresenta um determinado comportamento (MATTAR, 2007).

O presente trabalho focalizou profissionais do segmento da construção civil (engenheiros, arquitetos, construtoras). Procurou compreender as oportunidades dessa tecnologia no segmento e as principais dificuldades e objeções quanto a uso dessa tecnologia. Para tanto, foi elaborado um questionário semiestruturado, não disfarçado para apresentar *Insights* deste setor econômico em São José do Rio Preto, utilizando a ferramenta *Google Forms*, ele foi enviado via e-mail e disponibilizado em redes sociais para o público-alvo. Optou-se pela amostragem não probabilística e intencional.

### **2.2 Coleta de dados**

A coleta de dados foi realizada durante o período de setembro a outubro de 2024.

### **2.3 Análises dos dados**

Para a análise será utilizada a técnica de análise do método descritivo, onde têm o objetivo de proporcionar informações sumarizadas dos dados contidos no total de elementos da amostra estudada. Este método é utilizado na pesquisa de marketing para descrição dos

dados que compreendem as medidas de posição, que serve para caracterizar o que é típico no grupo estudado (MATTAR, 2007).

## **2.4 Análise de Conteúdo**

A presente análise de conteúdo foi transcrita através da ferramenta de inteligência artificial Notta AI, na qual uma das profissionais que responderam o formulário de livre vontade espontânea, apresentou a seguinte abordagem e opinião do tema.

Segundo a Engenheira Salvione, atualmente compradora sênior em uma empresa construtora em São José do Rio Preto, “ *com empreendimentos imobiliários, a implementação de uma interface virtual para projetos imobiliários apresenta diversos benefícios, especialmente para as áreas de vendas e experiência do cliente*”. Salvione destaca “*que tecnologias similares já são utilizadas por outras construtoras, como a RNI e possivelmente a própria empresa, permitindo que os clientes explorem virtualmente apartamentos decorados. Embora essas soluções ofereçam vantagens claras*”, observa a engenheira que ainda não são amplamente adotadas em todas as empresas. Ela menciona que, em cidades menores do interior, muitos clientes ainda preferem visitar os empreendimentos pessoalmente, mas ressalta a importância de uma opção virtual para visualização imediata e uma compreensão mais clara dos projetos.

Salvione também discute os desafios e oportunidades na aplicação de tecnologia na indústria da construção civil. Ela destaca “*que, embora haja potencial para inovação em alguns aspectos, os serviços mais básicos e impactantes na obra ainda enfrentam resistência à tecnologia*”. A engenheira menciona especificamente a alvenaria como um exemplo de trabalho que continua a ser realizado de maneira tradicional, com pouca evolução tecnológica. No entanto, observa que há mais oportunidades para aplicação de tecnologia em áreas como projeto e interface com o cliente.

## **3. REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 Metaverso**

O termo "metaverso" surgiu na década de 1990, sendo popularizado pelo autor Neal Stephenson em seu romance de ficção científica *Snow Crash*, publicado em 1992. No livro, o

metaverso é descrito como um ambiente virtual imersivo onde as pessoas interagem por meio de avatares digitais em um espaço tridimensional. Desde então, o conceito tem evoluído, referindo-se a um espaço digital coletivo e interconectado, composto por múltiplas plataformas e ambientes virtuais. A evolução das tecnologias digitais, como realidade aumentada (AR), realidade virtual (VR) e blockchain, tem impulsionado o desenvolvimento do metaverso, transformando-o em uma fronteira tecnológica cada vez mais relevante e acessível.

Segundo Kim (2022, p. 615), o metaverso é definido como “o mundo permanente e imersivo de realidade mista (incluindo o mundo virtual como o mundo paralelo do mundo real ou o mundo real de dados sendo aumentados) onde pessoas e pessoas, pessoas e objetos podem interagir de forma síncrona, colaborar e viver sobre a limitação de tempo e espaço, usando avatar, os dispositivos de suporte de imersão, plataforma e infraestrutura”. Essa definição ressalta a natureza híbrida e a capacidade do metaverso de transcender as barreiras de tempo e espaço, proporcionando uma interação contínua entre o real e o virtual.

O Metaverso se trata na prática de um ambiente virtual, sem uma influência temática específica, porém moldável ao gosto do usuário, dando a ele uma **imersão virtual** maior

## **3.2 Ambiente Imersivo e Imersão Virtual**

### **3.2.1 Ambientes Imersivos**

Para compreender o ambiente imersivo faz-se necessário aprofundar quanto ao seu conceito e aplicabilidade.

De acordo com Slater (2003), ambientes imersivos podem ser definidos como espaços digitais ou físicos que integram tecnologias avançadas, como realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e simulações interativas, permitindo aos usuários não apenas observar, mas também interagir com os elementos presentes nesses ambientes. Esses espaços são pensados para promover uma experiência envolvente, na qual o usuário sente-se parte do ambiente, o que aumenta o nível de imersão. Essa imersão é crucial, pois possibilita uma percepção mais realista e uma resposta emocional mais intensa às situações apresentadas no ambiente virtual.

Segundo Dede (2009), ambientes imersivos são caracterizados pela criação de uma sensação de presença, na qual os usuários podem vivenciar simulações interativas com muito

realismo e feedback sensorial. Esses ambientes são comumente encontrados em plataformas como a realidade virtual (RV), realidade aumentada (RA) e realidade mista (RM).

As principais características dos ambientes imersivos:

a) Multissensorialidade: Integração de estímulos visuais, auditivos e até mesmo táteis para envolver o usuário de maneira mais profunda (Slater & Wilbur, 1997).

b) Interatividade: A capacidade de interagir com o ambiente é fundamental para aumentar o grau de imersão e proporcionar uma experiência envolvente (Loomis, 1992).

c) Simulação: A criação de mundos e cenários digitais que imitam o comportamento e as dinâmicas do mundo real, ou criam realidades alternativas (Biocca & Levy, 1995).

### **3.2.2 Imersão Virtual**

A imersão virtual é o estado psicológico de “estar dentro” de um ambiente simulado digitalmente, em que a percepção do usuário se concentra principalmente nos estímulos desse ambiente, minimizando assim a influência do mundo exterior.

Segundo Slater e Wilbur (1997), a imersão virtual pode ser entendida como a profundidade e amplitude de sensações oferecidas por um ambiente virtual, que depende da tecnologia utilizada quanto da capacidade do ambiente em simular uma realidade convincente.

De acordo com Slater (2003) descreve dois componentes que são principais da imersão virtual

a) Imersão sensorial: Refere-se à qualidade do ambiente em gerar estímulos que substituem os do mundo real, criando uma sensação de presença. A intensidade e qualidade dos elementos gráficos, sonoros e táteis influenciam diretamente a imersão.

b) Imersão cognitiva: A capacidade do ambiente virtual de engajar o usuário em um nível mental e emocional, onde ele se sente "mentalmente presente" na experiência virtual.

A imersão também pode variar em graus, dependendo da complexidade do ambiente e da resposta emocional e cognitiva do usuário (Biocca, 1997).

### **3.2.3 Importância da Imersão em Ambientes Virtuais**

O valor dos ambientes imersivos vai além do entretenimento. Têm aplicações em áreas como a educação, a formação, a saúde e, no caso da engenharia civil, no planejamento e projeto de edifícios e infraestruturas. A imersão virtual permite que os usuários experimentem

cenários com segurança, vivenciem ambientes de difícil acesso e melhorem suas habilidades cognitivas e motoras em um ambiente controlado e repetível (Sherman e Craig, 2003).

### **3.3 Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR)**

#### **3.3.1 Realidade Virtual**

A realidade virtual também conhecida como VR (pronuncia-se “vi-ár”, do inglês *Virtual Reality*), refere-se a um ambiente digital totalmente simulado que busca substituir o mundo real por um espaço gerado por computador. A VR utiliza tecnologias como headsets (óculos de realidade virtual) e sensores de movimento para proporcionar uma experiência interativa e imersiva. O usuário pode olhar ao redor e mover-se em qualquer direção. As imagens 3D que o usuário vê são ajustadas no tempo com os movimentos da cabeça, criando uma experiência envolvente e imersiva (Ebac Online, 2024).

Segundo Sherman e Craig (2003), VR é caracterizada por três principais componentes:

- a) Imersão: A sensação de estar fisicamente presente em um ambiente virtual.
- b) Interatividade: A habilidade do usuário de interagir com o ambiente virtual, alterando sua perspectiva ou manipulando objetos.
- c) Envolvimento: O nível de atenção e concentração que o usuário dedica à experiência virtual.

A VR pode criar simulações completamente artificiais ou replicar ambientes reais, sendo amplamente utilizada em áreas como jogos, simulação de treinamento, arquitetura e medicina.

#### **3.3.2 Realidade Aumentada**

A realidade aumentada (AR) ou no inglês “*Augmented Reality*”, envolve a sobreposição de informações digitais sobre o mundo real, criando uma camada de dados virtuais que complementa a visão do usuário. Ao contrário da realidade virtual, a realidade aumentada não substitui o ambiente físico, mas complementa e proporciona interações reais e informações adicionais. A AR geralmente é vivenciada por meio de dispositivos móveis ou óculos especiais que projetam imagens e informações no mundo real (Ebac Online, 2024).

De acordo com Azuma (1997), AR tem três características principais:

a) Combinação de real e virtual: A AR mescla elementos digitais com o ambiente físico ao redor do usuário.

b) Interatividade em tempo real: O usuário pode interagir com os elementos digitais sobrepostos, gerando mudanças no ambiente virtual.

c) Alinhamento tridimensional: Os objetos virtuais estão corretamente alinhados e integrados com o ambiente real.

A AR é popular em jogos para dispositivos móveis como Pokémon GO, mas também muda a forma como as lojas mostram os produtos, permitindo que os clientes os vejam no seu espaço antes de comprar (Flavián et al., 2019).

### **3.4 Internet das Coisas (IOT)**

#### **3.4.1 Internet das Coisas**

A Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) consiste em conectar itens de uso diário à Internet para que eles possam compartilhar informações por conta própria. Essa tecnologia mudou muitos setores, como a construção das coisas, e assim facilitando o trabalho, o monitoramento das ferramentas e o menor consumo de energia.

IoT pode ser descrita como a rede de dispositivos físicos, veículos, prédios e outros itens que possuem tecnologia embarcada para coletar e transmitir dados. Segundo Ashton (2009), o termo foi criado para se referir à ideia de conectar "coisas" comuns à internet, possibilitando a coleta de dados em tempo real para uma variedade de finalidades.

De acordo com o site SAP (2024) as principais características do IoT:

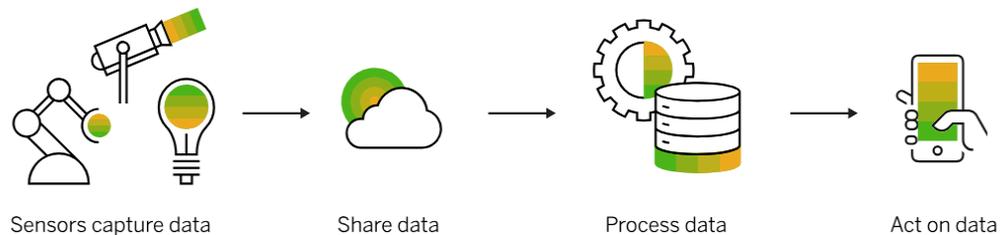
- a) Conectividade: Capacidade de conectar objetos do mundo físico à internet.
- b) Sensores: Dispositivos que coletam dados sobre o ambiente.
- c) Automação: Redução da necessidade de intervenção humana ao permitir que os dispositivos atuem de forma autônoma.

IoT tem diversas aplicações, incluindo automação residencial, onde dispositivos como termostatos e câmeras podem ser controlados remotamente, e no setor de saúde, com dispositivos vestíveis que monitoram sinais vitais.

Para compreender o conceito de Internet das Coisas (IoT), é necessário entender o funcionamento dos dispositivos IoT, que atuam como sensores, capturando dados de maneira autônoma. Esses dispositivos coletam informações projetadas para monitorar o ambiente e, em seguida, transmitem os dados para serem analisados e utilizados na automação de

processos ou para a tomada de decisões futuras. Esse processo de captura e análise de dados pode ser dividido em quatro fases principais:

**Figura 1 - Quatro fases principais da Internet das Coisas**



Fonte: Reproduzida de **SAP**

Os dispositivos **IoT** de coleta de dados, como os sensores, captam informações do ambiente em que operam, que podem variar de dados simples, como temperatura, até informações mais complexas, como vídeos em tempo real. Esses dados são então transmitidos via rede para um sistema na nuvem, público ou privado, ou para outro dispositivo, onde podem ser armazenados para análises futuras. Na fase de manipulação de dados, softwares específicos processam essas informações e podem ativar ações automatizadas, como a ativação de ventiladores ou o envio de alertas. Finalmente, os dados coletados são analisados para gerar insights que auxiliam na tomada de decisões em processos empresariais (SAP, 2024).

As principais vantagens do uso da Internet das Coisas (IoT) são:

a) **Produtividade:** A automação e o monitoramento remoto permitem que os gestores identifiquem problemas e otimizem o uso de recursos (Al-Faqaheh et al., 2015).

b) **Redução de custos:** Com dados em tempo real é possível reduzir o desperdício de energia e otimizar o ciclo de vida de equipamentos e materiais (Chen et al., 2022).

c) **Segurança:** Sensores podem ser usados para monitorar condições ambientais e prever falhas estruturais, melhorando a segurança no canteiro de obras (SAP, 2024).

A fusão da Internet das Coisas (IoT) e do Metaverso promete mudar drasticamente a forma como se interage com os mundos físico e digital. Com a capacidade de conectar dispositivos e coletar dados em tempo real, a IoT pode fornecer ao metaverso informações constantes sobre o ambiente real, criando uma experiência imersiva e uma interação que espelha o mundo físico (Smith e Johnson, 2023).

A combinação dessas duas tecnologias (IoT e metaverso) abre caminho para a inovação, colaboração e automação, especialmente em áreas como a construção civil, onde o controle remoto e a visualização de projetos podem ser amplamente beneficiados por essa fusão (SAP, 2024; Silva et al., 2021).

### **3.5 Web 2.0 e Web 3.0**

A Internet evoluiu através de várias fases, cada uma distinguida pelas suas características tecnológicas e funcionais únicas. A Web 2.0 significa que a Internet nos permite interagir e partilhar, enquanto a Web 3.0 é uma Internet mais inteligente que compreende os dados para nos proporcionar experiências mais pessoais e automáticas.

#### **3.5.1 Web 2.0: A Internet Interativa**

O termo web 2.0 foi desenvolvido no início dos anos 2000 e refere-se a um período da Internet em que os utilizadores contribuem ativamente para a criação de conteúdos, ao contrário da web 1.0, que era principalmente unilateral. Essa mudança foi influenciada por plataformas como blogs, redes sociais e wikis, que permitiam aos usuários interagirem com criadores de conteúdo e compartilhar suas próprias ideias (O'Reilly, 2005).

As principais características da web 2.0 são:

Plataformas como Wikipedia, Facebook e YouTube permitem que os usuários criem e troquem conteúdo.

O design da interface e a usabilidade aprimorada simplificaram o processo de criação e publicação de conteúdo para usuários comuns.

Tecnologias como RSS, XML, AJAX e SIP abertas facilitaram o desenvolvimento de aplicações mais dinâmicas e interativas.

O principal objetivo da Web 2.0 é tornar a web um ambiente social acessível a todos que a utilizam, onde cada pessoa possa escolher e gerenciar informações de acordo com suas necessidades e interesses.

#### **3.5.2 Web 3.0: A Internet Semântica**

A Web 3.0, também conhecida como Web Semântica, é sucessora da Web 2.0 e se concentra em tornar a Internet mais acessível e conectada.

Em vez de conectar pessoas e conteúdos, a Web 3.0 utilizará inteligência artificial, blockchain e tecnologias descentralizadas para conectar dados

de forma eficaz. Acredita-se que

Internet pode informar as pessoas sobre as informações que fornece e fornecer respostas precisas e personalizadas (Berners-Lee, 2001).

Os aspectos que compõem a Web 3.0 incluem:

a) Escalabilidade: O uso de tecnologia como blockchain permite que os dados sejam tratados de forma descentralizada, sem a necessidade de intermediários (Buterin, 2014).

b) Interoperabilidade: Dados e sistemas interagem de maneira mais fluida, facilitando o compartilhamento de informações entre diferentes plataformas (Berners-Lee, 2001).

c) Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: a Web 3.0 usa IA para entender o comportamento do usuário e oferecer experiências personalizadas (Russell & Norvig, 2010).

A principal distinção entre a Web 2.0 e a Web 3.0 reside no nível de controle e na gestão dos dados. Enquanto a Web 2.0 está centrada na criação colaborativa de conteúdo e na interação entre usuários, a Web 3.0 foca em conectar e integrar esses dados para oferecer experiências mais automatizadas e personalizadas. Além disso, a Web 3.0 incorpora o conceito de descentralização, permitindo que os próprios usuários tenham maior controle sobre seus dados e interações na rede, utilizando tecnologias como blockchain para garantir uma gestão mais eficiente e segura (Voshmgir, 2020; Wood, 2024).

A evolução da Web (Web 2.0 e Web 3.0) e a ligação entre mundos virtuais estão a criar uma paisagem digital que combina interação, distribuição e imersão. A Web 2.0 traz a possibilidade de colaboração e produção em massa, necessária para suportar plataformas digitais e redes sociais que são a base da comunicação no espaço. A Web 3.0 realiza mudanças dinâmicas e inteligentes controladas pelos próprios usuários por meio da distribuição de blockchain e do uso de inteligência artificial. Como uma extensão da Internet de terceiros, o ambiente virtual passa pela interação bidirecional da Web 2.0 e espera-se que traga experiências profundas, interativas e pessoais, que mudarão nossas vidas e setores como educação, entretenimento e construção civil.

### **3.6 Aplicação do Metaverso na Construção Civil**

O Metaverso tem ganhado relevância na construção civil devido ao seu potencial de inovar processos, reduzir custos e aprimorar a colaboração entre equipes. Tecnologias imersivas, como Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR), permitem que projetos sejam visualizados e ajustados em ambientes virtuais antes da execução física, aumentando a precisão e evitando erros. Entre essas tecnologias, destaca-se o uso de gêmeos digitais, que

são réplicas virtuais precisas de objetos ou sistemas físicos, permitindo monitorar e ajustar estruturas durante todo o ciclo de vida da obra em tempo real (MOLNAR *et al.*, 2021)

O Metaverso tem se tornado cada vez mais relevante na construção civil, impulsionado pela integração de tecnologias avançadas, como realidade aumentada (AR), realidade virtual (VR) e gêmeos digitais. Essas ferramentas imersivas vêm transformando o modo como projetos são planejados, visualizados e gerenciados, proporcionando maior precisão e eficiência ao setor. Além disso, a possibilidade de criar ambientes virtuais interativos permite que as equipes trabalhem de forma colaborativa, independentemente da localização física, otimizando a comunicação e reduzindo falhas de execução. Aplicações como o acompanhamento em tempo real de obras, ajustes virtuais antes da construção física e simulações de desempenho de estruturas destacam-se entre os principais benefícios. Essa integração de tecnologias no ambiente do metaverso também facilita o gerenciamento do ciclo de vida da edificação, desde o projeto até a manutenção, garantindo maior economia e sustentabilidade ao setor (MOLNAR *et al.*, 2021).

### **3.6.1 Gêmeos Digitais**

O conceito de gêmeo digital refere-se à criação de uma réplica virtual detalhada de um objeto, sistema ou processo físico, permitindo o monitoramento, análise e simulação em tempo real. Na construção civil, os gêmeos digitais podem ser utilizados para acompanhar o progresso de uma obra, prever problemas antes que eles ocorram e realizar ajustes no planejamento sem a necessidade de intervenções físicas. Essa tecnologia permite uma visão mais integrada de todo o ciclo de vida de um projeto, desde o design até a manutenção, facilitando a tomada de decisões e reduzindo os custos (KAVRAKI *et al.*, 2020)

Além disso, os gêmeos digitais permitem que todos os envolvidos no projeto acessem informações precisas e atualizadas, promovendo uma maior colaboração e eficiência no processo construtivo. Assim, o uso dessa tecnologia no Metaverso amplia as capacidades de gestão e controle de obras, contribuindo para um planejamento mais sustentável e preciso.

### **3.6.2 Realidade Aumentada para Modelagem de Projetos**

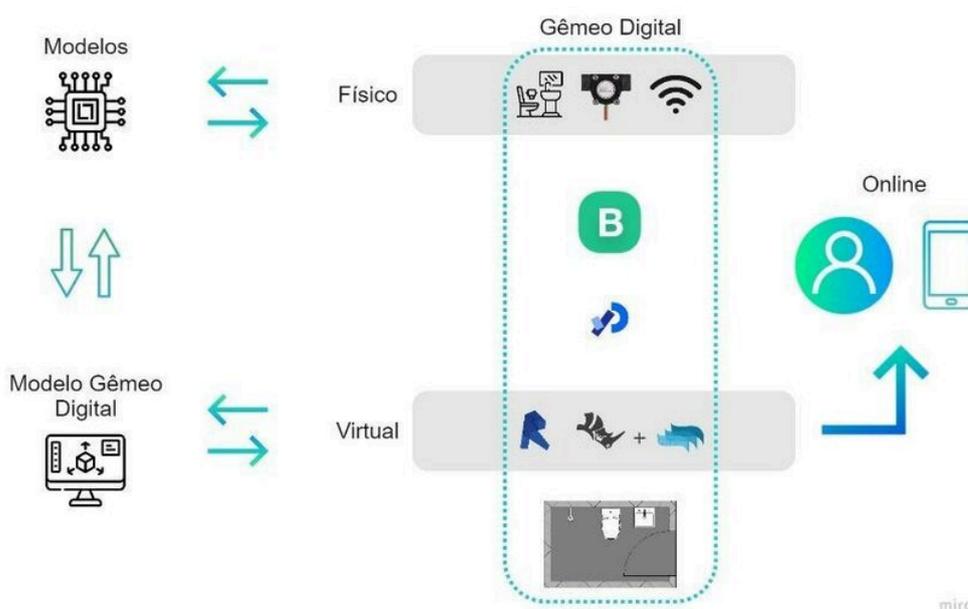
A Realidade Aumentada (AR) é uma das tecnologias mais promissoras no contexto do Metaverso para a construção civil. Ela permite que os profissionais visualizem modelos 3D de projetos sobrepostos ao ambiente real, o que facilita a verificação de possíveis interferências no espaço físico. Durante a fase de planejamento e construção, a AR pode ser utilizada para

visualizar estruturas que ainda não foram erguidas, possibilitando ajustes mais precisos antes da execução física. Isso minimiza erros de compatibilidade entre projetos e espaço, ajudando a evitar retrabalhos e atrasos (COSTA *et al.*, 2022). No entanto, a sua aplicação ainda gera questionamentos sobre custos de implementação e a curva de aprendizado necessária para integrar a tecnologia ao cotidiano das equipes de obra.

### 3.6.3 Plataformas de Colaboração Virtual no Metaverso

Outra aplicação crucial do Metaverso na construção civil é a criação de plataformas colaborativas que conectam diferentes profissionais em um ambiente virtual compartilhado. Essas plataformas permitem a visualização simultânea de projetos e a realização de alterações em tempo real, o que pode acelerar a tomada de decisões e evitar erros de comunicação entre as partes envolvidas no projeto. Isso é particularmente útil em obras de grande porte, onde múltiplos profissionais, como engenheiros, arquitetos e gestores, precisam coordenar suas atividades (ZHOU *et al.*, 2023). No entanto, ainda há desafios a serem superados, como a integração dessas plataformas com os sistemas já existentes nas empresas de construção e a adaptação dos profissionais a um ambiente de trabalho virtual, levantando questões sobre a viabilidade total dessa transição.

Figura 2: Diagrama de Implantação de Gêmeo Digital



Fonte: Elaborado a partir de PASSOS, Fernanda Werlich; BITENCOURT, Eduarda; SANSÃO, Marcos; VAZ, Carlos Eduardo Verzola.

### **3.7 Fatores Necessários para a Execução do Metaverso na Construção Civil**

A implementação do Metaverso na construção civil requer uma série de fatores fundamentais para garantir sua viabilidade e eficiência. Esses fatores são principalmente tecnológicos, financeiros e humanos, e desempenham um papel crítico na adoção bem-sucedida desta tecnologia emergente.

#### **3.7.1 Infraestrutura Tecnológica**

Para a execução eficaz do Metaverso na construção civil, é necessário investir em uma infraestrutura tecnológica robusta. Isso envolve a utilização de servidores de alta performance, conectividade de internet de alta velocidade, além de dispositivos de Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR). A infraestrutura deve suportar a criação de gêmeos digitais, que são réplicas virtuais detalhadas de sistemas físicos, permitindo a monitorização e simulação em tempo real ao longo de todo o ciclo de vida de uma construção (Baar *et al.*, 2020). Além disso, é crucial garantir que os dados possam ser acessados e compartilhados em ambientes colaborativos por múltiplas equipes, possibilitando o trabalho em tempo real e de maneira integrada.

#### **3.7.2 Capacitação Profissional**

Outro fator chave para a adoção do Metaverso é a qualificação profissional. Profissionais da área de construção, como engenheiros, arquitetos e técnicos, precisam ser treinados para utilizar ferramentas avançadas, como softwares de modelagem 3D e tecnologias de gêmeos digitais. O treinamento contínuo garante que as equipes estejam atualizadas com as inovações tecnológicas e sejam capazes de utilizar de maneira eficiente as plataformas virtuais, proporcionando uma integração mais rápida e eficaz dessas tecnologias nos processos construtivos (Koul, Eykamp; Brown, 2022).

#### **3.7.3 Investimento Financeiro**

A introdução do Metaverso na construção civil requer um investimento inicial significativo. Isso inclui a aquisição de hardware e software especializados, além da implementação de sistemas de suporte. No entanto, os benefícios de longo prazo, como a redução de custos com erros de projeto, a maior eficiência nos processos e a diminuição do tempo de construção, justificam o investimento. Um estudo recente mostra que o uso de

tecnologias imersivas pode reduzir em até 20% os custos de retrabalho em grandes obras (Gill & Rout, 2021). Portanto, o planejamento financeiro adequado é essencial para garantir que os recursos estejam disponíveis para a implementação e manutenção da infraestrutura necessária.

### 3.7.4 Colaboração Interdisciplinar

A integração entre diferentes plataformas e ferramentas digitais é fundamental para garantir a eficiência na utilização do Metaverso na construção civil. A colaboração entre engenheiros, arquitetos, gestores de projetos e outros profissionais da área precisa ser facilitada por sistemas que permitam o compartilhamento e a manipulação de informações em tempo real. Tecnologias como os gêmeos digitais são essenciais para garantir que todos os envolvidos tenham uma visão clara e unificada do projeto, permitindo ajustes e melhorias ao longo do processo (Maropoulos; Ceglarek, 2021).

## 3.8 Material Necessário

Segundo a Instituição financeira Binance Academy (2024), a implementação do Metaverso na construção civil envolve uma série de fatores que impactam diretamente nos custos, os quais são influenciados pela complexidade e pelo tamanho do projeto em questão. Para uma empresa de médio porte, o investimento inicial para adquirir os equipamentos, licenças e infraestrutura necessária pode variar entre R\$500 mil e R\$1 milhão (BINANCE ACADEMY, 2024; AECWeb, 2023; APC, 2023). Esse montante contempla diversos componentes essenciais, como:

### 3.8.1 Hardware

Computadores de Alta Performance são essenciais para lidar com a renderização de ambientes complexos em tempo real. Os exemplos incluem:

**Estação de trabalho Dell Precision 7920:** Equipado com processadores Intel Xeon, RAM de até 1.5TB e placas gráficas de alta performance como a NVIDIA Quadro RTX 8000.

**HP Z8 G4 Workstation:** Com suporte para dual processadores Intel Xeon e até 3TB de memória RAM, é uma máquina projetada para cargas de trabalho exigentes.

**Apple Mac Pro:** Com seu design modular, essa máquina oferece poderosas opções de processamento gráfico com placas AMD Radeon Pro W6800X Duo e até 1,5 TB de RAM, ideal para renderizações 3D e simulações em VR.

Além disso, para experiências imersivas, é fundamental dispor de headsets de VR/AR, como o Oculus Quest 2 ou o Microsoft HoloLens 2, que permitem a visualização e interação com os ambientes do Metaverso (NVIDIA, 2024)(CBIC, 2024)(AEC Web, 2024).

### **3.8.2 Plataformas Digitais**

Para criar e gerenciar os ambientes virtuais no Metaverso, algumas das principais plataformas utilizadas incluem:

**Unreal Engine e Unity:** Ambos oferecem ferramentas poderosas de criação de mundos virtuais e são amplamente utilizados no desenvolvimento de projetos 3D e imersivos.

**The Sandbox e Decentraland:** Plataformas de Metaverso que possibilitam a criação e manipulação de ambientes digitais, podendo ser adaptadas para projetos da construção civil (TECMUNDO, 2024)(Prevision, 2023). De acordo com Binance (2024), essas plataformas são fundamentais para permitir a colaboração e interação em tempo real entre os profissionais envolvidos no projeto.

### **3.8.3 Servidores e Infraestrutura**

A execução do Metaverso também demanda uma infraestrutura de servidores de alta capacidade para lidar com grandes volumes de dados e para garantir que os usuários possam acessar os ambientes virtuais sem interrupções. Empresas podem optar por serviços de nuvem como os oferecidos pela AWS (Amazon Web Services), que permitem escalabilidade e segurança.

## **3.9 Viabilidade da Plataforma para o Mercado**

A viabilidade do Metaverso no mercado da construção civil está fortemente relacionada à capacidade do setor de absorver novas tecnologias e integrá-las aos processos existentes. Embora os desafios tecnológicos e econômicos sejam consideráveis, os benefícios potenciais, como a otimização de processos e a redução de custos, tornam a exploração desse recurso promissora para o futuro (SANTOS, 2023).

### **3.9.1 Demanda do Mercado**

A demanda pelo uso de tecnologias imersivas, como o Metaverso, está crescendo, à medida que o setor de construção civil enfrenta uma crescente necessidade de inovação e eficiência. Estudos indicam que a adoção de gêmeos digitais e ambientes virtuais pode reduzir

os custos de planejamento e aumentar a eficiência da mão de obra. As grandes obras, em particular, se beneficiam desse tipo de tecnologia, uma vez que permite a visualização em tempo real de diferentes cenários e o ajuste rápido de projetos, sem a necessidade de alterações físicas, economizando tempo e recursos.(Gill & Rout, 2021).

### **3.9.2 Potencial de Redução de Custos**

O uso do Metaverso pode impactar diretamente nos custos de construção ao evitar retrabalho, erros de projeto e falhas de comunicação entre as partes envolvidas. A implementação de gêmeos digitais, por exemplo, possibilita o monitoramento contínuo das obras e o ajuste preciso de cronogramas e orçamentos (Baar et al., 2020). Com essas ferramentas, as empresas podem identificar problemas antes que eles ocorram, economizando tanto tempo quanto recursos financeiros. A longo prazo, isso melhora a competitividade das empresas, oferecendo projetos mais eficazes e menos dispendiosos.

### **3.9.3 Sustentabilidade e Eficiência**

Outro ponto crucial na análise da viabilidade do Metaverso é sua contribuição para a sustentabilidade no setor de construção civil. A utilização de simulações digitais e gêmeos virtuais permite reduzir o desperdício de materiais e recursos ao longo do ciclo de vida de uma obra. A capacidade de prever problemas ambientais, como consumo excessivo de energia ou emissão de poluentes, permite o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e ambientalmente responsáveis (Maropoulos & Ceglarek, 2021). Isso está em linha com as tendências globais de sustentabilidade e adoção de tecnologias verdes.

### **3.9.4 Adoção de Tecnologias**

Com base nos fatores apresentados, a viabilidade da plataforma Metaverso no setor da construção civil está diretamente relacionada à capacidade de adaptação tecnológica das empresas, aliada a investimentos em infraestrutura e capacitação profissional. Segundo Silva et al. (2021), a implementação de tecnologias imersivas e gêmeos digitais no setor pode reduzir erros e otimizar processos, gerando economia de recursos a longo prazo. No entanto, empresas de menor porte podem enfrentar dificuldades devido aos custos iniciais. Dessa forma, o sucesso depende de uma combinação de avanços tecnológicos, mudança cultural e políticas de incentivo, conforme afirmado por Costa (2023) e Almeida (2022).

#### 4. TRABALHOS SIMILARES

Várias pesquisas acadêmicas já abordaram o tema do metaverso e suas aplicações em diversos setores. Na análise dos trabalhos acadêmicos semelhantes ao nosso, foram selecionados três projetos principais pertencentes às universidades brasileiras, UFSJ, UFSC e UFMS. Esses trabalhos trazem o Metaverso como tema central, além de apresentar algumas perspectivas e abordagens geradoras que contribuirão para o desenvolvimento da nossa pesquisa.

O primeiro deles, intitulado *O Futuro do Digital Está na Conexão com o Real: Metaverso e suas Implicações Sociais e Tecnológicas* (Tibúrcio et al., 2022), da Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), analisa os efeitos do metaverso nas esferas psicológica, económica e tecnológica. O estudo realiza uma discussão crítica de como o mesmo pode impactar no cotidiano das pessoas, aduzindo que esta tecnologia pode moldar a forma das pessoas se produzirem enquanto seres sociais, particularmente por meio de mundos virtuais com interatividade e imersividade. Esse trabalho discute pontos importantes de problemas sociais e psicológicos, ou seja, de que maneira a interação em ambientes digitais poderá transformar a percepção dos indivíduos em relação a valor, posse e identidade.

Em segundo lugar, o trabalho da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), denominado *Perspectivas de Utilização do Metaverso na Construção Civil* (Marques, 2023), se apresenta com um cunho prático de aplicação do metaverso no setor da construção civil. O estudo propõe a utilização de tecnologias como realidade aumentada e realidade virtual visando aumentar a eficiência e a colaboração no que diz respeito ao planejamento e execução de projetos de construção. A pesquisa contempla uma revisão sistemática da literatura em que foram analisadas várias publicações a respeito do tema, identificando lacunas e oportunidades para que o metaverso seja implementado, como a otimização de processos e a redução de custo.

Por fim, o estudo *Metaverso: Definições, Características e Utilização na Área de Gestão e Negócios* (Silva, 2023), produzido na Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), tem como foco definir o conceito de metaverso aplicado ao campo de gestão e negócios. O autor realiza uma revisão sistemática integrativa, apresentando uma definição para o metaverso como um ambiente virtual imersivo que estabelece conectividade entre o mundo físico e o digital. Além disso, o trabalho discute quais são as principais tecnologias que fazem parte da criação desse ambiente e as possibilidades de utilização em empresas, destacando-se a interatividade, a colaboração e a economia virtual.

Estes três trabalhos evidenciam a crescente importância do metaverso em diferentes áreas, desde as consequências sociais até a implementação em setores mais específicos, como a construção civil e a gestão dos negócios. Tais abordagens propiciam a base para o aprofundamento e a expansão do tema neste trabalho.

## **5. DESENVOLVIMENTO**

O desenvolvimento deste trabalho foi baseado na coleta de dados através de um questionário aplicado a profissionais da construção civil, mostrando um panorama sobre a inserção do Metaverso e tecnologias digitais neste setor. A análise dos resultados retrata a realidade do mercado atual já existente para a construção civil, tanto no cenário nacional quanto mundial, apresentando tendências e desafios comuns. Em todo o mundo, as empresas de construção estão introduzindo o uso do Metaverso na criação de simulações, na apresentação de maquetes digitais e na otimização da colaboração entre equipes de projeto, indo ao encontro de práticas já existentes para mercados mais desenvolvidos.

Os dados da pesquisa apontam que os profissionais do setor no Brasil, na sua maioria, estão cientes do conceito de tecnologias imersivas e do Metaverso, indicando um passo importante para sua implementação, dado que isto revela uma aceitação inicial em relação às referidas tecnologias e um interesse em explorar seus benefícios na prática. Quanto à Realidade Virtual e à Modelagem 3D, por exemplo, sua utilização já está bem difundida entre profissionais que perseguem melhorias relacionadas à visualização dos projetos e à precisão das obras.

As barreiras à efetivação do Metaverso são concretas e com frequência citadas, como a implícita necessidade de infraestrutura tecnológica robusta e o alto custo para a adoção. Contudo, estas barreiras são normais entre os profissionais consultados, sugerindo uma certa uniformidade dos problemas, o que insinua que as soluções válidas para um conjunto poderiam ser facilmente estendidas ao restante do setor;

No que diz respeito ao perfil dos respondentes deste estudo, uma parte considerável deles é de engenheiros, profissionais fundamentais para a adoção de novos processos de trabalho e tecnologias no canteiro de obras. A representatividade dos engenheiros na amostra reforça a pertinência da familiaridade com o Metaverso entre aqueles que influenciam diretamente nos processos e nas decisões técnicas das construções, sendo uma expectativa que a tecnologia venha a ser aditiva, importada de modo estratégico e pontual ao longo do tempo.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Perfil dos Entrevistados

Neste tópico, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das respostas dos entrevistados, com o objetivo de analisar o perfil dos profissionais e das empresas atuantes no setor da construção civil.

A análise dos dados busca identificar as principais características dos respondentes, incluindo suas funções, experiências no setor, porte das empresas e áreas de atuação predominantes. Com base nas tabelas e gráficos elaborados, é possível observar padrões e tendências que indicam como esses profissionais estão inseridos no mercado, além de fornecer *insights* sobre o interesse e o potencial de uso do metaverso na construção civil. Essa abordagem permite uma compreensão abrangente das informações, fundamentando as discussões sobre as oportunidades e desafios que a adoção de novas tecnologias pode trazer ao setor.

A análise proposta na tabela a seguir apresenta os percentuais e médias das respostas coletadas sobre o perfil dos profissionais entrevistados no setor da construção civil.

Foram considerados diversos aspectos dos participantes, incluindo suas funções, tempo de experiência, porte das empresas e principais áreas de atuação, apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** - Análises de Percentuais e Médias do Perfil dos Entrevistados

<b>Categoria</b>	<b>Valores Percentuais</b>
<b>Função dos respondentes</b>	
Engenheiro	42,9 %
Arquiteto	9,5 %
Outros	47,6 %
<b>Experiência no Setor</b>	
Menos de 1 ano	28,6 %
1 a 3 anos	9,5 %
3 a 5 anos	19 %
Mais de 5 anos	42,9 %

<b>Porte da Empresa</b>	
Grande	23,8 %
Média	33,3 %
Pequena Empresa	28,6 %
Microempresa	14,3 %
<b>Mercado de Atuação</b>	
Construção de Residências	47,6 %
Construção Comercial	23,8 %
Design de Interiores, Saneamento e outros	4,8% (cada )

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

Os dados mostram que a função predominante entre os respondentes é a de engenheiro, seguida por um grupo variado de funções correlacionadas ao setor. Quanto à experiência, a maioria dos profissionais possui mais de cinco anos no setor, sugerindo um nível elevado de especialização. No que se refere ao porte das empresas, observa-se uma distribuição equilibrada entre empresas de grande, médio e pequeno porte, indicando uma diversidade no perfil das organizações representadas. Por fim, no mercado de atuação, destaca-se o setor de construção de residências como o mais relevante, seguido pelo setor comercial, refletindo as áreas de maior interesse e demanda para a utilização do metaverso e novas tecnologias. De acordo com os dados, pode se destacar clara tendência que reflete o perfil dos profissionais atuantes na construção civil, bem como o porte e a natureza das empresas envolvidas.

A distribuição de funções evidencia uma predominância de engenheiros, complementada por arquitetos e outros profissionais de áreas correlacionadas, indicando uma diversidade no conhecimento técnico e prático aplicado ao setor. Quanto ao porte das empresas entrevistadas constatou-se uma divisão significativa entre médias e grandes corporações, com uma participação relevante de pequenas e microempresas. Esse dado é particularmente relevante, pois sugere que o interesse pela adoção de tecnologias inovadoras, como o metaverso, não se restringe às grandes corporações, mas também alcança empresas de menor porte, que veem no avanço tecnológico uma oportunidade de crescimento e competitividade.

No que se refere ao mercado de atuação, o setor residencial se destaca, representando

quase metade dos participantes, seguido pelo setor comercial e por segmentos especializados como design de interiores. Esse panorama sugere que a adoção de tecnologias imersivas, como o metaverso, poderia encontrar maior receptividade e aplicabilidade em projetos residenciais, onde personalização e visualização de ambientes em realidade aumentada agregam valor ao cliente final. Dessa forma, o levantamento não apenas delinea o perfil dos profissionais e das empresas, mas também fornece subsídios para entender quais setores podem ser mais impactados e beneficiados com a implementação de novas tecnologias no setor da construção civil.

## **6.2 Percepções sobre o universo Metaverso; suas aplicações potenciais e barreira**

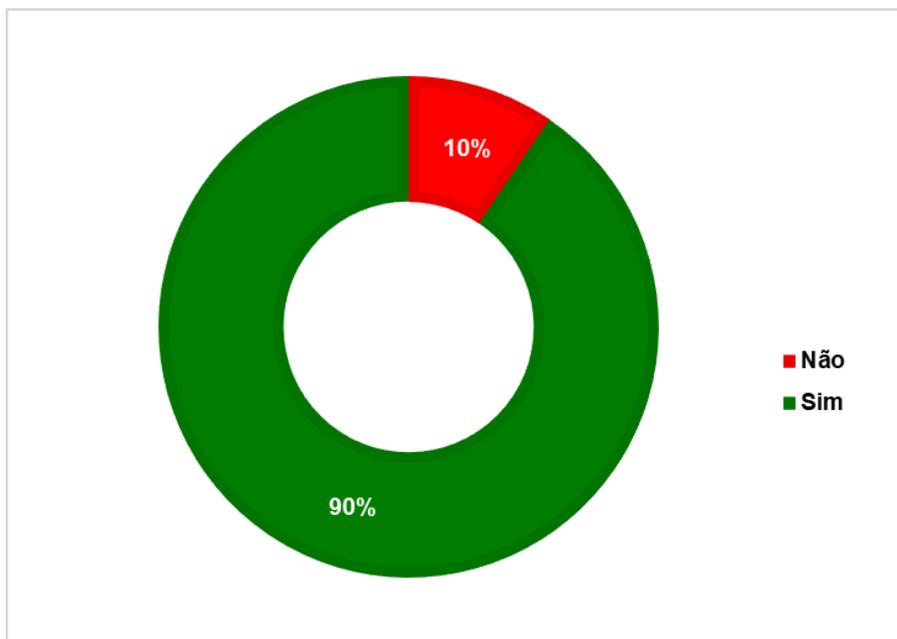
Para um entendimento claro e contextualizado sobre o impacto do Metaverso na construção civil, os gráficos apresentados a seguir trazem uma visão abrangente dos conhecimentos, percepções, potenciais aplicações e barreiras identificadas pelos profissionais do setor em relação ao uso dessa tecnologia.

Primeiramente, a familiaridade dos profissionais com o conceito de Metaverso é abordada, assim como a experiência prática de utilização dessa tecnologia no setor. Em seguida, os dados destacam as aplicações potenciais do Metaverso na construção civil, como simulações de projetos em ambientes virtuais, visualizações de design, e a colaboração remota entre equipes. Tais usos podem otimizar a eficiência e segurança das operações, além de facilitar a comunicação e o planejamento.

Além das aplicações, também foram exploradas as tecnologias que as empresas precisariam dominar para implementar o Metaverso, como realidade virtual e aumentada, modelagem 3D e inteligência artificial. A análise considera ainda os principais fatores críticos para o sucesso do Metaverso na construção civil, identificando barreiras técnicas e econômicas que podem dificultar sua implementação.

Por fim, são apresentados dados sobre o potencial do Metaverso para resolver problemas de planejamento e monitoramento em obras por meio de gêmeos digitais, e os benefícios esperados, como maior segurança e eficiência. Com esses dados, é possível compreender melhor as expectativas e desafios do setor para a adoção do Metaverso

**Figura 1 - Amostra dos profissionais que conhecem o Metaverso (%)**



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

A Figura 1 revela que 90% dos respondentes da pesquisa conhecem o Metaverso, enquanto apenas 10% não estão familiarizados com o conceito. Esses dados indicam que a maior parte dos profissionais da construção civil já possui algum nível de conhecimento sobre essa tecnologia emergente, o que reflete uma tendência de modernização e abertura para inovações no setor. Essa familiaridade é essencial, uma vez que o Metaverso oferece possibilidades significativas para a construção civil, como a simulação de projetos em ambientes virtuais, a visualização imersiva de designs e a colaboração remota em tempo real. A alta porcentagem de conhecimento sobre o Metaverso também sugere que o setor está em um caminho promissor para a integração dessas ferramentas, facilitando a adoção de soluções que melhoram a eficiência, reduzem erros e custos, e aprimoram a experiência do cliente.

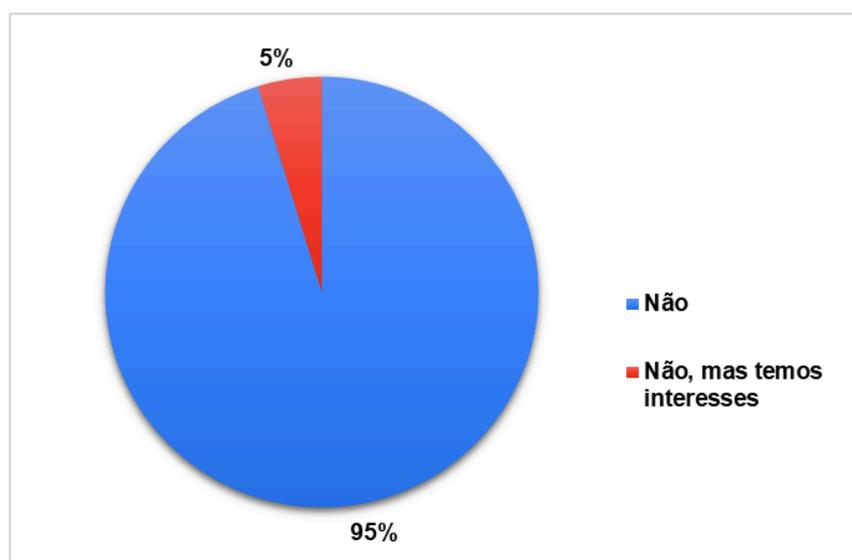
Para validar a familiaridade com o Metaverso entre os profissionais da construção civil, uma pesquisa usando o Google Trends pode oferecer insights relevantes. O termo "Metaverso" tem mostrado interesse crescente nos últimos anos, com picos de popularidade em determinados períodos. Essa ferramenta ajuda a entender o interesse global e regional na tecnologia, refletindo uma curiosidade que pode indicar o potencial de adoção gradual na construção civil. Inserindo uma captura da tendência de buscas ao longo do tempo no texto, o leitor pode visualizar a popularidade e a relevância do conceito, corroborando os dados de que uma grande parcela dos respondentes já conhece o Metaverso.

Complementando isso, o relatório *Gartner Hype Cycle for Digital Identity 2024* coloca o Metaverso entre as tecnologias emergentes de alto impacto para os próximos anos, indicando que ele ainda está em uma fase de expectativa e experimentação, com projeções de que seu uso e aplicação alcançarão maturidade ao longo da próxima década. Para o setor da construção civil, essa fase inicial permite explorar e planejar com cautela, testando aplicativos que oferecem visualização imersiva, colaboração remota, e gêmeos digitais, especialmente nas áreas de design e simulação de projetos.

Integrando esses insights com os dados coletados na pesquisa, é possível construir uma visão mais robusta sobre o potencial do Metaverso, destacando sua aceitação inicial e a expectativa de que ele evolua como uma ferramenta prática para otimização de projetos na construção civil.

Na Figura 2, a pergunta "Você ou sua empresa já utilizaram o Metaverso para algum projeto?" revela que 95% dos respondentes disseram "não", enquanto o restante manifestou interesse, mas ainda não implementou essa tecnologia. Nenhum dos profissionais relatou já ter utilizado o Metaverso na prática.

**Figura 2 - O uso do metaverso em projetos profissionais usado pelas empresas**

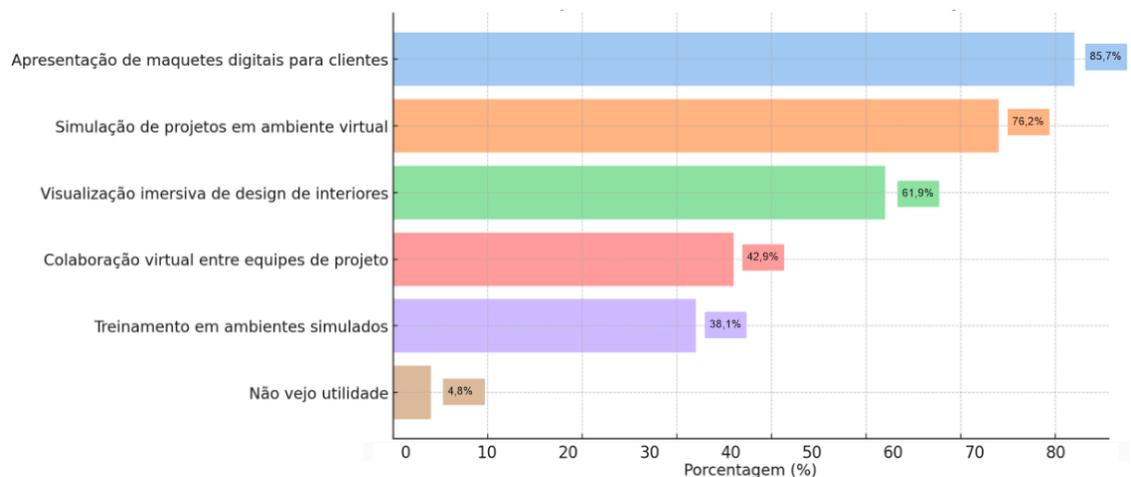


Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

Esses dados refletem o atual estágio do Metaverso na construção civil: enquanto existe uma crescente curiosidade e reconhecimento de seu potencial, o uso prático ainda é limitado. Esse cenário pode ser explicado pelos desafios técnicos e financeiros para a adoção de novas tecnologias, assim como pela necessidade de conhecimento especializado e infraestrutura adequada. Em setores como o da construção civil, tradicionalmente mais conservadores, a implementação de inovações tecnológicas ocorre de forma mais lenta. No entanto, o interesse já existente indica uma tendência positiva, onde as empresas começam a perceber o valor do Metaverso e suas aplicações potenciais para visualizações em 3D, colaboração remota e simulações de projeto.

Já a Figura 3, se refere ao questionamento sobre "Quais aplicações você acredita que o Metaverso pode oferecer para a construção civil?" permite avaliar as expectativas dos profissionais em relação às principais utilidades dessa tecnologia. Observa-se que 85,7% dos respondentes acreditam que o Metaverso pode ser usado para a apresentação de maquetes digitais aos clientes, indicando que essa é uma aplicação prioritária. Essa escolha destaca a importância da visualização precisa e detalhada no processo de comunicação com os clientes, facilitando a compreensão dos projetos e a tomada de decisão

**Figura 3 - Aplicações que o Metaverso pode oferecer para a construção civil**



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

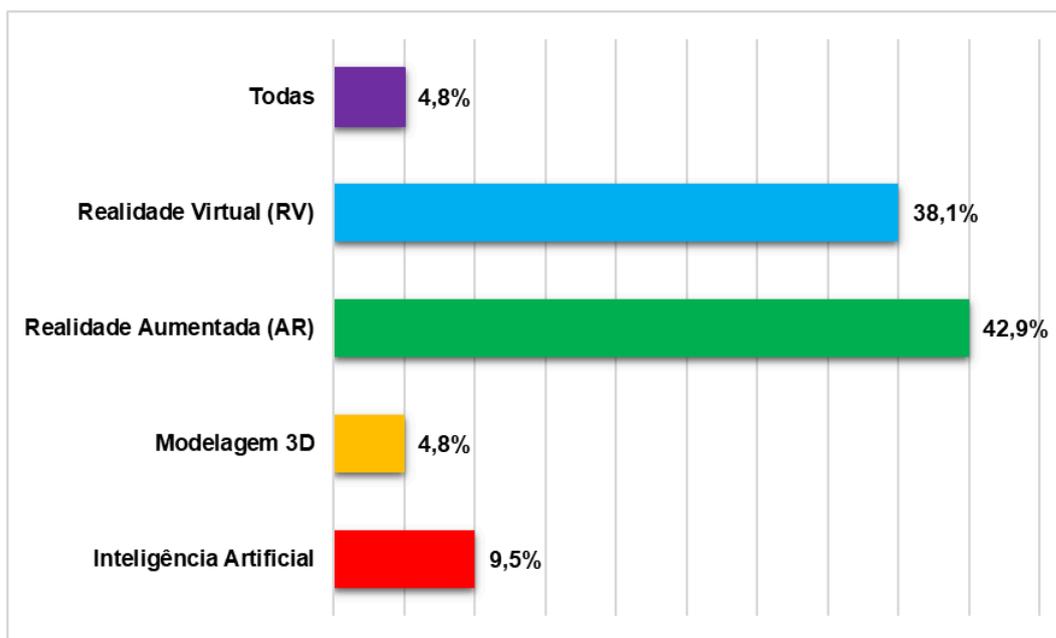
Observa-se também que a simulação de projetos em ambiente virtual também se destaca, com 76,2% das respostas, mostrando que os profissionais enxergam o Metaverso como uma ferramenta para testar e refinar os projetos antes da construção real, o que pode reduzir erros e otimizar recursos. Em seguida, a visualização imersiva de design de interiores

foi selecionada por 61,9% dos respondentes, sugerindo que essa funcionalidade pode ajudar na concepção e apresentação de espaços internos de forma mais realista.

As opções de colaboração virtual entre equipes (42,9%) e treinamento em ambientes simulados (31,8%) revelam que, embora não sejam prioridades para todos os profissionais, há um interesse significativo em explorar o Metaverso como uma ferramenta de trabalho remoto e capacitação, o que poderia melhorar a eficiência e segurança dos projetos. Apenas 4,8% dos respondentes disseram "não ver utilidade" no Metaverso, indicando uma visão amplamente positiva e aberta a essa inovação na construção civil.

Quando questionados sobre as tecnologias que precisam dominar, os dados revelam que apontam que a maioria dos profissionais acredita que para implementar o Metaverso na construção civil, seria fundamental dominar tecnologias como a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual, ilustrados na figura 4.

**Figura 4 - Tecnologias que a empresa precisa dominar para implantar no metaverso**



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

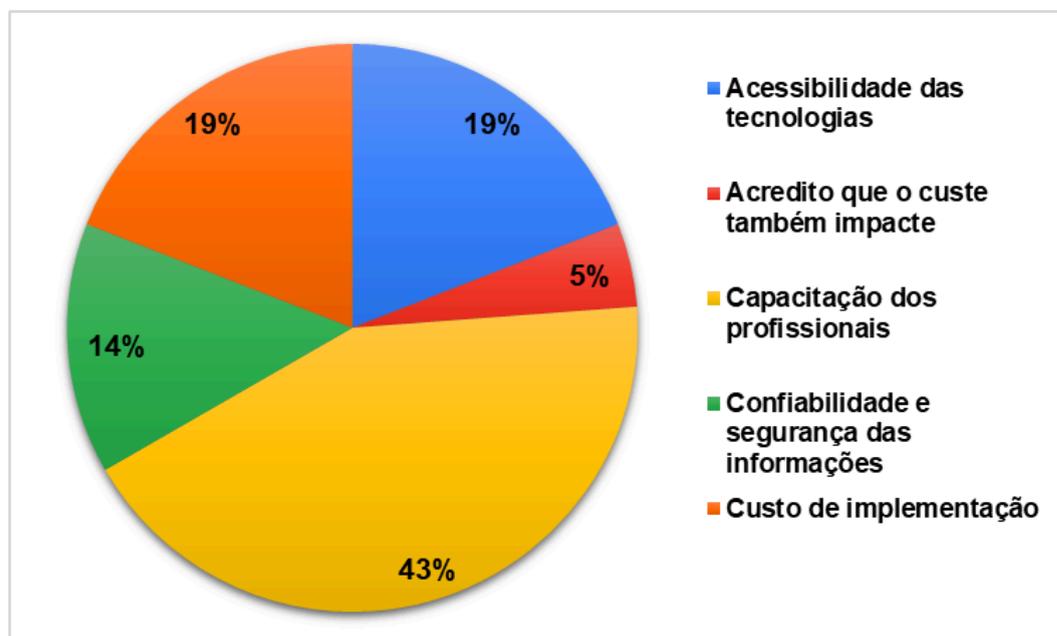
Esse destaque mostra uma tendência clara: a construção civil está reconhecendo a importância das ferramentas de visualização imersiva, que facilitam a simulação e visualização de projetos em ambientes virtuais. Essas tecnologias possibilitam aos profissionais visualizarem projetos com maior precisão e interagir com eles antes mesmo da construção física.

Em menor quantidade, alguns profissionais mencionaram a Inteligência Artificial e a Modelagem 3D como relevantes. Isso indica que, embora essas tecnologias sejam menos prioritárias, elas ainda são vistas como importantes em certos contextos para potencializar o uso do Metaverso, como na automação de processos ou na criação de modelos digitais detalhados. A combinação dessas tecnologias reflete o entendimento de que uma integração complexa será necessária para o pleno aproveitamento do Metaverso na construção civil.

Ao analisar os fatores críticos para a implementação do metaverso, constatou-se que a capacitação dos profissionais é o principal fator para a implementação bem-sucedida do Metaverso. Esse destaque reflete a necessidade de que a equipe tenha habilidades específicas para operar tecnologias imersivas, garantindo que as ferramentas sejam usadas de forma eficaz e maximizem o retorno sobre o investimento, demonstrado na figura 5.

A ênfase na capacitação indica que o setor reconhece a importância de treinamentos específicos e contínuos, especialmente à medida que novas tecnologias são integradas.

**Figura 5 - Fatores críticos para a implementação do metaverso**

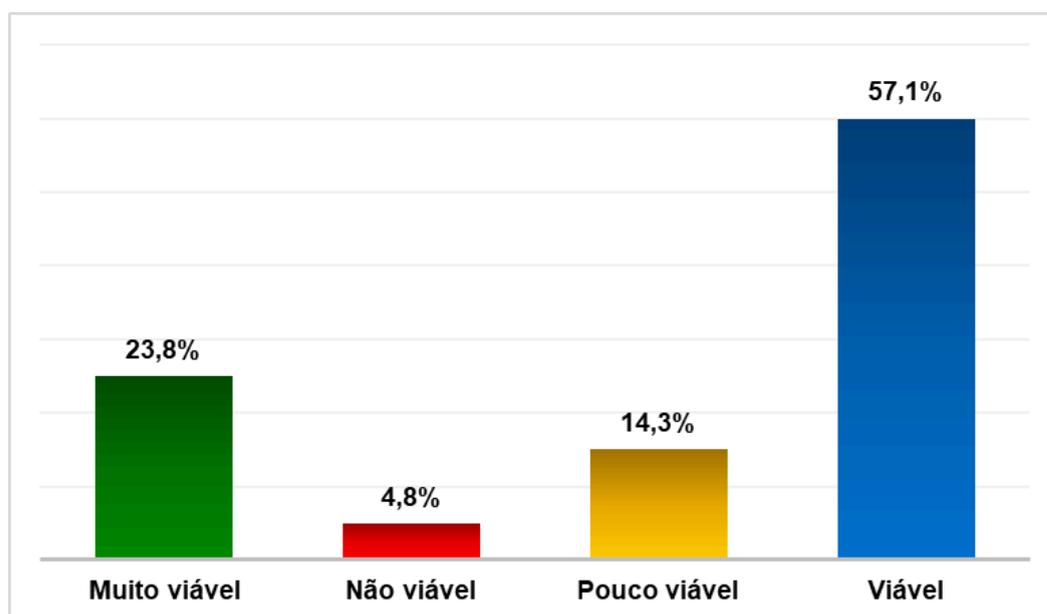


Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

Outros fatores críticos mencionados incluem o custo de implementação e a acessibilidade das tecnologias. Isso demonstra que, além da capacitação, as empresas estão atentas ao investimento financeiro necessário e à disponibilidade das ferramentas tecnológicas. Tais preocupações são comuns no mercado de construção civil, que

tradicionalmente lida com orçamentos rigorosos e infraestrutura específica. Por fim, a confiabilidade e segurança das informações também foram apontadas, refletindo a prioridade dada à proteção de dados e à segurança digital, aspectos essenciais em um ambiente digital interativo como o Metaverso. Esses fatores combinados mostram uma visão cautelosa, mas otimista, com relação ao uso do Metaverso, desde que haja suporte técnico e financeiro para viabilizar a transição tecnológica.

**Figura 6 – O quanto o metaverso é viável**



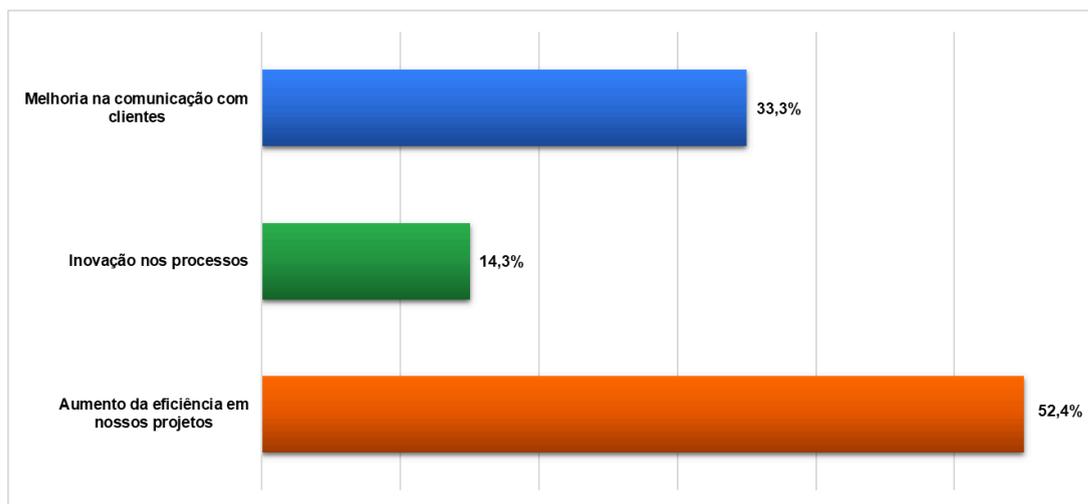
Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

A análise das respostas revela uma perspectiva majoritariamente positiva em relação à aplicabilidade do Metaverso na construção civil. A maioria dos profissionais acredita que essa tecnologia é viável ou muito viável para o setor, refletindo um otimismo fundamentado nas oportunidades que o Metaverso pode oferecer, como maior precisão em simulações, otimização de processos e colaboração aprimorada. Essa percepção é um sinal de que o setor está aberto à inovação, desde que os desafios associados à implementação sejam geridos adequadamente.

Por outro lado, uma pequena parcela dos respondentes expressa reservas quanto à viabilidade do Metaverso, considerando-o "pouco viável" ou "não viável" para o setor. Essa visão cautelosa está alinhada com as preocupações comuns na construção civil, como o custo de implementação e a necessidade de infraestrutura adequada, que podem representar

barreiras para a adoção imediata. Essas opiniões refletem o cuidado do setor com investimentos em tecnologias emergentes, especialmente em um mercado onde orçamentos e prazos são fatores críticos.

**Figura 7- Benefícios da Utilização do metaverso**



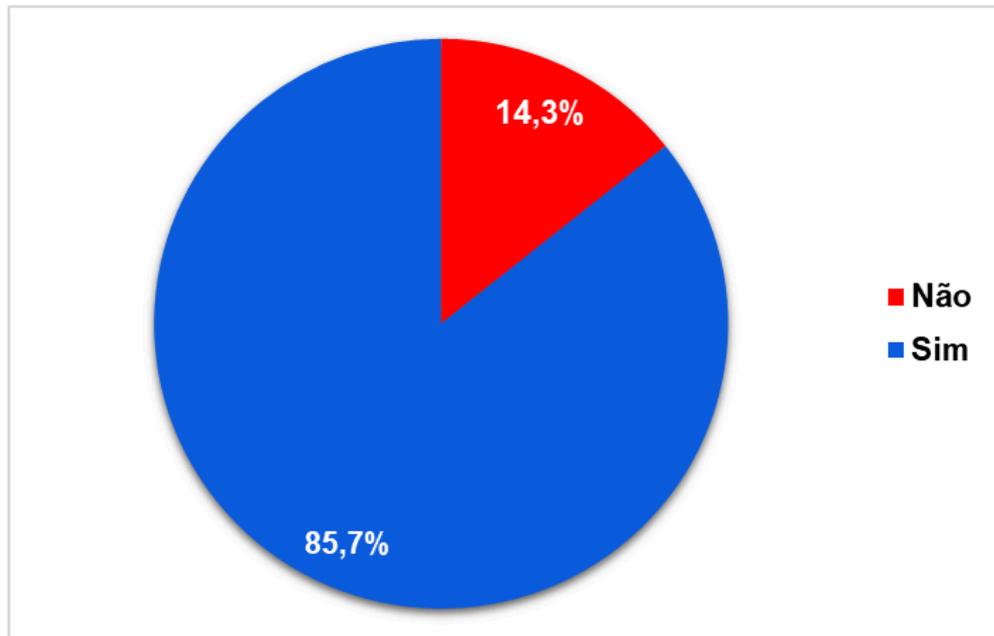
Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

Na Figura 7, os resultados indicam que a maioria dos profissionais da construção civil, representando 52,4%, considera o aumento da eficiência em projetos como o principal benefício do uso do Metaverso, seguido por 33,3% que apontam a melhoria na comunicação com clientes, e 14,3% que veem a inovação nos processos como uma vantagem importante.

Esses dados destacam a percepção de que o Metaverso oferece soluções práticas para otimizar o desempenho em projetos, melhorar o relacionamento com clientes e promover avanços tecnológicos no setor. Esses resultados são consistentes com outras pesquisas, como o trabalho de Oliveira (2023), que enfatiza as oportunidades e desafios do Metaverso na construção civil, destacando a eficiência como um fator-chave para a adesão das empresas. Da mesma forma, Santos e Almeida (2022) discutem a importância do Metaverso na construção civil, mencionando benefícios semelhantes, como a comunicação mais eficaz e o potencial de inovação que a tecnologia proporciona ao setor.

Essas evidências reforçam que a tecnologia pode ser uma aliada estratégica para enfrentar os desafios de produtividade e competitividade na construção civil, conforme a experiência de profissionais do setor e estudos acadêmicos sugerem.

**Figura 8 -Impactos do treinamento virtual na segurança e eficiência em obras**



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

Os dados da pesquisa mostram que 85,7% dos profissionais entrevistados concordam que o treinamento em ambientes virtuais, como o Metaverso, poderia melhorar a segurança e a eficiência no setor da construção civil. Isso indica um interesse substancial pela tecnologia como ferramenta para preparação e antecipação de desafios, o que poderia evitar problemas comuns nos canteiros de obras, trazendo uma abordagem mais segura e prática.

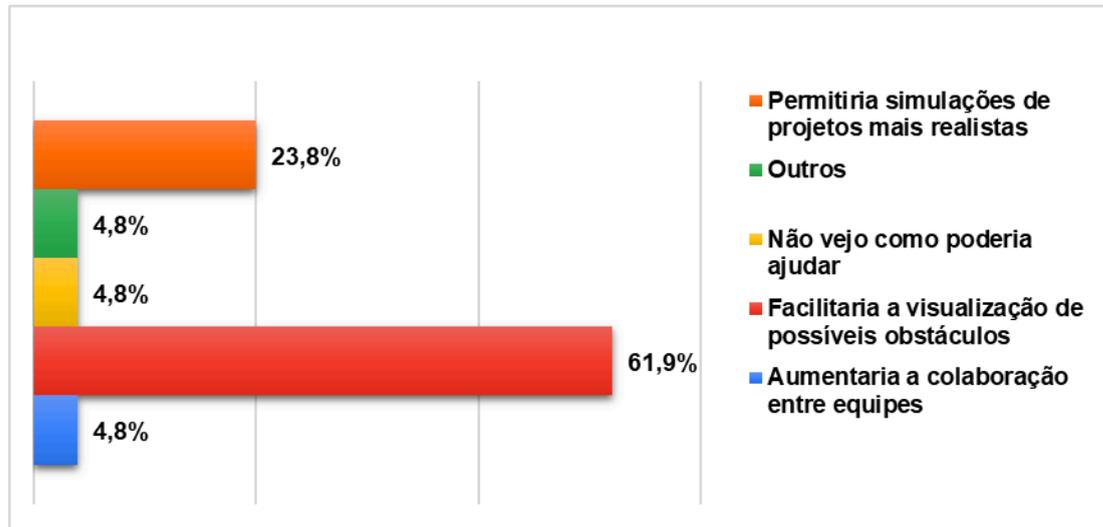
Além disso, essa percepção está em consonância com a literatura sobre o tema. Oliveira (2023) destaca que o Metaverso proporciona ambientes virtuais onde simulações de treinamento podem ser realizadas, permitindo que os profissionais adquiram experiência e identifiquem possíveis riscos antes do início das atividades.

Da mesma forma, Santos e Almeida (2022) apontam que essa tecnologia oferece não apenas um treinamento prático, mas também uma maior familiaridade com o ambiente de trabalho e as etapas do projeto, o que tende a reduzir erros e aumentar a eficiência operacional.

A adoção do Metaverso para treinamento também segue uma tendência observada no *Hype Cycle for Digital Identity 2024*, que prevê uma crescente aplicabilidade dessas tecnologias em setores com alto potencial de inovação, como a construção civil. Esse cenário aponta para um avanço considerável na forma como profissionais interagem com seus

projetos, destacando o Metaverso como uma ferramenta promissora para transformar o treinamento e a segurança no setor.

**Figura 9 - Metaverso na resolução de problemas durante o planejamento de uma obra**



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

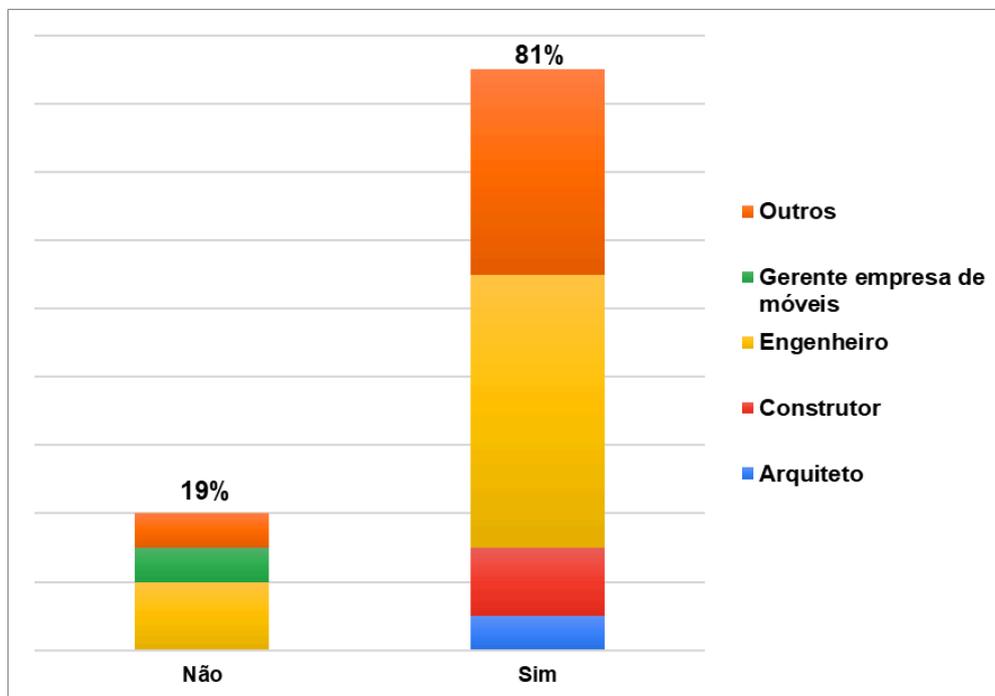
O gráfico presente na figura 9, revela as percepções dos profissionais da construção civil sobre como o Metaverso pode auxiliar na resolução de problemas durante o planejamento de obras. Uma grande parcela dos respondentes (61,9%) considera que o uso do Metaverso facilitaria a visualização antecipada de obstáculos. Esse insight sugere que os profissionais acreditam que a simulação em ambientes virtuais pode revelar problemas potenciais que, de outra forma, só seriam descobertos em campo, resultando em economia de tempo e redução de custos associados a ajustes inesperados.

Outro grupo significativo (23,8%) destacou a capacidade do Metaverso de permitir simulações de projetos mais realistas, o que reforça a importância da tecnologia para criar uma representação imersiva e detalhada dos projetos. Essa funcionalidade pode melhorar a compreensão dos colaboradores sobre o espaço e as operações antes do início da obra, contribuindo para a precisão e eficácia nas etapas iniciais de planejamento.

Além disso, uma pequena parte dos profissionais acredita que o Metaverso poderia aumentar a colaboração entre equipes, o que é um ponto crucial, considerando a complexidade e multidisciplinaridade dos projetos de construção. A possibilidade de colaboração em um ambiente virtual permite que especialistas de diferentes áreas trabalhem

de maneira integrada e em tempo real, o que pode minimizar erros de comunicação e alinhar expectativas desde o início.

**Figura 10 -Potencial da utilização do Gêmeo Digital**



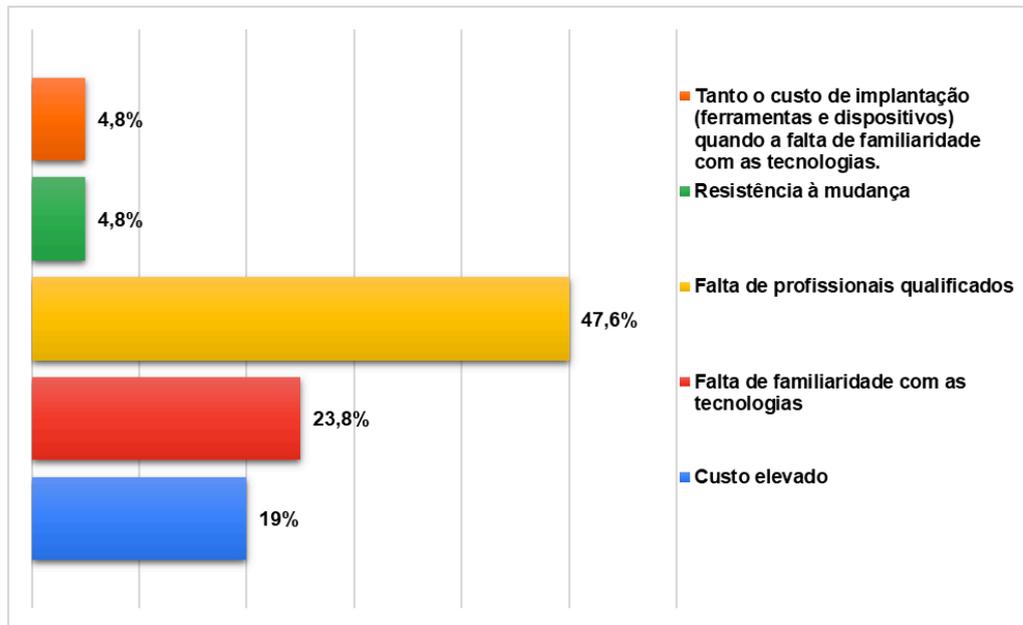
Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

Os resultados da pesquisa indicam que 81% dos profissionais da construção civil veem potencial no uso de Gêmeos Digitais para monitorar o progresso de uma obra e realizar ajustes em tempo real, enquanto 19% não acreditam nessa aplicação. Esses números refletem uma forte aceitação da tecnologia, especialmente considerando o impacto positivo que essa prática pode ter em termos de eficiência e controle de qualidade nas construções.

Esse interesse no Gêmeo Digital é amplamente respaldado por estudos, como os realizados por Eduardo Toledo, professor da USP, que aponta a combinação de tecnologias como o *Building Information Modeling (BIM)* com Gêmeos Digitais como fundamental para otimizar a gestão e a execução de projetos. Segundo Toledo, essa tecnologia não só oferece uma visão mais clara e integrada, mas também possibilita um monitoramento contínuo e preciso, ajustando detalhes que antes só seriam percebidos fisicamente, reduzindo, assim, retrabalhos e custos inesperados, a relevância dos Gêmeos Digitais no setor é também destacada por especialistas como Bruno Rondani, que enfatiza como a transformação digital pode revolucionar a construção civil, e Edgar Rodolfo Randán Sanabria, que estuda o

monitoramento de estruturas com plataformas digitais. Esses autores abordam o potencial transformador dos Gêmeos Digitais, especialmente no Brasil, onde o setor ainda está em processo de modernização.

**Figura 11 - Barreiras para implementação**



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

Os resultados da pesquisa apontam que a principal barreira para a adoção de tecnologias na construção civil é a falta de profissionais qualificados, mencionada por 47,6% dos entrevistados. Essa escassez de mão de obra especializada reflete a necessidade urgente de investimentos em capacitação e treinamento, uma vez que a ausência de profissionais preparados impede a implementação eficaz das inovações tecnológicas no setor.

Além disso, 23,8% dos participantes destacaram a falta de familiaridade com as novas tecnologias como um fator limitante. Essa resistência pode estar associada ao desconhecimento ou até à falta de confiança nas ferramentas digitais, que ainda enfrentam dificuldades para serem integradas aos métodos tradicionais. Esse dado é reforçado em estudos como o de Oliveira e Lima (2021), que analisam a resistência à adoção de tecnologias digitais no setor e apontam o papel do treinamento como fundamental para superar essa barreira.

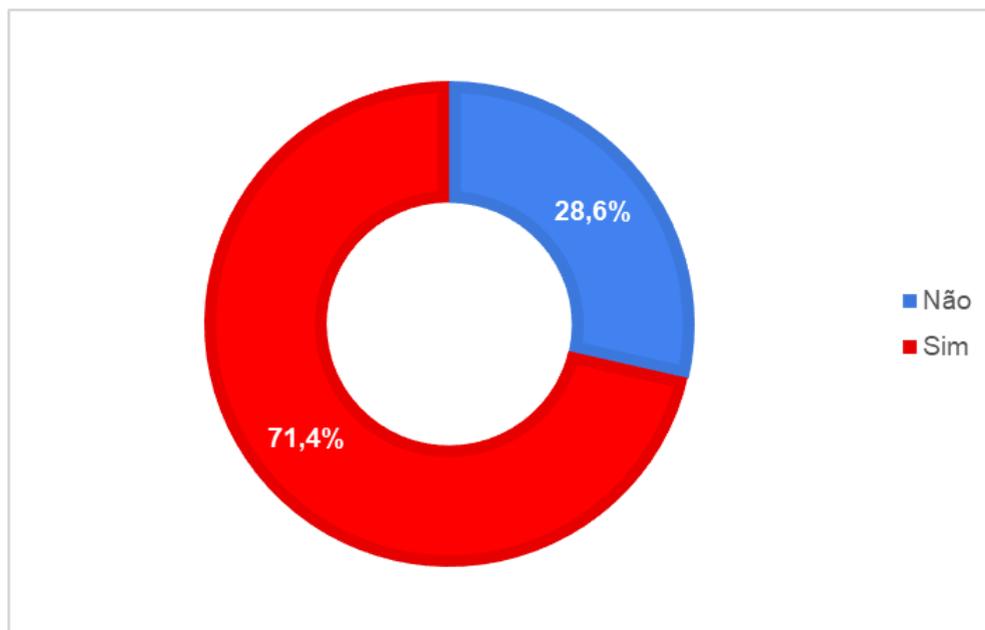
Outro aspecto relevante é o custo elevado das tecnologias, mencionado por 19% dos respondentes. Esse fator econômico é uma barreira especialmente para empresas de pequeno e

médio porte, que, muitas vezes, não possuem recursos suficientes para cobrir o investimento inicial. De acordo com Ferreira, Souza e Lima (2023), o alto custo de implementação pode ser compensado a longo prazo por meio da redução de desperdícios e otimização dos processos, mas o desafio inicial de financiamento ainda permanece.

Essas evidências sugerem que, para a construção civil avançar na direção da transformação digital, é fundamental implementar programas de capacitação e buscar alternativas de financiamento para diminuir os custos iniciais de adoção.

Outros autores, como Santos e Pereira (2022), reforçam a importância dessas medidas, destacando que a qualificação da mão de obra e o apoio financeiro às inovações são essenciais para o desenvolvimento sustentável do setor.

**Figura 12 - Dados da implantação do Metaverso**



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa de campo

De acordo com os dados analisados no gráfico, observa-se que 71,4% dos respondentes acreditam ser viável a implantação do Metaverso em suas empresas, enquanto 28,6% consideram essa tecnologia inviável para o contexto atual de suas organizações. Esses dados indicam que uma parcela significativa dos profissionais entrevistados vê o Metaverso como uma ferramenta promissora, possivelmente capaz de agregar valor ao setor da construção civil.

O potencial do Metaverso para transformar o planejamento e a execução de projetos

na construção civil reside na criação de ambientes digitais imersivos que facilitam a visualização e ajustes colaborativos em tempo real, mesmo que as equipes estejam geograficamente distantes. Através dessa tecnologia, é possível simular e interagir de maneira realista com os projetos, o que pode contribuir para uma comunicação mais efetiva e decisões mais bem fundamentadas. Segundo previsões da Gartner, estima-se que, até 2026, cerca de 25% da população global utilizará o Metaverso para diversas finalidades, incluindo trabalho, educação e entretenimento, o que reforça a tendência de crescimento acelerado dessa tecnologia.

Contudo, o setor ainda enfrenta desafios. A falta de profissionais qualificados e o alto custo inicial de implementação são fatores que inibem a adoção do Metaverso. Empresas que investirem em treinamento e na integração dessa tecnologia poderão obter vantagens competitivas, posicionando-se como líderes em inovação e eficiência.

## **7. CONCLUSÃO**

Este trabalho partiu da necessidade de entender como o setor da construção civil pode se beneficiar das inovações tecnológicas emergentes, com destaque para o metaverso e tecnologias relacionadas. O referencial teórico abordou temas como Metaverso, Ambientes Imersivos, e Imersão Virtual, que destacam a importância de criar experiências mais engajantes e interativas para profissionais e clientes.

A incorporação de Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR) foi especialmente discutida como uma maneira de visualizar projetos de construção com precisão e realismo, oferecendo uma nova dimensão ao planejamento e execução de obras. Além disso, o uso da Internet das Coisas (IoT) apresenta possibilidades de integração de dados em tempo real, permitindo maior controle e eficiência nos processos de construção.

A evolução da Web, do modelo 2.0 ao 3.0, também foi analisada, sugerindo uma mudança para uma internet mais descentralizada e interativa, o que pode impactar diretamente a forma como dados e informações são acessados e compartilhados no setor. Como principais resultados, verificou-se que o interesse pelo metaverso e suas aplicações está crescendo entre empresas de diferentes portes, especialmente no setor residencial.

Esse cenário aponta para futuras pesquisas focadas em implementar de forma prática esses ambientes virtuais, explorando como a imersão e a conectividade proporcionadas pela VR, AR, e IoT podem revolucionar a construção civil, otimizando processos, reduzindo

custos e aprimorando a interação com os clientes. A viabilidade do metaverso na construção civil se mostra promissora, especialmente ao considerar as possibilidades de aprimorar a comunicação e o planejamento entre os diferentes atores envolvidos no processo construtivo. Através de tecnologias como a Realidade Virtual e Aumentada, o metaverso pode fornecer ambientes onde arquitetos, engenheiros e clientes visualizam, em tempo real e de forma interativa, os projetos em execução. Isso facilita a tomada de decisões e reduz o retrabalho, pois permite identificar problemas antecipadamente. Além disso, a integração com a Internet das Coisas (IoT) possibilita o monitoramento constante de obras, com dados sendo atualizados e acessíveis de maneira contínua, o que aumenta a transparência e a eficiência das operações. Assim, o metaverso, associado a essas tecnologias emergentes, não é apenas uma inovação teórica, mas uma ferramenta prática e viável para transformar e otimizar o setor da construção civil.

## **Agradecimentos**

**Victor:** Primeiramente agradeço a Deus por me dar a capacidade, sabedoria e inteligência para executar o presente trabalho com êxito. Agradeço respectivamente à Profa. Dra. Adriana Alvarenga Dezani, nossa orientadora e o Prof. Dr. Henrique Dezani, nosso coorientador, que nos deu uma visão ampla e perspicaz acadêmica nos auxiliando naquilo que tivemos dificuldades, agradecimentos especiais também a todos aqueles que responderam a nossa pesquisa de campo. Um agradecimento especial também ao companheiro de trabalho João Vitor, do qual compartilhamos a experiência de tornar esse trabalho realidade. Agradeço também a todos os que nos auxiliaram direta e indiretamente na conclusão do trabalho, um muito obrigado.

**João Vitor:** Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela força, orientação e sabedoria que me sustentaram ao longo desta caminhada. À minha família, minha base e fonte inesgotável de apoio, cujo incentivo e compreensão foram essenciais para que eu pudesse dedicar-me plenamente a este trabalho.

Expresso também minha sincera gratidão à Fatec de São José do Rio Preto, instituição que proporcionou uma base sólida de conhecimento e apoio durante toda a minha trajetória acadêmica. Agradeço à Profa. Dra. Adriana Alvarenga Dezani, minha orientadora e o Prof. Dr. Henrique Dezani, nosso coorientador pela paciência, orientação e pelos ensinamentos que

foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sua experiência e conselhos me guiaram com segurança em cada etapa do projeto.

Um agradecimento especial ao Eterno Professor Alexandre Ducati, que, embora não esteja mais entre nós, teve um papel crucial em minha jornada acadêmica. Foi em sua disciplina que o interesse pelo metaverso começou a tomar forma, plantando a semente para a realização deste trabalho.

Por fim, ao meu colega de Trabalho de Graduação, Victor Augusto, agradeço pela parceria, dedicação e amizade. Juntos superamos desafios, compartilhamos ideias e alcançamos nossos objetivos.

A todos vocês, meu muito obrigado. Este projeto só foi possível graças ao apoio e inspiração de cada um.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-FUQAHA, A; GUIZANI, M; MOHAMMADI, M; ALEDHARI, M; AYYASH, M. Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 17, n. 4, p. 2347-2376, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7123563>. Acesso em: 21 set. 2024

ALMEIDA, P. Adoção do Metaverso e Novas Tecnologias no Mercado. *Arquitetura e Inovação*, 2022. Disponível em: <https://www.arquiteturainovacao.com.br/metaverso-tecnologia>. Acesso em: 27 set. 2024.

ASHTON, Kevin. That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*, 22 jul. 2009. Disponível em: <https://rfidjournal.com/expert-views/that-internet-of-things-thing/73881/>. Acesso em: 20 set. 2024.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997. Disponível em: <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

BAAR, J. et al. Digital Twins in Construction: A Systematic Review. *Construction Innovation*, v. 20, n. 2, p. 325-346, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/1471-4175>. Acesso em: 27 set. 2024.

BAAR, J., et al. Digital Twins in Construction: A Systematic Review. *Construction Innovation*, v. 20, n. 2, p. 325-346, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CI-12-2019-0149/full/html>. Acesso em: 25 set. 2024.

BERNERS-LEE, T; HENDLER, J; LASSILA, O. The semantic web. *Scientific American*, v. 284, n. 5, p. 34-43, 2001. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/the-semantic-web/>. Acesso em: 21 set. 2024.

BIOCCA, F.; LEVY, M. R. *Communication in the Age of Virtual Reality*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1995. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781410603128/communication-age-virtual-reality-frank-biocca-mark-levy>. Acesso em: 18 set. 2024.

BUTERIN, V. *A next-generation smart contract and decentralized application platform*. Ethereum White Paper, 2014. Disponível em: [https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum\\_white\\_paper-a\\_next\\_generation\\_smart\\_contract\\_and\\_decentralized\\_application\\_platform-vitalik-buterin.pdf](https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf). Acesso em: 12 out. 2024.

CHEN, J.; WANG, L; ZHANG, X. Uso da IoT para otimização de recursos na indústria. *Revista de Tecnologia*, v. 10, n. 2, p. 32-45, 2022. Disponível em: <https://www.example.com/artigo-iot-2022>. Acesso em: 12 out. 2024.

COSTA, L; et al. "Augmented Reality for Project Modelling in Construction." *Brazilian Journal of Civil Engineering*, 2022. Disponível em:

<https://scholar.google.com/scholar?q=Augmented+Reality+for+Project+Modelling+in+Construction>

COSTA, M. Capacitação e Desafios Tecnológicos no Setor da Construção. *Jornal da Engenharia*, 2023. Disponível em: <https://www.jornaldaengenharia.com.br/artigos/capacitacao-tecnologica-construcao>. Acesso em: 27 set. 2024.

DEDE, C. Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, v. 323, n. 5910, p. 66-69, 2009. Disponível em: [https://www.science.org/doi/10.1126/science.1167311?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://www.science.org/doi/10.1126/science.1167311?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed). Acesso em: 18 set. 2024.

EBAC. Realidade virtual: o que é, para que serve e como ela influencia a indústria dos games. EBAC Online. Disponível em: <https://ebaonline.com.br/blog/realidade-virtual-seo>. Acesso em: 19 set. 2024.

FLAVIÁN, C.; IBÁÑEZ-SÁNCHEZ, S.; ORÚS, C. The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. *Journal of Business Research*, v. 100, p. 547-560, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/328708886\\_The\\_impact\\_of\\_virtual\\_augmented\\_and\\_mixed\\_reality\\_technologies\\_on\\_the\\_customer\\_experience](https://www.researchgate.net/publication/328708886_The_impact_of_virtual_augmented_and_mixed_reality_technologies_on_the_customer_experience) Acesso em: 19 set. 2024.

GILL, S.; ROUT, N. The Impact of Virtual Reality on Cost Reduction in Construction. *International Journal of Construction Management*, v. 17, n. 4, p. 460-474, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15623599.2020.1796883>. Acesso em: 27 set. 2024.

GILL, S.; ROUT, N. The Impact of Virtual Reality on Cost Reduction in Construction. *International Journal of Construction Management*, v. 17, n. 4, p. 460-474, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2021.1880034>. Acesso em: 25 set. 2024.

GUBBI, J; BUYYA, R; MARUSIC, S; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X13000241>. Acesso em: 20 set. 2024.

KAVRAKI, L; et al. "Digital Twins and AR in Construction." *Journal of Construction Engineering*, 2020. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?q=Digital+Twins+and+AR+in+Construction>. Acesso em: 27 set. 2024.

KOUL, S.; EYKAMP, N.; BROWN, J. Adapting Construction Workforce to Digital Transformation: A Training Perspective. *Journal of Construction Education and Research*, v. 18, n. 1, p. 67-85, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15578771.2021.1999623>. Acesso em: 25 set. 2024.

LOOMIS, J. M. Distal attribution and presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, v. 1, n. 1, p. 113-119, 1992. Disponível em: <https://direct.mit.edu/pvar/article-abstract/1/1/113/58748/Distal-Attribution-and-Presence?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 18 set. 2024.

MAROPOULOS, P.; CEGLAREK, D. Collaborative Digital Platforms in Engineering. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 34, p. 169-182, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612521000384>. Acesso em: 27 set. 2024.

MAROPOULOS, P.; CEGLAREK, D.. Collaborative Digital Platforms in Engineering. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 34, p. 169-182, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612521000247>. Acesso em: 25 set. 2024.

MOLNAR, D; et al. "Digital Twins in Civil Engineering: Recent Advances and Future Directions." *Automation in Construction*, 2021. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?q=Digital+Twins+in+Civil+Engineering:+Recent+Advances+and+Future+Directions>. Acesso em: 25 set. 2024.

O que é Internet das Coisas (IoT)? SAP. Disponível em: <https://www.sap.com/brazil/products/artificial-intelligence/what-is-iot.html>. Acesso em: 21 set. 2024.

O QUE é o metaverso?. *Nvidia Blog*, 2024. Disponível em: <https://blog.nvidia.com.br/blog/o-que-e-o-metaverso/>. Acesso em: 27 set. 2024.

O QUE sua empresa precisa fazer para entrar no metaverso?. *Tecmundo*, 2024. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/mercado/253153-empresa-precisa-fazer-entrar-metaverso.htm>. Acesso em: 27 set. 2024.

O SETOR da construção civil no Brasil em 2024. *APC*, 2024. Disponível em: <https://apc.com.br/industria/o-setor-da-construcao-civil-no-brasil-em-2024/>. Acesso em: 27 set. 2024.

O'REILLY, Tim. What is Web 2.0? Design patterns and business models for the next generation of software. *O'Reilly Media*, 30 set. 2005. Disponível em: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>. Acesso em: 21 set. 2024.

ROESLER, R. Web 2.0, interações sociais e construção do conhecimento. In: SIMPÓSIO PEDAGÓGICO E PESQUISAS EM EDUCAÇÃO, 7., 2012, Resende. Anais [...]. Resende: AEDB, 2012. Disponível em: <https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/04/45817495.pdf>. Acesso em: 21 set. 2024.

RUSSELL, S; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

SETES plataformas que vão te levar para o metaverso agora. *Techtudo*, 2022. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/listas/2022/07/sete-plataformas-que-vaio-levar-voce-para-o-metaverso-agora.ghtml>. Acesso em: 27 set. 2024.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann, 2003. Disponível em: <http://www.arise.mae.usp.br/wp-content/uploads/2018/03/Understanding-Virtual-Reality-Interface-Application-and-Design-The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Computer-Graphics-.pdf>. Acesso em: 18 set. 2024.

Silva, J. A aplicação do metaverso na construção civil. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.example.com/tcc-metaverso>. Acesso em: 12 out. 2024.

SILVA, J. et al. Impacto dos Gêmeos Digitais na Construção Civil. *Revista de Engenharia Digital*, v. 3, n. 4, 2021. Disponível em: <https://www.revengdigital.com.br/artigos/gemeos-digitais-construcao>. Acesso em: 27 set. 2024.

SLATER, M. A note on presence terminology. *Presence Connect*, v. 3, n. 3, 2003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/242608507\\_A\\_Note\\_on\\_Presence\\_Terminology](https://www.researchgate.net/publication/242608507_A_Note_on_Presence_Terminology). Acesso em: 18 set. 2024.

SLATER, M.; WILBUR, S. A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, v. 6, n. 6, p. 603-616, 1997. Disponível em: <https://publicationslist.org/data/melslater/ref-232/pres5.pdf>. Acesso em: 18 set. 2024.

SMITH, A.; JOHNSON, R. A fusão da IoT com o Metaverso. In: SILVA, J.; SANTOS, P. (Orgs.). *Tecnologias emergentes na era digital*. São Paulo: TechEditores, 2023. p. 110-130.

TARIQ, Muhammad Irfan; et al. Blockchain-based Web 3.0: A New Era of Internet Technology and its Applications. *IEEE Access*, v. 9, p. 32901-32912, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9352033>. Acesso em: 21 set. 2024.

TENDÊNCIAS da construção civil para 2024. *AEC Web*, 2024. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/tendencias-construcao-civil-2024/25027>. Acesso em: 27 set. 2024.

TOP 7 technologies that power the metaverse. *Binance Academy*, 2024. Disponível em: <https://academy.binance.com/pt/articles/top-7-technologies-that-power-the-metaverse>. Acesso em: 27 set. 2024.

VOSHMIGR, Shermin. *Token Economy: How the Web3 reinvents the Internet*. 2. ed. Berlin: Token Kitchen, 2020.

WOOD, Gavin. *Web 3.0: A vision for a decentralized web*. Disponível em: <https://bitcoinmagazine.com/business/web-3-0-chat-ethereums-gavin-wood-1398455401>. Acesso em: 12 out. 2024.

ZHOU, Yun et al. "Collaborative Virtual Platforms in the Metaverse for Construction." *Journal of Digital Construction*, 2023. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?q=Collaborative+Virtual+Platforms+in+the+Metaverse+for+Construction>. Acesso em: 25 set. 2024.