ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Aplicações do Metaverso na construção civil

Metaverse applications in the construction industry

Andreza Marques
UFSC | Florianópolis | Brasil | andrezamq8@gmail.com
Ricardo Juan José Oviedo Haito
UFSC | Florianópolis | Brasil | ricardo.oviedo.haito@ufsc.br

Resumo

A indústria da construção civil, embora vital na economia global, está atrás de outros setores em termos de produtividade e tecnologia. Em vista disso, uma solução potencial encontra-se na transformação digital oferecida pelo Metaverso, entendido como uma abstração do universo físico, estando além dele, caracterizando-o ou complementando-o. Embora o uso do Metaverso apresente crescimento nos setores de entretenimento, saúde e turismo, existe uma lacuna significativa quanto à sua aplicação na construção civil. Este artigo objetiva identificar potenciais aplicações do Metaverso na construção civil. Para tanto, mediante a realização de uma revisão sistemática da literatura, identificaram-se 65 artigos científicos vinculados ao Metaverso. Seus resultados incluem: 1) Mapeamento das propriedades essenciais do Metaverso; 2) Identificação das tecnologias componentes do Metaverso; e 3) Identificação de oportunidades de aplicação do Metaverso, mediante as suas tecnologias, na construção civil. Apesar da limitação de uma revisão de literatura sistemática, esse trabalho contribui com identificar oportunidades para implementação do Metaverso na construção civil.

Palavras-chave: Metaverso. Construção 4.0. Serviço. *Backstage*. *Frontstage.*

Abstract

The construction industry, although vital to the global economy, lags behind other sectors in terms of productivity and technology. In order to address this issue, one potential solution lies in the digital transformation offered by the Metaverse. The Metaverse can be understood as an abstraction of the physical universe, which exists beyond it and either characterizes or complements it. While the use of the Metaverse is growing in sectors such as entertainment, health, and tourism, its application in the construction industry is still significantly limited. This article aims to identify potential applications of the Metaverse in construction. To achieve this goal, a systematic literature review was conducted, which identified 65 scientific articles related to the Metaverse. The results of this review include: 1) Mapping the essential properties of the Metaverse; 2) Identifying the component technologies of the Metaverse; and 3) identifying opportunities for applying the Metaverse, through its technologies, in the construction industry. Despite the limitations inherent in a systematic literature review, this work contributes to the identification of opportunities for implementing the Metaverse in the construction industry.

Keywords: Metaverse. 4.0 Construction. Service. Backstage. Frontstage.

Como citar:
MARQUES, ANDREZA; HAITO, R.J.J.O. Aplicações do Metaverso na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é vital para a economia global, correspondendo a cerca de 13% do PIB (aprox. US $ 10 trilhões) gastos anualmente em bens e serviços ligados à construção [1]. No entanto, ela encontra-se atrás de outros setores em busca por maior produtividade e qualidade dos serviços prestados [2]. Nesse sentido, o avanço da Indústria 4.0 impulsionou mudanças significativas e criação de valor em diversos setores da economia [3,4].

A Indústria 4.0 corresponde à quarta revolução industrial, caracterizada pela integração dos meios físico e digital, mediante o uso de sistemas cíber-físicos [5–7]. Em outras palavras, trata-se de uma nova forma de organização e gestão da cadeia de valor, gerenciando os resultados da produção através da integração de equipamentos vinculados por *software* [5].

Quando aplicada à construção, denomina-se Construção 4.0. Dessa forma, associa-se à Construção 4.0 a otimização de tempo, custos, controle de qualidade e segurança dos trabalhadores [4]. Duas tendências caracterizam as ações realizadas dentro de este movimento: a digitalização e a servitização.

A digitalização trata do uso de tecnologias digitais visando automatizar tarefas em empresas e facilitar a troca de informações [8]. A servitização é definida como o processo de criação de valor das empresas mediante o incremento nos serviços oferecidos [9]. No contexto da Construção 4.0, a utilização de novos serviços de base digital, a partir de produtos conectados [10] é a base da integração entre os mundos físicos e digitais.

Estes serviços, segundo [11], podem dividir-se em função da participação do receptor do serviço em *frontstage* e *backstage*. O *frontstage* relaciona-se à experiência do cliente, em atividades em que ele participa de forma direta. Por outro lado, o *backstage* relaciona-se às transformações necessárias para a execução do serviço, não estando em contato direto com o cliente. Em suma, o *backstage* é a estrutura que permite a ocorrência do *frontstage*.

Assim, um serviço pode ser dividido em componentes, ou etapas, que constituem um Ciclo de Criação de Valor [11]. Estas etapas podem ter clientes-alvo diferentes, com necessidades de agregação de valor distintas [11].

Especificamente, na construção civil, os serviços vinculam-se às operações desempenhadas por diversos prestadores durante o ciclo de vida de uma obra, envolvendo as etapas de formulação do negócio, planejamento e projeto, execução, manutenção e desconstrução [12].

Neste contexto, o conceito de Metaverso emergiu como uma possibilidade de transformação digital na indústria, mediante a prestação de serviços digitais que melhorem a colaboração entre as partes interessadas, otimizando processos e

Saipem Classification - General Use

reduzindo custos [13]. Ele sustenta-se em tecnologias como realidade aumentada, *blockchain, digital twins,* inteligência artificial etc., para permitir interações sociais em um ambiente virtual compartilhado [14]. Este pode ser definido como a combinação dos universos real e digital, para a criação de um novo ambiente, compartilhado e autossustentável[15–17], revolucionando a forma como a sociedade interage [18].

O uso do Metaverso vem crescendo em setores como educação [19], medicina [20], jogos [16], indústria [21] e turismo [22]. Entretanto, existe uma lacuna significativa na literatura quando se trata de sua utilização na construção civil. Apesar de existirem pesquisas sobre seu uso para s*mart cities*, pouco estudos discutem sobre outras aplicações possíveis no setor da construção.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal identificar o potencial de utilização do Metaverso na construção civil. Para isso, através de uma revisão sistemática da literatura, analisa-se o conceito de Metaverso, suas características e tecnologias componentes, de forma a identificar como estas podem ser aplicadas à construção civil.

METODOLOGIA

A metodologia selecionada para esta pesquisa consiste em uma revisão sistemática da literatura. Trata-se de um método de pesquisa que possibilita a análise da literatura base exclusivamente em dados relatados, minimizando qualquer potencial de viés autoral, quando comparado a revisões de literatura tradicionais [23].

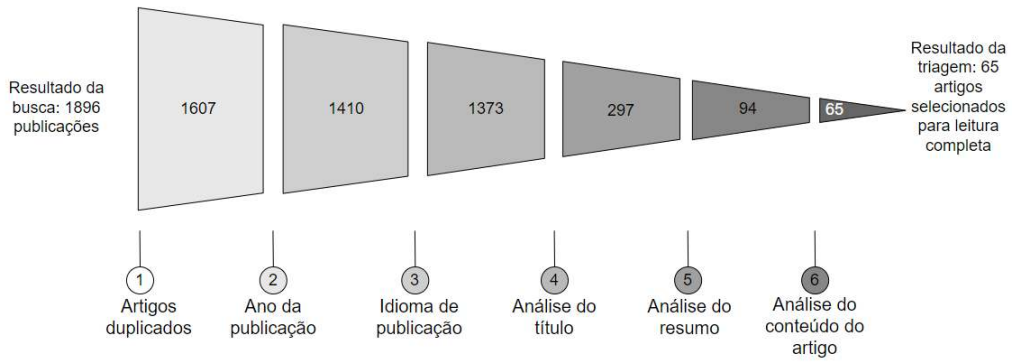
Esta dividiu-se em 6 fases principais. A fase de planejamento contém a pergunta de pesquisa "Qual o potencial de utilização do Metaverso na indústria da construção civil?", e nela escolheram-se as bases de dados utilizadas, Scopus, Science Direct e Compendex. Na etapa de triagem, definiu-se uma primeira *string* de busca, mais geral possível: TITLE-ABS-KEY("Metaverse"), gerando 1145 resultados na base Scopus, que foram em seguida analisados no software *VOSviewer*. A partir da análise de palavras-chave recorrentes no *VOSviewer*, foi composta a 2° *string* de busca (vide Figura 2), visando refinar os resultados encontrados em direção à resposta da pergunta de pesquisa.

Esta busca resultou em 1896 artigos. Assim, determinaram-se critérios de seleção para os artigos encontrados (Figura 1): excluindo-se a) todos os resultados duplicados, b) em idiomas que não fossem inglês ou c) português e d) com datas de publicação inferiores a 2018. Em seguida, avaliou-se a relevância do título do artigo, a relevância do resumo, e a analisou-se o conteúdo dos artigos, resultando em um total de 65 artigos selecionados para leitura na íntegra. Adicionalmente, publicações da literatura e do mercado foram identificadas, pela técnica da bola de neve, complementando os dados anteriormente obtidos.

Após seleção dos artigos, iniciou-se a etapa de coleta de dados que respondessem à pergunta inicial, e criação de quadros e esquemas que caracterizem o resultado, permitindo a redação do mesmo. A Figura 2 a seguir resume estes passos.

Saipem Classification - General Use

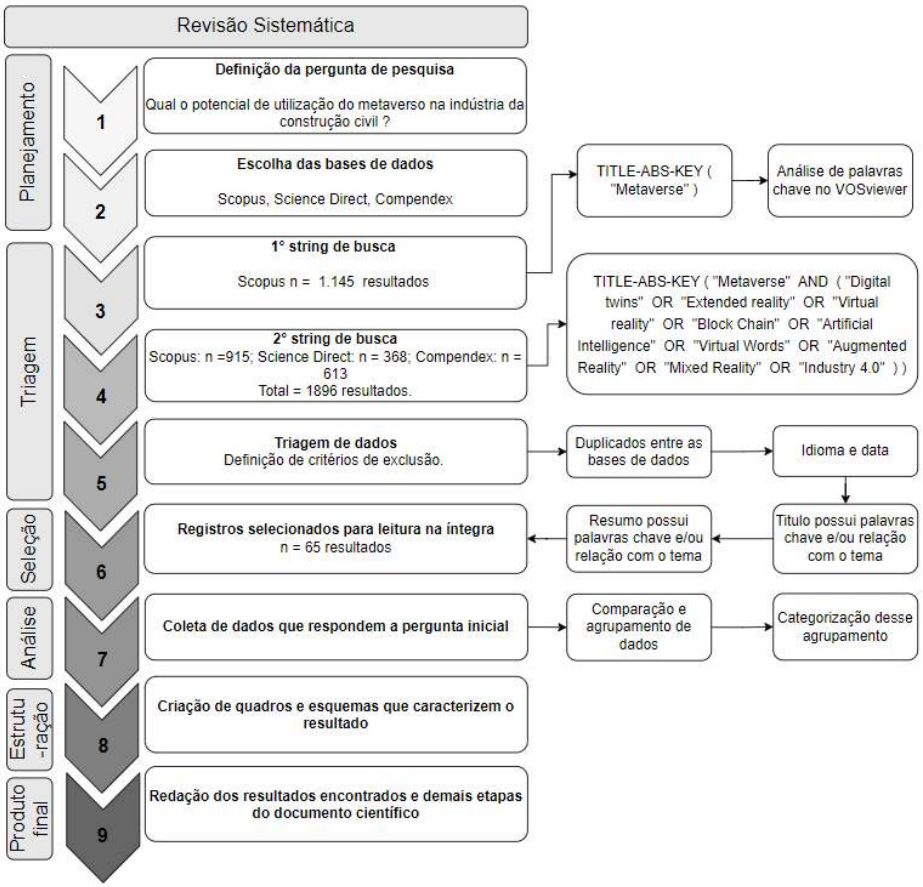
Figura 1: Critérios de seleção de artigos na revisão sistemática de literatura



Fonte: Os autores.

Cabe destacar que, as informações coletadas incluíram a coleta de definições e determinação das tecnologias chave do Metaverso. Em conjunto, as informações obtidas nesta revisão de literatura foram analisadas em função do ciclo de criação de valor de [11], dividindo as atividades para a produção de um serviço em *back* e *frontstage*, conforme discutido na Introdução.

Figura 2: Etapas da revisão sistemática de literatura utilizada



Fonte: Os autores.

Saipem Classification - General Use

RESULTADOS

DEFINIÇÃO DE METAVERSO

O termo "Metaverso" é um neologismo resultante da fusão das palavras "universo" e do prefixo grego "meta", que denota uma noção de "além de". Nesse sentido, o conceito pode ser compreendido como uma abstração do universo físico, algo que transcende e complementa sua existência.

Ele pode ser definido como a junção dos mundos físico e digital para a formação de um ambiente virtual compartilhado e autossustentável [15–17]. Isso possibilita uma transformação na maneira como a humanidade vive e a forma de conexão entre o espaço social e físico [18].

[16,20] descrevem o Metaverso como uma nova geração da internet. Porém, para [24], eles se diferenciam, visto que a internet conecta os usuários através de plataformas, sites ou jogos, e o Metaverso faz do usuário o centro da ação.

O Metaverso sustenta-se em diversos tipos de tecnologias, como inteligência artificial*, blockchain*, *internet of things, cloud/edge computing* etc. [17,25,26], permitindo aos usuários experimentarem as realidades física e virtual como se fossem únicas [25,27]. Por exemplo, os usuários podem transitar entre os mundos real e virtual, para trabalho, educação e treinamento, saúde, exploração de interesses socialização com outras pessoas etc. [15,26,28].

Adicionalmente, o Metaverso compõe-se de três propriedades predominantes: imersão, interação e persistência [29]. A imersão é definida como a habilidade de envolver o usuário em uma experiência virtual ou real, englobando tanto sua participação física quanto mental [30]. A interação, por sua vez, se refere à capacidade de interagir com o ambiente virtual e outros usuários [31]. Já a persistência, é a capacidade de manter o estado do mundo virtual mesmo na ausência dos usuários, o que implica que as mudanças feitas nesse ambiente serão mantidas mesmo após a saída dos usuários [16].

Em suma, o Metaverso é a fusão dos mundos digital e físico, baseado em tecnologias com características diferentes, de modo a buscar fazer do usuário seu agente principal, permitindo-lhe circular entre os dois mundos, realizando neles suas atividades diárias, através de uma experiência interativa composta ou complementada digitalmente.

TECNOLOGIAS RELACIONADAS AO METAVERSO

A

Saipem Classification - General Use

Figura ***3*** mostra uma matriz Tecnologia x Autor, contendo 14 tecnologias (dispostas nas linhas) vinculadas ao Metaverso, propostas por 18 autores (dispostas nas colunas). Nela, o “X” denota a menção de um autor sobre tecnologias como sendo fundamentais para o Metaverso.

Saipem Classification - General Use

Figura 3 - Matriz Tecnologia x Autor

Categorias	Autores / Tecnologias	ABBATE et al. (202	AL-GHAILI et al.	ALI et al. (2023)	BALE et al. (202	BANAEIAN; IMA	BUCHHOLZ; OPP	BUHALIS; LIN; LEU	CHEN et al. (202	CHENG et al.	CUI; IDOTA; OTA	FU et al. (2022)	HUANG et al. (202	POOYANDEH; HAN;	WANG et al. (202	ZAINAB et al.(2022)
Coleta de dados	Sensores vestíveis													X	X	
	GNSS						X									
Cibersegurança	Blockchain	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X
Criação e modelagem	BIM		X				X						X			
	Digital twins		X	X		X			X	X	X		X		X	
	AI		X	X	X		X			X	X	X			X	X
	GIS						X						X			
Processamento e conectividade	Cloud computing	X	X	X								X			X	
	Edge computing		X	X						X		X			X	
	5G/6G				X					X		X			X	
	IoT		X	X	X						X	X	X	X	X	
Imersão e interação	AR	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
	VR	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
	MR	X	X	X				X	X	X		X		X	X	

Fonte: Os autores.

As tecnologias encontradas agruparam-se segundo suas características e funções, produzindo cinco categorias: Coleta de dados, cibersegurança, criação e modelagem, processamento e conectividade e imersão e interação. Estas categorias detalham-se na sequência. A relação destas categorias com a geração de valor no Metaverso, conforma seu ciclo de criação de valor.

1. **Coleta de dados**: Compõe-se de tecnologias que visam adquirir dados do mundo real, como coordenadas geográficas; ou do usuário, como dados fisiológicos. Nessa classe incluem-se as tecnologias de sensores vestíveis e GNSS.
2. **Cibersegurança**: Vincula-se com a segurança de hardware, software e dados contra ataques cibernéticos. Tem como objetivo manter a confidencialidade, integridade e disponibilidade de dados dos usuários [32]. Esta pode ser alcançada através da descentralização de dados, ou seja, a não concentração de dados por uma única entidade, como uma empresa ou governo [20]. Assim, os usuários têm mais controle e segurança sobre suas experiências no Metaverso posto que, em uma rede descentralizada, o registro de informações é distribuído, não dependendo de um único ponto de controle, dificultando sua alteração [24]. A tecnologia responsável por manter a cibersegurança no Metaverso é o *blockchain*.
3. **Criação e modelagem**: Diz respeito à utilização de dados do mundo real, ou fornecidos pelo usuário, para a criação de conteúdos que podem ser incorporados no ambiente virtual de forma eficiente, ou que replicam o comportamento e desempenho de um ambiente existente no mundo real. Essa categoria compõe-se pelas tecnologias GIS, inteligência artificial, BIM, e *digital twins*.
4. **Processamento e conectividade**: Composta por tecnologias que proporcionam o poder de processamento e conexão necessários para criar e gerenciar o ambiente virtual de forma eficiente e escalável, são estas: *cloud computing, edge computing* e 5G/6G.
5. **Imersão e interação**: Imersão define-se como estar “dentro” de uma experiência real ou virtual, participando física e mentalmente, e afastando-se da experiência cotidiana, ou seja, o usuário experimenta uma sensação modificada de tempo [30]. Por outro lado, o conceito de interação, está ligado à influência de um elemento de

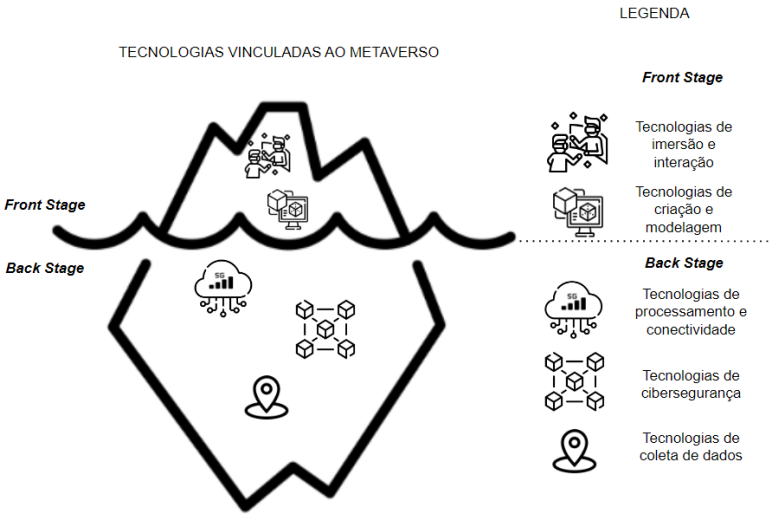
Saipem Classification - General Use

um sistema sobre outro elemento, seja pessoa ou coisas [33]. Optou-se por unir esses dois conceitos em uma categoria única. Isto porque as tecnologias presentes nela possuem ambas as características de imergir o usuário em um ambiente, ou de trazer um elemento virtual para o mundo real e de permitir a interação entre esses elementos. Assim, as tecnologias de imersão e interação estimulam os sentidos, como a visão ou tato, permitindo que o usuário se sinta imerso e interaja com os elementos criados pelas tecnologias. Incluem-se nessa categoria: realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e realidade mista (MR).

RELAÇÃO ENTRE O METAVERSO E A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS BACKSTAGE E FRONTSTAGE

As tecnologias do Metaverso podem ser divididas em a) *frontstage*, composta pelas categorias de imersão e interação e criação e modelagem, e b) *backstage*, composta pelas categorias de coleta de dados, cibersegurança e processamento e conectividade. Essa divisão entre *front* e *backstage* no Metaverso pode ser representada em formato de *iceberg* (Figura 4). Sua parte superficial representa o *frontstage*, localizado próximo ao usuário, onde ele age diretamente. E a parte submersa trata-se do *backstage*, a parte que o usuário final não vê. Assim, o *backstage* fornece o suporte necessário para as tecnologias de *frontstage*, ou seja, o usuário não age diretamente sobre elas, mas precisa delas para que ele possa utilizar o Metaverso de forma segura e eficaz.

Figura 4: Relação entre tecnologias e os componentes da produção de serviços vinculados ao Metaverso



Fonte: Os autores.

Os resultados indicam que a divisão entre *front* e *backstage* é modificável de acordo com o usuário final. Exemplificando, para um projetista, a categoria de criação e modelagem poderia ser considerada como *frontstage*, visto que ele seria responsável por utilizar essas tecnologias diretamente. Porém, para um potencial comprador de um imóvel, ou um operário de construção, que receberia o modelo pronto, a categoria de criação e modelagem se configuraria como *backstage*.

Saipem Classification - General Use

APLICAÇÕES DO METAVERSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Utilizando a classificação proposta de tecnologias em *frontstage*, *backstage*, e diferentes etapas do ciclo de criação de valor na Construção civil, propõe-se a Figura 5. Nela, com base nas etapas propostas por [12], as etapas do ciclo de criação de valor na construção civil consideradas foram as etapas de Planejamento (Organização / Gestão), projeto, execução, operação e manutenção. A Figura 5 baseia-se na inserção de tecnologias ligadas ao Metaverso em diferentes etapas do ciclo de criação de valor da construção, propondo aplicações e associando os benefícios do ciclo de criação de valor do Metaverso a tais etapas. Para o *frontstage,* por exemplo:

a) **Para a categoria de interação e imersão**, sua inserção na etapa de planejamento e projeto permite a realização de simulações, como desastres naturais, bem como o treinamento de trabalhadores. Assim, tem-se uma melhora na colaboração entre equipes, redução de custos e prazos e aumento de segurança [14,34]. Na etapa de execução, o uso das tecnologias dessa categoria facilita o acompanhamento das obras pelo engenheiro responsável, diminuindo deslocamentos físicos desnecessários, bem como a criação de uma camada virtual sobreposta ao mundo real, que auxilia o trabalho dos operários. Na etapa de uso e ocupação, ela permite ao cliente visitar a edificação antes da compra, de forma imersiva.

b) **Para a categoria de criação e modelagem**, sua utilização permite a inserção de dados georreferenciados nos modelos digitais, fornece a sincronicidade entre o modelo digital e o mundo real, automatização de tarefas e auxílio no processo de tomada de decisões e planejamento [35–37].

Para as tecnologias de *backstage*:

c) **Para a categoria de cibersegurança**, sua inserção na etapa de planejamento e projeto garante a segurança dos dados coletados e transações realizadas, e nas demais etapas do ciclo, garantindo também a segurança dos dados do morador [25,38].

d) **Para a categoria de processamento e conectividade**: Suas tecnologias são as responsáveis por garantir a capacidade de processamento e armazenamento de dados em todas as etapas do ciclo de vida de uma construção [20].

e) **Para a categoria de coleta de dados**, sua utilização na etapa de planejamento e projeto permitirá a coleta e inserção de dados geográficos no projeto, de modo a refletir a realidade. E sua utilização na etapa de uso e ocupação permite a coleta de dados dos moradores e possibilidade de personalizar sua experiência de acordo com suas vontades [16,24,39].

Em suma, várias combinações de serviços e tecnologias associadas ao Metaverso podem ser aplicadas na construção civil. Estes resultados mostram as contribuições potenciais do Metaverso em diversas fases do ciclo de vida de uma edificação. Dentre os benefícios da sua incorporação se encontrariam otimizar processos, e possibilitar uma experiência mais segura, interativa e personalizada para todos os envolvidos no ciclo de vida de um empreendimento [16]. A integração bem-sucedida do Metaverso pode, portanto, representar um marco na evolução e aumento de valor mediante a prestação de serviços no setor da construção civil.

Saipem Classification - General Use

Figura 5 - Aplicações de tecnologias do Metaverso na construção civil



Como citar:
MARQUES, ANDREZA; HAITO, R.J.J.O. Aplicações do Metaverso na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Fonte: Os autores.

Saipem Classification - General Use

CONCLUSÃO

Este trabalho visou identificar potenciais aplicações do Metaverso na construção civil. Especificamente, estudaram-se definições e tecnologias associadas a este conceito. Em suma, o Metaverso trata-se da fusão dos mundos físicos e digital, sustentada por tecnologias com diferentes características, que fazem do usuário seu agente principal. Isto lhe permite transitar entre esses mundos, para realizar suas atividades cotidianas, através de uma experiência interativa complementada digitalmente.

Neste trabalho identificaram-se 14 tecnologias componentes do Metaverso, categorizando-as segundo suas características em cinco grupos: a) coleta de dados, b) cibersegurança, c) criação e modelagem, d) processamento e conectividade, e e) imersão e interação. Adicionalmente, estas foram classificadas em *frontstage* (tecnologias em contato com o usuário final) e *backstage* (tecnologias de suporte ao *frontstage*).

Concluiu-se que a contribuição destas categorias para a geração de valor em serviços vinculados ao Metaverso compõe seu ciclo de criação de valor. Especificamente, a criação de valor do Metaverso está ligada à imersão, interação e sincronicidade de dados. Estes valores têm o potencial de contribuir com a indústria da construção civil ao facilitar a comunicação entre equipes, automatização e otimização de tarefas, personalização de projetos, diminuição de deslocamentos físicos, dentre outros.

Em termos metodológicos, esta pesquisa trata-se de uma revisão sistemática da literatura. Os artigos analisados revelaram que pouco havia sido estudado sobre a implementação do Metaverso na indústria da construção civil. Assim, esta pesquisa buscou preencher essa lacuna de conhecimento, ao mapear em que atividades o Metaverso pode ser inserido. Em síntese, os principais resultados deste trabalho são: 1) Identificação das propriedades preponderantes do Metaverso de acordo com sua finalidade; 2) Identificação das tecnologias componentes do Metaverso; e 3) Identificação de aplicações do Metaverso, mediante as suas tecnologias. Dessa maneira, esse trabalho contribui na compreensão do conceito e composição do Metaverso, bem como, no entendimento de como as práticas a ele associadas podem ser utilizadas a favor da indústria da construção civil.

Esse trabalho limitou-se a identificar potenciais aplicações do Metaverso na construção civil, não abordando as barreiras, desafios e consequências da sua adoção. Ele também se limitou a dados provenientes de uma revisão sistemática da literatura. Portanto, para trabalhos futuros, sugere-se um estudo de desafios do Metaverso na

construção civil, e a coleta de dados de empresas da construção civil, explicitando casos práticos de sua aplicação.

REFERÊNCIAS

[1] BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J.; RIBEIRINHO, MJ.; SRIDHAR, M.; PARSONS, M. **Reinventing construction: A route to higher productivity**. McKinsey Global Institute; 2017.

[2] ARMSTRONG, G.; GILGE, C.; **Make it, or break it: Reimagining governance, people and technology in the construction industry.** 2017.

[3] FRANK, AG.; MENDES, GHS.; AYALA, NF.; GHEZZI, A. **Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective.** Technological Forecasting and Social Change 2019;141:341–51. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014.

[4] MUÑOZ-LA RIVERA, F.; MORA-SERRANO, J.; VALERO, I.; OÑATE, E.; **Methodological-Technological Framework for Construction 4.0.** Arch Computat Methods Eng 2021;28:689–711. https://doi.org/10.1007/s11831-020-09455-9.

[5] NOWOTARSKI, P.; PASLAWSKI, J.; **Industry 4.0 Concept Introduction into Construction SMEs.** IOP Conf Ser: Mater Sci Eng 2017;245:052043. https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/5/052043.

[6] OVIEDO-HAITO, RJJ.; MORATTI, T.; CARDOSO, FF. **Desafios da gestão da produção na construção 4.0.** Londrina, Brasil: 2019, p. 1–13. https://doi.org/10.46421/sibragec.v11i00.28

[7] SAWHNEY, A.; RILEY, M.; IRIZARRY, J. **Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment.** Routledge; 2020. https://doi.org/10.1201/9780429398100.

[8] BETIATTO, P. **Perfil de inovação dos serviços ofertados por Construtechs brasileiras.** 2021.

[9] VENDRELL-HERRERO, F.; WILSON, JR. **Servitization for territorial competitiveness: taxonomy and research agenda.** Competitiveness Review: An International Business Journal 2017;27:2–11. https://doi.org/10.1108/CR-02-2016-0005.

[10] PORTER, ME.; HEPPELMANN, JE. Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy. Harvard Business Review 2017.

[11] TEBOUL J.; **Service is front stage: positioning services for value advantage.** Basingstoke: Palgrave Macmillan; 2008.

[12] LIU, J.; OVIEDO HAITO, R.; CARDOSO, F. **Classificação do serviço em empresas de execução de serviço de obra**, 2013.

[13] WANG, J.; MEDVEGY, G. **Exploration the Future of the Metaverse and Smart Cities.** 2022.

[14] ALLAM, Z.; SHARIFI, A.; BIBRI, SE.; JONES, DS.; KROGSTIE, J. **The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability in Urban Futures.** Smart Cities 2022;5:771–801. https://doi.org/10.3390/smartcities5030040.

Saipem Classification - General Use

[15] BUHALIS, D.; LIN, MS.; LEUNG, D. **Metaverse as a driver for customer experience and value co-creation: implications for hospitality and tourism management and marketing.** IJCHM 2023;35:701–16. https://doi.org/10.1108/IJCHM-05-2022-0631.

[16] WANG, Y.; SU, Z.; ZHANG, N.; XING, R.; LIU, D.; LUAN, TH. **A Survey on Metaverse: Fundamentals, Security, and Privacy.** 2022. https://doi.org/10.36227/techrxiv.19255058.v3.

[17] ZAINAB, HE.; BAWANY, NZ.; IMRAN, J.; REHMAN, W.; Virtual Dimension—**A Primer to Metaverse.** IT Prof 2022;24:27–33. https://doi.org/10.1109/MITP.2022.3203820.

[18] LV, Z.; SHANG, W-L.; GUIZANI, M.; **Impact of Digital Twins and Metaverse on Cities: History, Current Situation, and Application Perspectives.** Applied Sciences 2022;12:12820. https://doi.org/10.3390/app122412820.

[19] ABBATE, S.; CENTOBELLI, P.; CERCHIONE, R.; OROPALLO, E.; RICCIO, E. **A first bibliometric literature review on Metaverse.** 2022 IEEE Technology and Engineering Management Conference (TEMSCON EUROPE), Izmir, Turkey: IEEE; 2022, p. 254–60. https://doi.org/10.1109/TEMSCONEUROPE54743.2022.9802015

[20] FU, Y.; LI, C.; YU, FR.; LUAN, TH.; ZHAO, P.; LIU, S. A **Survey of Blockchain and Intelligent Networking for the Metaverse.** IEEE Internet Things J 2023;10:3587–610. https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3222521.

[21] CHENG, R.; WU, N.; CHEN, S.; HAN, B. **Will Metaverse Be NextG Internet?** Vision, Hype, and Reality. IEEE Network 2022;36:197–204. https://doi.org/10.1109/MNET.117.2200055.

[22] BALE, AS.; GHORPADE, N.; HASHIM, MF.; VAISHNAV, J.; ALMASPOOR, Z. **A Comprehensive Study on Metaverse and Its Impacts on Humans.** Advances in Human-Computer Interaction 2022;2022:1–11. https://doi.org/10.1155/2022/3247060.

[23] VILUTIENE, T.; KALIBATIENE, D.; HOSSEINI, MR.; PELLICER, E.; ZAVADSKAS, EK. **Building Information Modeling (BIM) for Structural Engineering: A Bibliometric Analysis of the Literature.** Advances in Civil Engineering 2019;2019:1–19. https://doi.org/10.1155/2019/5290690.

[24] POOYANDEH, M.; HAN, K-J.; SOHN I. **Cybersecurity in the AI-Based Metaverse: A Survey.** Applied Sciences 2022;12:12993. https://doi.org/10.3390/app122412993.

[25] ALI, S.; ABDULLAH; ARMAND, TPT; ATHAR, A; HUSSAIN, A.; ALI, M.; et al. **Metaverse in Healthcare Integrated with Explainable AI and Blockchain: Enabling Immersiveness, Ensuring Trust, and Providing Patient Data Security.** Sensors 2023;23:565. https://doi.org/10.3390/s23020565.

[26] KANG, M.; WANG, X.; WANG, H.; HUA, J.; REFFYE, PD.; WANG, F-Y. **The Development of AgriVerse: Past, Present, and Future.** IEEE Trans Syst Man Cybern, Syst 2023;53:3718–27. https://doi.org/10.1109/TSMC.2022.3230830.

[27] METAVERSE ROADMAP. **A Cross-Industry Public Foresight Project.** 2007.

[28] LIU, K.; CHEN, L.; LI, L.; REN, H.; WANG, F-Y. **MetaMining: Mining in the Metaverse.** IEEE Trans Syst Man Cybern, Syst 2023;53:3858–67. https://doi.org/10.1109/TSMC.2022.3233588.

Saipem Classification - General Use

[29] LITTLE, A. **The Industrial Metaverse**. 2023.

[30] HUDSON, S.; MATSON-BARKAT, S.; PALLAMIN, N.; JEGOU, G. **With or without you? Interaction and immersion in a virtual reality experience.** Journal of Business Research 2019;100:459–68. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.062.

[31] MIAO, F.; KOZLENKOVA, IV.; WANG, H.; XIE, T.; PALMATIER, RW. **An Emerging Theory of Avatar Marketing.** Journal of Marketing 2022;86:67–90. https://doi.org/10.1177/0022242921996646.

[32] SEEMMA, OS.; NANDHINI, S.; SOWMIYA, M. **Overview of Cyber Security.** International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering 2018;7:125–8. https://doi.org/10.17148/IJARCCE.2018.71127.

[33] CAMBRIGDE D. **interaction** 2023. https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/interaction (accessed November 4, 2023).

[34] OZCAN-DENIZ, G. **Expanding applications of virtual reality in construction industry: A multiple case study approach.** Journal of Construction Engineering, Management & Innovation 2019;2:48–66. https://doi.org/10.31462/jcemi.2019.02048066.

[35] BOLPAGNI, M.; BARTOLETTI, I. A**rtificial Intelligence in the Construction Industry: Adoption, Benefits and Risks.** 2021.

[36] GROSSE, CU. **Monitoring and Inspection Techniques Supporting a Digital Twin Concept in Civil Engineering**. 2019.

[37] SALGADO, BP.; RUBIM, DF.; HIPPERT, MAS. **A contribuição do BIM para gestão de facilities na construção civil / BIM contribution to facilities management in civil construction.** Brazilian Journal of Development 2020;6:80750–60. https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-481.

[38] SAN, KM.; CHOY, CF.; FUNG, WP. **The Potentials and Impacts of Blockchain Technology in Construction Industry: A Literature Review.** IOP Conf Ser: Mater Sci Eng 2019;495:012005. https://doi.org/10.1088/1757-899X/495/1/012005.

[39] MUKHOPADHYAY, SC. **Wearable Sensors for Human Activity Monitoring: A Review.** IEEE Sensors J 2015;15:1321–30. https://doi.org/10.1109/JSEN.2014.2370945.

Saipem Classification - General Use