



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## REALIDADE AUMENTADA COMO APOIO PARA O GERENCIAMENTO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA<sup>1</sup>

PASDIORA, Lívia (1); SANTOS, Adriana de Paula Lacerda (2)

(1) Universidade Federal do Paraná (UFPR), liviapasdiора@gmail.com

(2) Universidade Federal do Paraná (UFPR), adrianapls@gmail.com

### RESUMO

A fase operacional de um edifício é a mais longa em seu ciclo de vida, e a gestão de atividades referentes a essa etapa representa um grande desafio para os gestores. Tendo em vista esse cenário, o objetivo do presente artigo é conduzir uma revisão sistemática da literatura, buscando investigar como a realidade aumentada (RA), tecnologia de visualização largamente utilizada na indústria de jogos, está sendo empregada na gestão e manutenção de edificações nos últimos anos. A revisão foi conduzida em quatro bases de pesquisa, e os dados foram analisados conforme a ferramenta 5W1H. Para análise dos dados, as seguintes perguntas foram feitas: Quem desenvolveu o artigo? (Who); Quando a pesquisa foi publicada? (When); em qual país foi conduzida a pesquisa? (Where); por qual motivo a pesquisa foi feita? (Why); quais tecnologias foram utilizadas para permitir a adequação à RA? (What); qual metodologia foi utilizada? (How). Os resultados das análises conduzidas apontam que o interesse acerca da aplicação de RA no gerenciamento de instalações vem crescendo desde 2018, tanto no cenário nacional quanto no internacional, evidenciando a pertinência de estudos nessa área.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada. Manutenção. Gerenciamento de instalações.

### ABSTRACT

The operational phase of a building is the longest in its life cycle, and the management of activities related to this stage represents a major challenge for managers. Considering this scenario, the aim of this article is to conduct a systematic review, seeking to investigate how augmented reality (AR), a visualization technology widely used in games industry, is being used in the management and maintenance of buildings in recent years. The review was conducted in four research bases, and the data were analysed according to the 5W1H tool. For data analysis, the following questions were asked: Who developed the article? (Who); When was the research published? (When); in which country was the research conducted? (Where); why was the research conducted? (Why); which technologies have been used to enable adaptation to RA? (What); which methodology was used? (How). The results show that interest in the application of AR in facilities management has been growing since 2018, in the national and international scenario, showing the relevance of studies in this area.

**Keywords:** Augmented reality. Maintenance. Facility management

---

<sup>1</sup> PASDIORA, L., SANTOS, A. P. L. Realidade aumentada como apoio para o gerenciamento e manutenção de edificações - uma revisão sistemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

## 1 INTRODUÇÃO

As edificações, principalmente após sua conclusão, estão fortemente presentes em nosso entorno, moldando a forma de nossas cidades, servindo de moradia ou local de trabalho, tornando-se muitas vezes pontos de referência e atrações turísticas. Para manter o funcionamento das edificações em seu período operacional foi criado o ramo conhecido por *Facility Management (FM)*, do inglês gerenciamento de instalações, que abrange diversas disciplinas para assegurar o funcionamento correto da edificação, visando manter o conforto e a integridade das pessoas que nela circulam (ROPER; PAYANT, 2014). De acordo com Lavy e Jawadekar (2014), manutenções e reparos podem representar até 85% dos custos totais de uma edificação. Dessa forma, o gerenciamento e manutenção de instalações torna-se um grande desafio em termos de orçamento e planejamento, visto que o ciclo de vida de uma edificação é muito maior do que bens não duráveis, estendendo-se por décadas (BAHR; LENNERTS; PFÜNDER, 2008). O escopo de atividades para uma gestão eficiente contém diversas tarefas, o que demanda a participação de várias pessoas, em diferentes lugares, colaborando e trocando informações umas com as outras (CHEN et al., 2019). Além disso, os gestores possuem também a necessidade de fácil acesso à informação, visto que frequentemente precisam planejar manutenções e reformas com base em dados pré-existentes da edificação. Isso torna a realidade aumentada (RA) um bom candidato para dar apoio aos gestores, pois permitem a visualização do ambiente real suplementado com informações digitais (GHEISARI; IRIZARRY, 2016) e a colaboração em tempo real de todos as partes envolvidos na atividade (CHEN et al., 2019). Importante aposta na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC), a realidade aumentada (RA) é, de acordo com Milgram e Colquhoun (1999), uma tecnologia que tem a capacidade de adicionar elementos virtuais em um ambiente real, possibilitando a interação de um ambiente ou objeto com o usuário, enquanto este recebe informações digitais em tempo real, permitindo também a colaboração de outros usuários remotos. Tomando como base esse cenário, a presente pesquisa buscou analisar o estado da arte da aplicação de RA para fins de manutenção e operação de edificações, fazendo um levantamento dos métodos e ferramentas mais utilizados.

## 2 METODOLOGIA

O método escolhido para a condução da pesquisa foi a revisão sistemática da literatura, definida por Sampaio e Mancini (2007) como um tipo de investigação que disponibiliza um resumo das publicações pertinentes à determinado assunto, mediante a aplicação de métodos sistematizados de busca, apreciação e crítica. A primeira etapa de uma revisão exige uma questão bem formulada e clara para a boa condução da pesquisa. Portanto, o presente estudo buscou responder a seguinte pergunta: "Como a RA pode contribuir para uma gestão mais eficiente do ambiente construído?"

A próxima etapa consistiu na definição de palavras chave, em inglês com o objetivo de abranger a maior quantidade possível de artigos relevantes a nível internacional, e também critérios de busca, além da seleção das bases de dados científicas a serem consultadas. Os artigos foram escolhidos de acordo com sua pertinência ao assunto, ou seja, apenas os que tratavam da aplicação de RA exclusivamente em atividades de gerenciamento e manutenção de edificações após a conclusão da obra. Foram excluídos artigos que não tratavam do assunto, em sua maioria estudos acerca de outra tecnologia similar, a Realidade Virtual (RV), e também pesquisas que

utilizavam a RA na fase de projeto e construção da edificação. Foram excluídas também revisões, capítulos de livros e estudos anteriores ao ano de 2010. Ao final dessa etapa, foram selecionados 31 artigos, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Buscas e tratamento dos dados

Palavras chave e Filtros de seleção	Science Direct	IEEE	Scopus	Web of Science	TOTAL
"Augmented Reality" AND "Facility Management"	7	7	47	29	<b>255</b>
"Augmented Reality" AND "Building" AND "Maintenance"	6	18	105	36	
Duplicatas			110		145
Excluídos após leitura do título			25		85
Excluídos após a leitura dos resumos			40		45
Excluídos após a leitura dos artigos na íntegra			14		31
<b>Número de estudos efetivos</b>			<b>31</b>		

Fonte: Os autores (2020)

Para extrair e analisar os dados dos estudos selecionados, optou-se por adotar o método 5W1H, ferramenta que ajuda a reunir e organizar informações de forma estruturada e orientada. Para cada um dos estudos, as seguintes perguntas foram feitas:

- Who (quem) - Quem desenvolveu o artigo?
- When (quando) - Quando o artigo foi publicado?
- Where (onde) - Em qual país foi conduzida a pesquisa?
- Why (por que) - Por qual motivo a pesquisa foi feita?
- What (o que) - Quais tecnologias foram utilizadas para permitir a utilização de RA?
- How (como) - Qual a metodologia foi utilizada para condução de cada estudo?

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão discutidos os dados extraídos a partir da análise 5W1H.

#### 3.1 Who

Dentre os 31 estudos escolhidos para revisão, apenas alguns autores estavam presentes em mais do que uma publicação. A Tabela 2 mostra os pesquisadores que tiveram maior destaque e o número de publicações nas quais eles colaboraram.

Tabela 2 – Pesquisadores com maior número de menções

Pesquisador	Instituição	Nº de pesquisas
Gheisari, M.	Mississippi State University	5
Williams, G.	Georgia Institute of Technology	5
Irrizary, J.	Georgia Institute of Technology	5
Walker, B. N.	Georgia Institute of Technology	2
Moreira, L.	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	2
Ruschel, R.	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	2

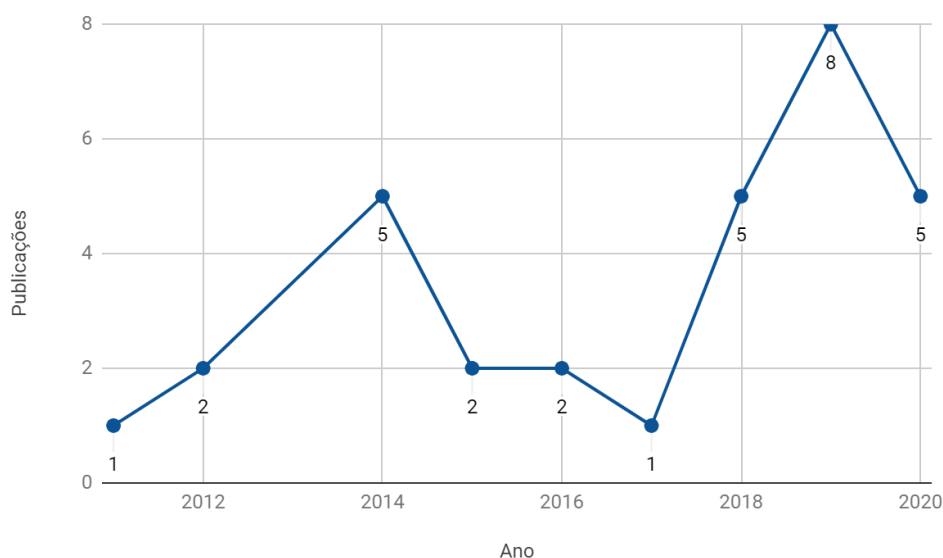
Fonte: Os autores (2020)

Conforme mostrado na tabela anterior, autores brasileiros publicaram dois estudos presentes nesta revisão: Moreira e Ruschel, que em 2018 desenvolveram dois artigos voltados ao desenvolvimento de um manual do proprietário baseado em realidade aumentada. Um deles contou com a colaboração do pesquisador Behzadan, dos Estados Unidos.

### 3.2 When

Conforme mencionado anteriormente, foram selecionados apenas os estudos publicados após 2010, visando investigar as aplicações mais recentes de RA no campo do gerenciamento e manutenção de edificações. O Gráfico 1 exibe a distribuição de publicações por ano na última década.

Gráfico 1 – Número de publicações por ano



Fonte: Os autores (2020)

Conforme demonstrado no gráfico anterior, as publicações tiveram seu pico no ano de 2019, quando 26% dos estudos foram publicados. Esse crescimento se deve principalmente ao investimento crescente que empresas como Google e Apple vem fazendo em RA desde 2017. A tendência é que o número de publicações nessa área continue subindo nos próximos anos, o que reforça a pertinência da presente revisão no contexto acadêmico atual.

### 3.3 Where

Relativo ao local de desenvolvimento de artigos, os Estados Unidos obtiveram destaque, com 8 publicações (26%). Possivelmente isso ocorre pelo fato de que o país é sede de grandes empresas de tecnologia, o que pode gerar maior incentivo aos pesquisadores para pesquisar sobre o tema. Além disso, como as palavras-chave utilizadas na pesquisa foram em inglês, isso contribui para que países que tem a língua como idioma nativo dominem o ranking de publicações. No Brasil, conforme citado anteriormente, foram conduzidas duas pesquisas (6,5%) presentes na revisão. Outros países que receberam destaque foram Coréia do Sul (13%), Alemanha (10%) e Espanha (10%). A localização e quantidade de publicações dos países mais relevantes presentes nos estudos levantados está ilustrada na Figura 1 e também na Tabela 3.

Figura 1 - Publicações por país

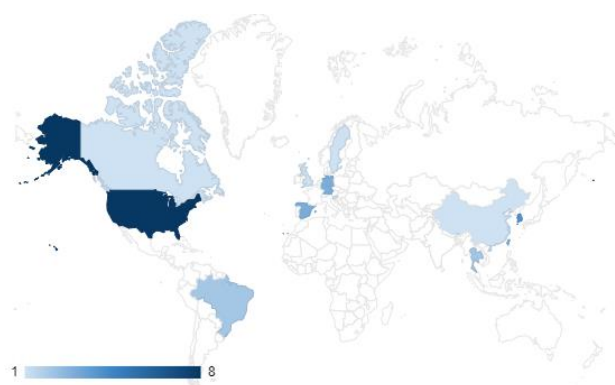


Tabela 3 - Publicações por país

País	Nº de pesquisas
Estados Unidos	8
Coréia do Sul	4
Alemanha	3
Espanha	3
Taiwan	3
Brasil	2
Tailândia	2

Fonte: Os autores (2020)

### 3.4 Why

Mesmo dentro do nicho do gerenciamento e manutenção de instalações, a RA tem diversas possibilidades de aplicação. Nessa seção, buscou-se entender em qual tipo de atividade os pesquisadores focaram suas pesquisas. A Tabela 3 lista os tópicos que obtiveram maior número de menções.

Tabela 4 – Motivação das pesquisas

Tópico	Nº de pesquisas
Gestão de dados	9
Localização	4
Interatividade	3
Manutenção de sistemas específicos	3
Monitoramento	2

Fonte: Os autores (2020)

Gestão de dados foi o motivo que obteve maior destaque dentre as publicações revisadas, sendo mencionada como motivação da pesquisa em quase 30% dos estudos. Conforme dito anteriormente, a fase operacional de um edifício perdura por décadas, e a quantidade de informação gerada nesse período é grande. A RA surge como forma de organizar e transmitir essas informações para qualquer pessoa que necessite delas. A localização vem em segundo lugar, com 13% das menções, e usualmente é empregada para facilitar a delegação de atividades do gestor aos trabalhadores, permitindo saber exatamente quais os lugares que precisam de manutenção e o qual tipo de trabalho precisa ser efetuado. Destacaram-se também a interatividade (10%), que permite a troca de informações entre o usuário e a base de dados, a manutenção de sistemas prediais específicos (10%), como sistemas de incêndio, ar condicionado e encanamentos, e por fim o monitoramento (6,5%) que, permite, por meio de sensores, o monitoramento por parte do gestor de condições como umidade e temperatura interna de um ambiente, garantindo o conforto dos ocupantes.

### 3.5 What

Existem diversas ferramentas, tanto *hardwares* quanto *softwares*, que permitem a aplicação da RA no gerenciamento de instalações. O objetivo desta seção é fazer um levantamento de quais foram as ferramentas mais utilizadas dentre os artigos selecionados para revisão. O número de menções é maior que o número de artigos pois frequentemente os pesquisadores utilizam mais que uma ferramenta para o desenvolvimento de suas pesquisas.

Tabela 5 – Ferramentas utilizadas

Ferramenta	Nº de pesquisas
BIM	21
Motor de jogo	11
SDK	9
Sensores e microcontroladores	5

Gerenciadores de banco de dados	4
---------------------------------	---

Fonte: Os autores (2020)

Conforme mostrado na Tabela 4, o *Building Information Modelling* (BIM) é a tecnologia que mais obteve destaque na revisão, com menção em quase 70% dos artigos. Isso ocorre pois o BIM já é uma tecnologia consolidada na indústria AEC, permitindo desenvolvimento de modelos 3D e servindo como uma plataforma para integração de informações. Em seguida vem os *softwares* do tipo motor de jogo (35%), com destaque ao *software* Unity. Os motores de jogo são responsáveis por transcrever os modelos 3D e respectivas informações para sua versão RA, normalmente em forma de aplicativos para celulares e tablets. Os SDKs (30%), do inglês kit de desenvolvimento de software, também atuam para esse fim, sendo utilizados muitas vezes em conjunto com motores de jogo. Dentro da categoria de sensores e microcontroladores (16%) entram tecnologias como o Beacon, pequeno sensor equipado com *Bluetooth* e utilizado para monitoramento em tempo real da edificação. Também obtiveram destaque os gerenciadores de banco de dados (13%), ferramentas necessárias para gerenciar o volume de dados gerado durante o ciclo de vida da edificação.

### 3.6 How

Em relação à metodologia adotada pelas pesquisas analisadas, as que mais se destacaram foram experimento (32%) e estudo de caso (20%). A maior parte dos estudos desenvolveu aplicativos para testar as possibilidades de aplicar RA como suporte para atividades de manutenção e gerenciamento, explicando a grande incidência de experimentos. Já os estudos de caso foram utilizados quando os pesquisadores buscaram avaliar como usuários responderam aos protótipos desenvolvidos.

## 4 CONCLUSÕES

A presente pesquisa analisou, por meio de uma revisão sistemática da literatura, 31 publicações acadêmicas acerca da aplicação de realidade aumentada no gerenciamento e manutenção de edificações, buscando entender de que forma a tecnologia foi empregada e quais ferramentas auxiliaram no processo. Para a análise e extração de dados, a técnica 5W1H foi utilizada. Com base nos resultados obtidos, foi possível perceber que as pesquisas voltadas para esse tópico estão crescendo nos últimos anos, acompanhando os avanços das grandes indústrias de tecnologia. Indústrias estas que normalmente estão sediadas nos Estados Unidos, detentor do maior número de estudos desenvolvidos em seu território. A gestão de dados teve maior destaque na sessão que analisou os motivos pelos quais os autores desenvolveram seus estudos. BIM e motores de jogos foram as ferramentas mais escolhidas para auxiliar na transcrição de dados para a forma de RA. Com as evidências encontradas durante a revisão, foi possível entender as vantagens do uso de RA no gerenciamento de edificações e a maneira como esse tópico vem sendo abordado nos últimos anos. Visto que tecnologias sofrem atualizações de maneira constante, estudos que englobam esse tópico sempre serão pertinentes, mantendo a construção civil alinhada com possíveis melhorias em seus processos.

## REFERÊNCIAS

- BAHR, C.; LENNERTS, K.; PFRÜNDER, U. Maintenance budgeting methods. In: **CIB W70 International Conference in Facility Management, Achieving Healthy and Creative Facilities**. p. 16-18. 2008.
- CHEN, W. et al. A BIM-based location aware AR collaborative framework for facility maintenance management. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 24, n. 19, p. 360-380, 2019.
- GHEISARI, M. et al. Locating building components in a facility using augmented reality vs. paper-based methods: A user-centered experimental comparison. In: **Computing in Civil and Building Engineering (2014)**. p. 850-857. 2014.
- GHEISARI, M. ; IRIZARRY, J. Investigating human and technological requirements for successful implementation of a BIM-based mobile augmented reality environment in facility management practices. **Facilities**, 2016.
- GHEISARI, M. et al. Exploring BIM and mobile augmented reality use in facilities management. In: **Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network**. 2014. p. 1941-1950.
- IRIZARRY, J. et al. Ambient Intelligence Environments for Accessing Building Information: A Healthcare Facility Management Scenario (In Press). **Emerald Journal of Facilities**, 2013.
- IRIZARRY, J. et al. InfoSPOT: A mobile Augmented Reality method for accessing building information through a situation awareness approach. **Automation in construction**, v. 33, p. 11-23, 2013.
- LAVY, S.; JAWADEKAR, S. A case study of using BIM and COBie for facility management. **International Journal of Facility Management**, v. 5, n. 2, 2014.
- MILGRAM, P.; COLQUHOUN, H. A taxonomy of real and virtual world display integration. **Mixed reality: Merging real and virtual worlds**, v. 1, n. 1999, p. 1-26, 1999.
- MOREIRA, L.; RUSCHEL, R. Augmented Reality Owner Manual Evaluation by NASA TLX Method. In: **2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)**. IEEE, p. 150-156, 2018.
- MOREIRA, L.; RUSCHEL, R.; BEHZADAN, A. H. Building Owner Manual Assisted by Augmented Reality: A Case from Brazil. In: **CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS**. 2018.
- ROPER, K.; PAYANT, R. **The facility management handbook**. Amacom, 2014.
- SAMPAIO, R. F., MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.
- WILLIAMS, G. et al. BIM2MAR: an efficient BIM translation to mobile augmented reality applications. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 1, p. A4014009, 2015.