

Anais

PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade **4.0**

2022

Organização

Instituições

Apoio



AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, **DESDE QUE CITADA A FONTE.**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Anais Patrimônio 4.0 (3. : 2022 : Goiânia, GO)
Anais patrimônio 4.0 [livro eletrônico] :
conectando dimensões da realidade. -- 1. ed. --
Goiânia, GO : LaSUS FAU, 2022.
PDF.

Vários autores.
Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-992384-9-9

1. Arquitetura 2. Inovação tecnológica
3. Patrimônio cultural 4. Tecnologia I. Título.

22-105905

CDD-363.69

Índices para catálogo sistemático:

1. Patrimônio cultural : Memória e preservação
363.69

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Nota

Os textos aqui apresentados são de responsabilidade dos autores, assim como qualquer eventual perda de informação na transposição dos dados de arquivos que foram enviados fora dos padrões estabelecidos.



PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

O EVENTO

O impacto disruptivo da Indústria 4.0 está se espalhando por todos os campos do conhecimento, mudando e transformando nossa maneira de interagir com coisas e pessoas. Mesmo que no campo do Patrimônio Cultural os efeitos dessa revolução ainda não sejam tão perceptíveis, podemos supor que as experimentações e aplicações, atuais e nos próximos anos, levarão o campo da preservação, conservação, gestão e fruição do Patrimônio Cultural a horizontes novos e inesperados.

O evento Patrimônio 4.0: conectando dimensões da realidade, busca reunir pesquisadores nacionais e internacionais para discutir os possíveis impactos do paradigma 4.0 sobre o Patrimônio Cultural Edificado, por meio da articulação em um ambiente de divulgação e troca de conhecimentos sobre a área de tecnologia, inovação e ciência. O evento nasce da parceria de grupos de pesquisa envolvidos na temática do Patrimônio Cultural Arquitetônico, contando com a comunidade acadêmica, especialistas e profissionais das áreas de interesse.

A realização desse evento é uma oportunidade de encontros e trocas sobre o Patrimônio Cultural Arquitetônico na dimensão 4.0, com enfoque nas tecnologias digitais, contemplando temas abrangentes como documentação, conservação, gestão, reabilitação, e suas especialidades como monitoramento, simulação ambiental, internet das coisas, *machine learning*, dentre outras.

ÁREAS TEMÁTICAS

Eixo 01: HBIM e HCIM - abrange as potencialidades da abordagem BIM e o conjunto de modelos compartilhados, aplicados à documentação e processos de gestão do estado de conservação do patrimônio arquitetônico, armazenamento de banco de dados, e modelagem nas escalas as built. O HCIM traz uma nova concepção de modelagem e gerenciamento de informações no processo de análise, gestão e preservação do patrimônio na escala urbano-paisagística. Contempla: o planejamento territorial e as políticas públicas na conservação de conjuntos urbanos, o CIM (City Information Modeling) aplicado ao patrimônio, HIS (Heritage Information System) e smart city nos contextos de interesse de preservação.

Eixo 02: Levantamento de dados in loco - abordagens metodológicas inovadoras para detecção e aquisição de dados, mapeamento de manifestações patológicas e modelagem as built; métodos e estratégias de levantamento com utilização de drones (*Remotely Piloted Aircraft - RPA*), laser scanner, fotogrametria digital e termografia.

Eixo 03: Tecnologia 4.0 na divulgação patrimonial - contempla todo e qualquer instrumento e modalidade de divulgação do patrimônio por meios digitais; educação patrimonial pelo uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC); gamificação do patrimônio.

Eixo 04: Tecnologias imersivas - compreende processos que fazem uso de Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM) voltadas à valorização do patrimônio; experiências de virtualização de museus; ambientes virtuais interativos.

Eixo 05: Monitoramento e simulação - abrange pesquisas que utilizem simulação computacional e monitoramento para avaliação do desempenho térmico e energético de edificações patrimoniadas; análise de soluções para retrofit e desenvolvimento de tecnologias para monitoramento visando a conservação do patrimônio edificado, bem como a conservação de acervos.





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

Eixo 06: Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) - envolve objetos inteligentes, sensores, serviços e aplicativos para o monitoramento de sítios históricos e instituições culturais; tecnologias pervasivas, ubíquas e ou de inteligência artificial para integração, gerenciamento e análise de grande volume de dados, voltadas à segurança física, à eficiência dos processos, à produção de metadados descritivos, ao enriquecimento semântico e da experiência do usuário, e à divulgação do patrimônio cultural.

ORGANIZAÇÃO DO EVENTO

Simulação Computacional no Ambiente Construído (SiCAC – UnB)

Laboratório do Ambiente (LabAm – UFG)

Apoio:

Laboratório de Sustentabilidade Aplicado a Arquitetura e ao Urbanismo (LaSUS – UnB)

Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética (LACAM – UnB)

Arquitetura, Inovação e Tecnologia (ARQUITEC – USP)

Laboratório de estudos avançados em Cidade, Arquitetura e Tecnologias Digitais (LCAD – UFBA)

Instituições:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Universidade de Brasília (UnB)

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Coordenação Geral:

Prof. Dr. Pedro Henrique Gonçalves [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Comissão Organizadora:

Profa. Dra. Vanda Alice Garcia Zanoni [Universidade de Brasília - UnB]

Prof. Dr. Caio Frederico e Silva [Universidade de Brasília - UnB]

Profa. Dra. Carina Folena Paes [Universidade Federal do Paraná - UFPR]

Profa. Dra. Clarissa Sartori Ziebell [Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS]

Profa. Dra. Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Profa. Dra. Natália Biscaglia Pereira [Universidade Federal da Fronteira do Sul- UFFS]

Prof. Dr. Marcio Minto Fabrício [Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU | USP São Carlos]

Profa. MSc. Ariane Magda Borges [Universidade Federal de Goiás - UFG]

MSc. Sandra Schmitt Soster [Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU/ USP São Carlos]





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

USO DO DRONE COMO TECNOLOGIA DISRUPTIVA NA INSPEÇÃO DE FACHADAS

Use of the drone as disruptive technology in the inspection of facades

Tatiana Renata Pereira Jucá

Mestre, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, centraldedesempenho@gmail.com

Janes Cleiton Alves de Oliveira

Doutor, Universidade Federal de Goiás, janescleiton@ufg.br

Vanda Alice Garcia Zanoni

Doutora, Universidade de Brasília, vandazanoni@unb.br

Resumo

As fachadas dos edifícios ocupam uma posição importante do ponto de vista da estética, da segurança, da valorização econômica e do reconhecimento enquanto identidade de um bem. Seu estado de degradação afeta qualquer um dos parâmetros supracitados. Assim, as inspeções prediais são essenciais para garantir o seu desempenho, além das características relevantes para a sua conservação. Nesse quesito o drone surge como ferramenta capaz de contribuir para as inspeções prediais e geração de documentação dos edifícios. O objetivo da pesquisa foi levantar as abordagens relacionadas ao uso do drone para inspeção em fachadas no cenário internacional. O método de pesquisa adotado foi a RSL - Revisão Sistemática da Literatura que selecionou trabalhos publicados relacionados ao assunto em foco, cuja análise e classificação resultou em duas diferentes abordagens, sendo uma delas com foco na captura de imagens para análise de especialista e a outra para processamento automatizado. A análise identificou que o drone é uma ferramenta de captura de dados eficaz devido a sua rapidez na coleta de dados em comparação com a técnica tradicional, além da redução de custos e riscos para a equipe envolvida. Há uma tendência no uso da ferramenta associada ao uso de métodos computacionais.

Palavras-chave: Inspeção predial; Fachada; Drone; Fotogrametria.

Abstract

Building facades occupy an important position from the point of view of aesthetics, safety, economic valuation, and recognition as the identity of a property. Their state of degradation affects any of the above-mentioned parameters. Thus, building inspections are essential to ensure its performance, as well as the relevant characteristics for its conservation. In this regard, the drone emerges as a tool





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade **4.0**

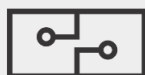
[24] - [26] de março [2022]

capable of contributing to building inspections and the generation of building documentation. The objective of this research was to survey the approaches related to the use of the drone for the inspection of facades in the international scenario. The research method adopted was the SLR - Systematic Literature Review that selected published works related to the subject in focus, whose analysis and classification resulted in two different approaches, one of them focusing on image capture for expert analysis and the other for automated processing. The analysis identified that the drone is an effective data capture tool whose speed in data collection compared to the traditional technique, in addition to the reduction of costs and risks for the team involved is a consensus among researchers. There is a tendency to use the technique to support the use of advanced computational techniques that need more methodological depth to solve the limitations highlighted.

Keywords: Building Inspection; Facade; Drone; Photogrammetry.



SiCAC
Simulação Computacional do
Ambiente Construído



LabAm
LABORATÓRIO DO AMBIENTE



UFRGS



UFFS



UnB



UFG



PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

1. INTRODUÇÃO

A motivação para esta pesquisa foi a inquietação quanto à eficácia do uso do drone como ferramenta de inspeção de fachadas, tendo em vista a difusão desse tipo de equipamento em diversos campos da engenharia, como em inspeções de pontes e edifícios. Nesse último caso, apresenta-se como tecnologia disruptiva tendo em vista que a técnica mais usual se dá por meio de análise visual dos elementos e componentes (MOTLAGH; TALEB; AROUK, 2016). Além disso, o avanço tecnológico, associado à internet das coisas possibilita melhoria para usos desses dispositivos com segurança (LAGKAS *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2020).

A inspeção predial aponta o estado de conservação e funcionamento da edificação, seus sistemas e subsistemas, permitindo um acompanhamento sistêmico do seu comportamento em uso ao longo da vida útil com vistas às condições mínimas necessárias à segurança, habitabilidade e durabilidade da edificação (NBR 16747, 2020). O desafio na inspeção de fachadas se dá pela extensão dos panos, altura dos edifícios e condições de segurança suficientes para que o profissional responsável pela coleta de dados seja capaz de identificar os danos existentes. Soma-se a isso a necessidade de mudança de posição dos dispositivos de descida (balancim, cadeirinha, etc.) após cada trecho inspecionado.

A coleta de imagens pelo drone encontra-se no campo de conhecimento da fotogrametria, definida como medições executadas por meio de fotografias - ciência e tecnologia de se obter informação confiável por meio de imagens adquiridas por sensores (COELHO; BRITO, 2007). Após aquisição das imagens, há necessidade de processamento computacional elaborado, para gerar produtos ou ativos como as ortoimagens ou imagens ortorretificadas e os mosaicos digitais que consistem na junção de várias imagens.

Esses produtos podem ser usados na gestão das edificações existentes e, no caso dos bens patrimoniais, além de documentar o estado do edifício, servem de apoio técnico para a tomada de decisão que visem sua preservação. No entanto, essas tecnologias disruptivas exigem o desenvolvimento de habilidades necessárias às equipes que irão atuar para garantir o sucesso na sua aplicação (BONGOMIN *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é identificar e analisar as abordagens relacionadas ao uso do drone para inspeção de fachadas, apontando os avanços existentes. Adicionalmente, são identificadas as lacunas de estudos relacionadas ao tema. O trabalho tem foco no cenário internacional e o método de pesquisa adotado é a revisão sistemática da literatura (RSL).





2. MÉTODO DE PESQUISA

Uma revisão sistemática da literatura (RSL) é um estudo secundário sistemático, explícito, abrangente e reproduzível para identificar, avaliar e sintetizar os resultados de trabalhos primários relevantes. Para tanto, deve-se seguir uma abordagem metodológica explícita na explicação dos procedimentos pelos quais foi conduzida, abrangente em seu escopo ao incluir todo o material relevante; e, portanto, reproduzível por outros que desejem seguir a mesma abordagem (OKOLI, 2019).

A sistematização é dada pela aplicação de um método planejado e executado de forma rigorosa para garantir que o resultado seja isento de viés, auditável, replicável e atualizável. Dessa maneira, segundo Dresch, Lacerda e Antunes Jr (2018), é necessário cumprir determinadas etapas (ver itens 2.1 a 2.6).

2.1 Termos de busca

A definição dos termos de busca ou palavras-chaves conexas ao tema de pesquisa usadas como dados de entrada nas fontes de busca foram adotadas na língua inglesa por ser o idioma mais utilizado em trabalhos científicos.

Em se considerando que o presente estudo visa os achados sobre o uso do drone para inspeção de fachadas, os termos de busca definidos foram: “facade”, “inspection”, “drone”, “unmanned aerial vehicle”. Os termos foram combinados em diferentes tentativas nas bases de dados para futura formulação das *strings* de busca.

2.2 Fontes de busca

A definição das fontes de busca é uma etapa essencial para a formulação da estratégia adequada para que os resultados relevantes sejam localizados, contribuindo para minimizar o viés de pesquisa. Como o assunto é emergente foram consultadas apenas as bases de dados eletrônicas comumente usadas pela comunidade científica. As bases de dados selecionadas foram:

- Scopus/Elsevier
- Web of Science™

2.3 Formulação da *string* de busca

A partir da definição dos termos de busca foi estabelecida a *string* de busca:

- “*facade*” AND “*inspection*” AND “*unmanned aerial vehicle*” OR “*drone*”.

Ainda, foi estabelecido que os termos deveriam aparecer no título, resumo ou palavras-chave de artigos de qualquer área da Scopus/Elsevier e das áreas de pesquisa *Engineering* OR *Construction Building Technology* da Web of Science. Não foi restrito período de busca e a coleta de dados ocorreu em julho de 2021.





2.4 Elegibilidade: critérios de inclusão e exclusão dos estudos

Após entrada da *string* nas fontes de busca estabelecidas, foram exportados arquivos com informações básicas sobre os documentos que continham os termos como título, autor, ano de publicação, revista e identificador, incluídos na ferramenta gerenciadora de bibliografia START, desenvolvido pelo LaPES UFSCAR.

O primeiro critério adotado foi a exclusão dos documentos repetidos. O segundo foi a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, realizando a exclusão dos estudos que não fazem parte do escopo deste trabalho. O terceiro e último foi a leitura completa dos trabalhos para seleção dos estudos. Os textos considerados potencialmente relevantes foram analisados em profundidade, objetivando seu entendimento e a certeza de que eles atendem aos critérios estabelecidos para inclusão.

2.5 Extração dos dados

A credibilidade de uma RSL depende da qualidade e relevância dos estudos primários considerados como elegíveis, sendo assim, não se pode perder o foco do escopo adotado inicialmente (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2018).

No tocante a esta pesquisa, os artigos que passaram pelos critérios de inclusão foram considerados aptos a compor a RSL. As informações foram inseridas em uma planilha eletrônica de onde foram extraídas as informações relevantes à esta pesquisa.

2.6 Síntese dos resultados

O processo de síntese envolve a combinação dos resultados de uma forma conectada aos novos conhecimentos que não existiam nos estudos primários originais. Nesta etapa, os estudos selecionados objetivam que se busque a relação entre os textos, interconectando-os.

3. RESULTADOS

São apresentados os principais resultados de publicações existentes de estudos que abordam acerca do uso do drone para inspeções em fachadas. Os resultados são apresentados sob dois enfoques, o primeiro sobre os aspectos bibliométricos e o segundo com a análise das informações coletadas, agrupadas e classificadas a partir da leitura dos textos selecionados.

3.1 Aspectos bibliométricos

O resultado da RSL pode ser visto na Figura 1. Partindo-se da *string* de busca que retornou 59 textos, após as etapas de inclusão e exclusão de trabalhos, derivou-se em um total de 5 trabalhos que efetivamente foram usados. Embora a etapa de triagem não tenha apontado





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

duplicidade de artigos, a de elegibilidade apontou 20 trabalhos para leitura, já que 15 não tratavam do escopo da pesquisa e outros 24 referiam-se a RSL. Na fase final, dos 20 trabalhos, 4 não estavam disponíveis e 11 eram revisões de literatura, restando um total de 5 trabalhos que tratavam de fontes primárias.

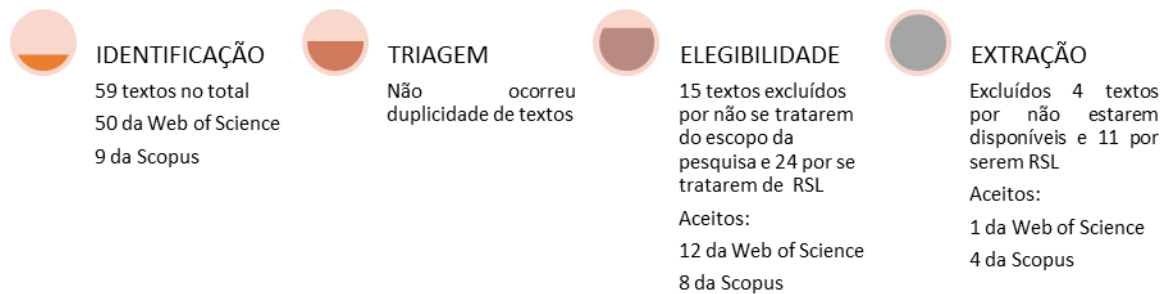


Figura 1 – Fluxo da RSL. Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 2-a pode-se identificar o número de textos aceitos e rejeitados na etapa de seleção. A Figura 2-b mostra a etapa de extração, ao longo dos anos. É possível notar uma crescente do interesse dos pesquisadores em relação ao tema pesquisado.

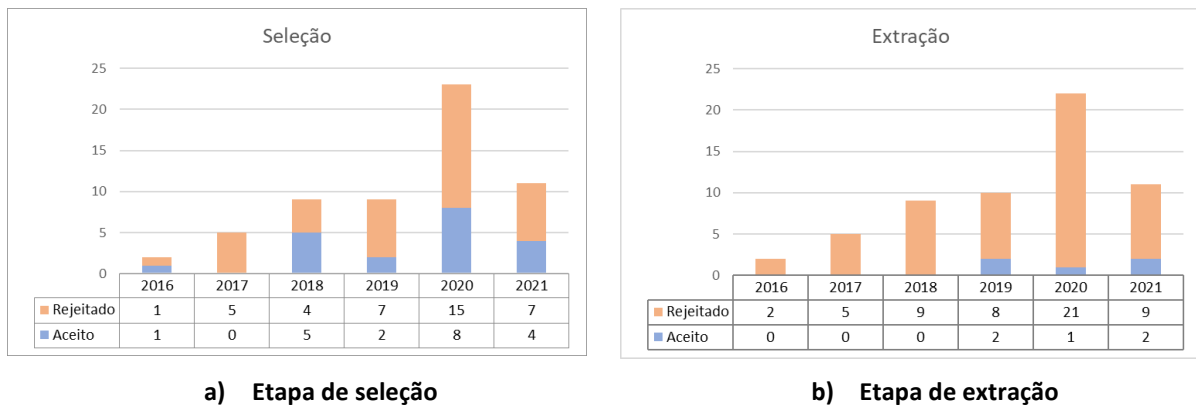


Figura 2 – Resultado quantitativo da RSL. Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 3 é apresentado um mapa de ocorrência de palavras nos resumos dos artigos aceitos na RSL. Nota-se em destaque as palavras que mais apareceram – *Drones*, *UAVs* (sigla de *unmanned aerial vehicle* e *Inspection* (inspeção), que revela a contagem de ocorrências destas palavras nos textos que compõe esta revisão. Com esse resultado, afirma-se que a *string* de busca foi determinante na identificação dos trabalhos nas bases de dados pesquisadas.





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]



Figura 3 – Mapa de frequência de palavras que constam nos resumos. Fonte: Autores, 2021.

3.2 Análise das informações coletadas nos artigos

Após a leitura completa dos textos, foram identificadas duas abordagens diferentes dos assuntos relacionados ao tema de estudo. Uma com aplicação do drone para as inspeções em fachadas seguida de avaliação das imagens por especialistas e outra associada a técnicas avançadas de programação computacional, *deep learning* e inteligência artificial para identificação dos danos de forma automática.

Foram identificados 59 trabalhos publicados relacionados ao tema e que após aplicação dos filtros culminaram em 5 efetivamente aplicáveis, o que aponta a necessidade de estudos na área. Outros 35 trabalhos baseiam-se em revisões de literatura, cuja síntese consta no Quadro 1, que indica o interesse da academia em explorar o assunto.





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

ANO	AUTOR(ES)	TÍTULO DO TEXTO
2016	Motlagh, N.H.; Taleb, T.; Arouk, O.	Low-Altitude Unmanned Aerial Vehicles-Based Internet of Things Services: Comprehensive Survey and Future Perspectives
	Allison <i>et al.</i>	Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring
2017	Hassanalian, M.; Abdelkefi, A.	Classifications, applications, and design challenges of drones: A review
	Hocraffer, A.; Nam, C. S.	A meta-analysis of human-system interfaces in unmanned aerial vehicle (UAV) swarm management
2018	Hassanalian, M.; Rice, D.; Abdelkefi, A.	Evolution of space drones for planetary exploration: A review
	Patel, J. S.; Fioranelli, F.; Anderson, D.	Review of radar classification and RCS characterisation techniques for small UAVs or drones
	Rakha, T.; Gorodetsky, A.	Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones
	Lagkas <i>et al.</i>	UAV IoT Framework Views and Challenges: Towards Protecting Drones as "Things"
	Jordan <i>et al.</i>	State-of-the-art technologies for UAV inspections
	Hernandez-Callejo <i>et al.</i>	WIND TURBINE MAINTENANCE. A REVIEW
	Zhou, S.; Gheisari, M.	Unmanned aerial system applications in construction: a systematic review
2019	Sony, S.; Laventure, S.; Sadhu, A.	A literature review of next-generation smart sensing technology in structural health monitoring
	Peng, Z. Y.; Li, C. Z.	Portable Microwave Radar Systems for Short-Range Localization and Life Tracking: A Review
	Arshad <i>et al.</i>	Computer Vision and IoT-Based Sensors in Flood Monitoring and Mapping: A Systematic Review
	Falamarzi, A.; Moridpour, S.; Nazem, M.	A Review on Existing Sensors and Devices for Inspecting Railway Infrastructure

Quadro 1: Síntese dos textos sobre revisão da literatura (continua). Fonte: Autores, 2021.





2020	Chung, S.H.; Sah, B.; Lee, J.	Optimization for drone and drone-truck combined operations: A review of the state of the art and future directions
	Nonami, K.	Present State and Future Prospect of Autonomous Control Technology for Industrial Drones
	Coluccia, A.; Parisi, G.; Fascista, A.	Detection and Classification of Multirotor Drones in Radar Sensor Networks: A Review
	Darvishpoor <i>et al.</i>	Configurations, flight mechanisms, and applications of unmanned aerial systems: A review
	Martinez-Carranza, J.; Rascon, C.	A Review on Auditory Perception for Unmanned Aerial Vehicles
	Ribeiro, M.; Ellerbroek, J.; Hoekstra, J.	Review of Conflict Resolution Methods for Manned and Unmanned Aviation
	Garcia-Berna <i>et al.</i>	Systematic Mapping Study on Remote Sensing in Agriculture
	Bongomin <i>et al.</i>	Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art
	Bongomin <i>et al.</i>	Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0
	Pokhrel <i>et al.</i>	Towards Enabling Critical mMTC: A Review of URLLC Within mMTC
	Liu <i>et al.</i>	Unmanned aerial vehicle for internet of everything: Opportunities and challenges
	Golizadeh <i>et al.</i>	Scientometric analysis of research on "remotely piloted aircraft" A research agenda for the construction industry
	Manigandan <i>et al.</i>	A systematic review on recent trends in transmission, diagnosis, prevention and imaging features of COVID-19
	Chamola <i>et al.</i>	A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact

Quadro 1: Síntese dos textos sobre revisão da literatura(contínua). Fonte: Autores, 2021.



PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

ANO	AUTORES	TÍTULO DO TEXTO
2021	Chittoor, P. K.; Chokkalingam, B.; Mihet-Popa, L.	A Review on UAV Wireless Charging: Fundamentals, Applications, Charging Techniques and Standards
	Amici <i>et al.</i>	Review of Propulsion System Design Strategies for Unmanned Aerial Vehicles
	Ferrier <i>et al.</i>	State of the Art of Telecommunication Systems in Isolated and Constrained Areas
	Deng, W. J.; You, C. Y.; Zhang, Y. Z.	Spectral Discrimination Sensors Based on Nanomaterials and Nanostructures: A Review
	Azar <i>et al.</i>	Drone Deep Reinforcement Learning: A Review
	Lee, C.; Kim, S.; Chu, B.	A Survey: Flight Mechanism and Mechanical Structure of the UAV

Quadro 1: Síntese dos textos sobre revisão da literatura (continuação). Fonte: Autores, 2021.

No Quadro 2 é apresentado o panorama do uso do drone em inspeções em fachadas com seus respectivos autores, aplicação e principais resultados alcançados. As informações foram dispostas em ordem cronológica.

AUTORES	APLICAÇÃO	RESULTADO PRINCIPAL
SHIH; CHI (2019)	Avaliar o estado de degradação de fachadas de edifícios altos por meio de redes neurais.	Taxa de classificação correta de danos de cerca de 86%.
BOWMAN <i>et al.</i> (2019)	Propor o uso de redes neurais convolucionais para identificar danos ou defeitos potenciais dos componentes de fachada-cortina.	Arquitetura de rede neural preparada para teste com imagens capturadas por drone.
MOHAMMAD <i>et al.</i> (2020)	Investigar uma solução para reconhecimento automático de fissuras em vidro utilizando o Padrão Binário Local Uniforme, histogramas de linearidade, indicadores geométricos de curvatura, entre outras técnicas.	Distinção entre vidros fissurados e íntegros pelos três tipos de características usadas.
FALORCA; LANZINHA (2021)	Avaliar a eficácia da utilização de drones na inspeção técnica de envelopes de edifícios.	Detecção de destacamentos, fissuras, superfícies irregulares e mudança de coloração.
CHEN <i>et al.</i> (2021)	Avaliar a eficácia do GIS para a geração de modelo espacial 2D de fachadas.	Criação de modelo 2D no GIS com avaliação do desempenho da precisão espacial considerados aceitáveis.

Quadro 2: Panorama sobre os estudos experimentais. Fonte: Autores, 2021.





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

Shih e Chi (2019) alimentaram uma rede neural convolucional treinada para classificar as condições perigosas de envelhecimento ou de placas cerâmicas fissuradas em diferentes níveis. As imagens capturadas com o DJI Phantom 3 SE, cujo núcleo implementado foi o Jetson TX2 programado com um mecanismo de aprendizado profundo para identificar falhas de placas cerâmicas em tempo real. Os autores apontaram como limitação a grande variedade de azulejos em diferentes formas.

Bowman *et al.* (2019) organizaram a arquitetura de rede neural convolucional para ser testada com imagens capturadas com drone cujo objetivo foi identificar danos ou defeitos potenciais dos componentes de fachada-cortina, particularmente painéis de vidro e estrutura de alumínio. O modelo usado foi do tipo VGG16, em que foi necessário ajustar a janela deslizante para 128 x 128 e uso do padrão de cores tipo RGB (três cores: vermelho, verde e azul) ou YCbCr (em que Y é o componente luminância e CB e CR são os componentes cromáticos de diferença azul e vermelho) para ajudar na classificação.

Já Mohammad *et al.* (2020) coletaram 14 imagens estáticas de vidros quebrados de uma fachada de 7 quadros diferentes (2 fotos por quadro) com o DJI Phantom 4 PRO V 2.0. O objetivo era a detecção de bordas, cálculo de configuração de pixels e formação de histograma de configurações de pixels, utilizando o Padrão Binário Local Uniforme, histogramas de linearidade, indicadores geométricos de curvatura de comprimento fixo conectados a configurações de pixels, após estudos cuidadosos de padrões textuais da superfície de vidro e segmentos de fissuras, propriedades de linearidade de segmentos de fissuras, características geométricas de curvaturas de fissuras e padrões de pixels das fissuras. Os autores relatam a necessidade de pré-processamento para treinamento dos classificadores para identificar a presença de artefatos irrelevantes (como a presença ou ausência de objetos na reflexão do vidro ou atrás do painel de vidro) que podem ser confundidos com fissuras ou mesmo escondê-las.

Falorca e Lanzinha (2021) avaliaram um edifício alto (18 pavimentos) com 40 anos e dois prédios de 2 pavimentos com 20 e 6 anos, respectivamente. As imagens foram coletadas com o DJI Phantom 4 e os demais com o Parrot Bebop 2, cuja distância focal foi estabelecida entre 1 e 3 m e o modo de voo foi o LOS (Line of Sight). A análise foi feita avaliando as imagens dos vídeos, quadro a quadro, já que não foram geradas ortoimagens em 2D ou 3D, baseadas em nuvens de pontos.

Chen *et al.* (2021) fizeram a coleta de imagens com o DJI Spark drone, cuja distância focal estabelecida foi de 3,5 m e a sobreposição de imagens definida entre 65% e 75%. A geolocalização é dada pelos *keypoints*. Embora os autores tenham afirmado eficácia da técnica, também apontaram limitações como a geração de modelos por entradas manuais. O modelo ignora características menores como colunas e varandas (imprecisão); os registros sofrem interferência quando há oclusões, obliquidades e regiões escuras.

Alguns dos equipamentos usados pelos autores em suas pesquisas são apresentados no



SiCAC
Simulação Computacional do
Ambiente Construído



LabAm
LABORATÓRIO DO AMBIENTE





Quadro 3, cujas especificações técnicas foram retiradas dos catálogos dos fabricantes. Importante destacar que para utilização neste tipo de inspeção é necessário que a câmera acoplada ao drone capture as imagens no plano vertical, assim na maior parte das vezes os fabricantes adotam um eixo cardan que compensa a vibração causada pelas rajadas de vento por meio de um estabilizador. Alguns limitadores para o uso desses equipamentos são: a capacidade de resistir ao vento de forma estável, autonomia de voo por bateria, o alcance do GPS e a existência de sensores de obstáculos que impeçam o impacto da aeronave em caso de perda de sinal ou de rajadas de ventos.

Especificação técnica	DJI Mavic Pro	DJI Phantom 4	Parrot bebop 2	DJI Phantom 3 Pro
Tempo de voo	27 min	28 min	25 min	23 min
Alcance do controle	7000m	3500m	3200m	3000m
Qualidade de imagem	Captura vídeos em 1080 p (formato H264) e imagens com 14 MP	Captura vídeos com resolução 4K e imagens com 20 MP	Captura vídeos com resolução 4K e imagens com 14 MP	Captura vídeos com resolução 4K e imagens com 12,4 MP
Alcance sensorial de obstáculos	Possui	Possui	Não possui	Não possui
Velocidade máxima de elevação	Modo esporte: 5 m/s	Modo esporte: 6 m/s	6 m/s	5 m/s
Resistência ao vento	Até 38 km/h	Até 36 km/h	Até 59 km/h	Até 36 km/h

Quadro 3: Equipamentos com potencial para inspeções em fachada. Fonte: Autores, 2021.

Além disso, para inspeções em fachadas é necessário que alguns parâmetros técnicos como boa iluminação, distância focal, identificação de obstáculos (árvores, placas, rede de energia etc.), funcionamento do GPS em regiões de densa urbanização, sejam avaliados em uma visita preliminar da equipe técnica para que os resultados sejam satisfatórios.

Embora todos os pesquisadores tenham sido unânimes em destacar a rapidez na coleta de dados com o drone, além da redução de custos e riscos para a equipe especialista no serviço, identifica-se a necessidade de mais estudos experimentais ou mesmo exploratórios para avanço dos métodos de detecção de danos nos elementos que compõe as fachadas. Apesar de os avanços da tecnologia em termos de mobilidade do drone e qualidade de imagens e da integração entre as áreas da engenharia e ciência da computação, há necessidade da continuidade das pesquisas com vistas a reduzir as limitações já identificadas.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta RSL apontou o interesse dos pesquisadores sobre o uso do drone nos últimos cinco anos, como possibilidade para inspeções em fachadas de edifício em altura. A integração de conhecimentos da engenharia diagnóstica e da ciência da computação é necessária para que ocorra avanços no diagnóstico de danos, visto que a geração dos modelos 2D e 3D para documentação se mostram mais acessíveis.

Há uma tendência da área para o uso dos drones nas inspeções e há consenso no meio técnico sobre a rapidez na coleta de dados em comparação com a técnica tradicional, além da redução de custos e riscos para a equipe envolvida. No entanto, ainda são limitados os estudos que visam a composição de bancos de imagens formados por tipos diferentes de manifestações patológicas nos elementos que compõe as fachadas. Bancos de dados formados por imagens são essenciais para treinamento de redes neurais que visem o reconhecimento automático de danos.

Por fim, nota-se que os avanços na tecnologia permitem o reconhecimento automático de manifestações patológicas, o que pode ser de grande importância para a gestão da manutenção de edifícios que pertencem ao conjunto de bens a serem preservados pelo seu valor histórico e cultural. Assim, a integração entre as metodologias para documentação digital, registro e monitoramento mostra-se estratégica para a gestão do estado de degradação das fachadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16747: Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro. ABNT, 2020.

BONGOMIN, O.; OCEN, GG; NGANYI, E.O.; MUSINGUZI, A.; OMARA, T. Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art. Journal of Engineering v.2020, Article ID 8090521, United Kingdom, 2020.

BOWMAN, M.; KESAWAN, S.; SIVAPALAN, S.; SIVAPRAKASAM, T. Investigation into Application of Artificial Intelligence to Facade. In: EASEC16 - The 16th East Asian-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. Proceedings [...]. Springer, 2019.

CHEN, K.; REICHARD, G.; XU, X.; TANG P.; GRAU D.; EL ASMAR M. Geo-registering UAV-captured close-range images to GIS-based spatial model for building façade inspections. Automation in Construction, v. 122, p. 103503, 2021.

COELHO, L.; BRITO, J. N. Fotogrametria Digital. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.

DARVISHPOOR, S. ROSHANIAN, J.; RAISSI, A.; HASSANALIAN, M. Configurations, flight mechanisms, and applications of unmanned aerial systems: A review. Progress in Aerospace Sciences, v. 121, February, 2020.





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. Design science research. 2th ed. Springer, 2018. p 129-156.

FALORCA, J. F.; LANZINHA, J. C. G. Facade inspections with drones—theoretical analysis and exploratory tests. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, v. 39, n. 2, p. 235–258, 2021.

JORDAN, S.; MOORE, J.; HOVET, S.; BOX, J.; PERRY, J.; KIRSCHKE, K.; LEWIS, D.; TSE, Z. T. H. State-of-the-art technologies for UAV inspections. *IET Radar, Sonar and Navigation*, v. 12, n. 2, p. 151–164, 2018.

LAGKAS, T.; ARGYRIOU, V.; BIBI, S.; SARIGIANNIDIS, P. UAV IoT framework views and challenges: Towards protecting drones as “things”. *Sensors*, v. 18, n. 11, p. 1–21, Switzerland, 2018.

LIU, Y. DAI, H. N.; WANG, Q.B.J; SHUKLA, M. K.; IMRAN, M. Unmanned aerial vehicle for internet of everything: Opportunities and challenges. *Computer Communications*, v. 155, p. 66-83, 2020.

MOHAMMAD, F.; ALZOUBI, A.; DU, H.; JASSIM, S.; AGAIAN S. S.; ASARI V. K.; DELMARCO S. P.; JASSIM S. Automatic glass crack recognition for high building façade inspection. In: *SPIE Proceedings [...]. Vol. 11399: Mobile Multimedia/Image Processing, Security, and Applications 2020*, p. 32, May 2020.

MOTLAGH, N. H.; TALEB, T.; AROUK, O. Low-Altitude Unmanned Aerial Vehicles-Based Internet of Things Services: Comprehensive Survey and Future Perspectives. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 3, n. 6, p. 899–922, 2016.

OKOLI, C. Guia Para Realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. (traduzido por David Wesley Amado Duarte). *EaD em Foco*, v. 9, n. 1, p. 1–40, 2019.

SHIH, P.-H.; CHI, K.-H. A Deep Learning Application for Detecting Facade Tile Degradation. In: *HUMAN SYSTEMS ENGINEERING AND DESIGN II. Proceedings [...]. Munich: Tareq Ahram, Waldemar Karwowski, Stefan Pickl, Redha Tair. p. 26-32, 2019.*

