

Uma revisão sistemática sobre serviço de entrega por drones

1st João dos Santos Neto
Universidade Federal do Piauí
São Domingos do Maranhão, Brasil
joaonetoprivado2001@ufpi.edu.br

2nd Samira de Moura Fontes
Universidade Federal do Piauí
Geminiano, Brasil
samirafontes2225@gmail.com

Abstract—O avanço tecnológico e a crescente demanda por soluções eficientes na logística de entrega com drones emergiram como uma alternativa promissora. Este contexto de inovação levou a uma considerável quantidade de pesquisas sobre o serviço de entrega por drones. Empresas de diversos setores, incluindo comércio eletrônico, logística e até mesmo saúde, exploram o potencial dessa tecnologia para otimizar suas operações de entrega. A aplicação de drones nesse contexto representa não apenas uma evolução tecnológica, mas também uma revolução dos métodos tradicionais de distribuição.

Entretanto, a diversidade de abordagens, tecnologias e regulamentações em torno do serviço de entrega por drones cria um cenário desafiador para pesquisadores e desenvolvedores. A carência de uma visão abrangente sobre esse cenário não apenas dificulta a identificação de tendências emergentes de técnicas para esse contexto, mas também compromete a avaliação adequada das práticas existentes. Dessa forma, a falta de entendimento abrangente sobre as diferentes facetas do serviço de entrega por drones torna-se um obstáculo substancial que pode dificultar o proveito deste avanço tecnológico.

O objetivo desta revisão sistemática é reunir e analisar criticamente as pesquisas existentes sobre o serviço de entrega por drones. O escopo engloba não apenas estudos sobre eficiência operacional, mas também abrange considerações relacionadas ao impacto ambiental, segurança, por exemplo. A revisão fornece uma visão detalhada acerca do estado atual de pesquisa no âmbito de serviço de entrega por drones. Os tópicos abordados envolvem métodos operacionais, lacunas de pesquisa, e principais tendências para o contexto. A análise crítica desses elementos visa contribuir para a compreensão do presente contexto de estudo, impulsionando assim o progresso contínuo e a investigação científica para essa área.

Index Terms—component, formatting, style, styling, insert

I. METODOLOGIA

Uma revisão sistemática consiste em um processo que busca coletar e resumir todas as evidências científicas disponíveis sobre um tópico específico. Neste trabalho, realizamos uma revisão sistemática para traçar resultados sobre a utilização de drones em serviços de entregas. A Figura 1 ilustra as etapas aplicadas na metodologia da revisão sistemática.

A. Definição do Escopo

A primeira etapa do trabalho é crucial para o sucesso da pesquisa, pois é nela que são definidas as perguntas que serão utilizadas para estabelecer o escopo do trabalho. As perguntas devem ser cuidadosamente elaboradas para garantir que elas possam proporcionar a contribuição esperada para o

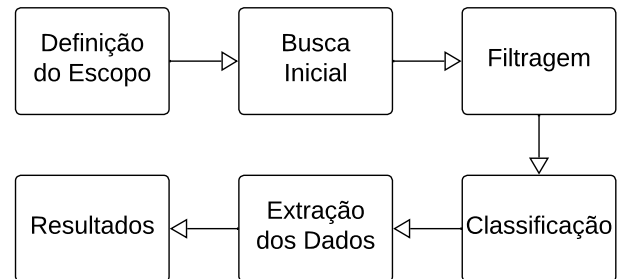


Fig. 1. Etapas aplicadas na revisão sistemática.

campo de estudo, além de preencher lacunas existentes sobre o serviço de entrega por drones. A definição dessas perguntas é fundamental para orientação das coleta e análise de dados, bem como para garantir que os resultados obtidos sejam relevantes e contribuam para o avanço do conhecimento na área. A seguir são apresentadas as perguntas que delimitam o escopo desta pesquisa:

- Quais são os contextos mais comuns na literatura?
- Quais os principais desafios?
- Quais são as tipos de estudos?

B. Busca Inicial

Nesta etapa foi preciso definir uma string de busca para a pesquisa dos artigos. A Tabela I mostra as palavras-chaves utilizadas para filtrar artigos com o tema proposto neste trabalho. A string de busca foi elaborada de maneira genérica para abranger uma gama maior de artigos que tratavam sobre serviço de entrega por drones.

TABLE I
STRING DE BUSCA.

"delivery" E "drones"

A pesquisa de artigos foi conduzida por meio da plataforma Google Scholar, focando exclusivamente em estudos empíricos. Essa abordagem limitou a seleção a artigos que apresentam resultados de pesquisas realizadas com base em dados coletados por meio de experimentos ou estudos

de campo. Trabalhos do tipo "survey" e "review", predominantemente fundamentados em revisões bibliográficas, foram deliberadamente excluídos da seleção, visto que não se alinhariam aos objetivos específicos deste trabalho. Essa estratégia assegurou que os artigos escolhidos fossem pertinentes e contribuíssem de maneira significativa para a análise e discussão dos objetivos da pesquisa. A Tabela II sumariza os 20 artigos selecionados para esta revisão.

TABLE II
ARTIGOS COLETADOS PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA

Referência	Título
[1]	Service-Based Drone Delivery
[2]	An Image Processing Based Classifier to Support Safe Dropping for Delivery-by-Drone
[3]	DroneTalk: An Internet-of-Things-Based Drone System for Last-Mile Drone Delivery
[4]	Urban drone delivery path optimization in the context of green carbon reduction
[5]	An ILP-based Approach to Delivery Drone Routing under Load-dependent Flight Speed
[6]	Building Trust with a Mobile Application for Last-Mile Commercial Drone Delivery
[7]	Delivery Drone Driving Cycle
[8]	AI and Web Application in Medicine Delivery Drones
[9]	A run in the wind: favorable winds make the difference in drone delivery
[10]	How the Wind Can Be Leveraged for Saving Energy in a Truck-Drone Delivery System
[11]	Research on Contactless Delivery Drone
[12]	A Review on Blockchain for Medical Delivery Drones in 5G-IoT Era: Progress and Challenges
[13]	A Framework for Sensing Radio Frequency Spectrum Attacks on Medical Delivery Drones
[14]	A Simulation-Heuristic Approach to Optimally Design Drone Delivery Systems in Rural Areas
[15]	Drone Stations-Aided Beyond-Battery-Lifetime Flight Planning for Parcel Delivery
[16]	Deployment of Charging Stations for Drone Delivery Assisted by Public Transportation Vehicles
[17]	Vertical Drone Delivery: A Multi-Depot VRP with Load-Dependent Energy Consumption
[18]	Improving the Performance of Computer Vision Algorithms for the Multi-Mode Hybrid Drone Delivery System
[19]	Quantifying Weather Tolerance Criteria for Delivery Drones - A UK Case Study
[20]	Learning-based Cooperative Mobility Control for Autonomous Drone-Delivery

C. Filtragem

Nesta fase, procede-se com uma seleção criteriosa dos artigos previamente identificados. Inicialmente, realiza-se uma avaliação exclusiva dos resumos dos artigos, descartando aqueles que não abordam de maneira apropriada o tema de pesquisa em questão. Posteriormente, realiza-se uma análise minuciosa de todos os artigos, excluindo aqueles que não respondem às três questões fundamentais delineadas neste trabalho. Os resultados dessa filtragem são apresentados de forma detalhada na Tabela III.

TABLE III
ARTIGOS DESCARTADOS APÓS A FILTRAGEM.

Referência	Motivo de exclusão
[2]	Trata-se de um estudo visando zona de quedas seguras para os drones. Não responde a todas as perguntas.
[3]	O artigo aborda um contexto que não é comum na literatura. Não responde a todas as perguntas.
[4]	O estudo propõe um modelo para solucionar problemas complexos de entregas. Não responde a todas as perguntas.
[5]	O artigo aborda sobre roteamento de drones. Não responde a todas as perguntas.
[7]	Este trabalho aborda pesquisas sobre o desenvolvimento de métodos de otimização. Não responde a todas as perguntas.
[9]	Este estudo apresenta o impacto da energia dos drones em ventos favoráveis. Não responde a todas as perguntas.
[10]	O artigo investiga os impactos de ventos em um sistema de entrega. Não responde a todas as perguntas.
[15]	O trabalho explora como melhorar a vida útil da bateria presente nos drones. Não responde a todas as perguntas.
[16]	O artigo considera a abordagem de implantar estações de recarga e colaborar com veículos de transporte público. Não responde a todas as perguntas.
[17]	Neste estudo é desenvolvido um modelo de roteamento de otimização de energia para entrega vertical de drones com consumo de energia dependente de carga em um ambiente de vários depósitos. Não responde a todas as perguntas.

A Tabela IV apresenta os artigos restantes após a realização da filtragem. Após essa etapa, os 10 artigos listados na tabela foram considerados relevantes para a continuidade da pesquisa.

TABLE IV
ARTIGOS RESTANTES APÓS A FILTRAGEM.

Referência	Motivo de exclusão
[1]	Service-Based Drone Delivery
[6]	Building Trust with a Mobile Application for Last-Mile Commercial Drone Delivery
[8]	AI and Web Application in Medicine Delivery Drones
[11]	Research on Contactless Delivery Drone
[12]	A Review on Blockchain for Medical Delivery Drones in 5G-IoT Era: Progress and Challenges
[13]	A Framework for Sensing Radio Frequency Spectrum Attacks on Medical Delivery Drones
[14]	A Simulation-Heuristic Approach to Optimally Design Drone Delivery Systems in Rural Areas
[18]	Improving the Performance of Computer Vision Algorithms for the Multi-Mode Hybrid Drone Delivery System
[19]	Quantifying Weather Tolerance Criteria for Delivery Drones - A UK Case Study
[20]	Learning-based Cooperative Mobility Control for Autonomous Drone-Delivery

D. Classificação e Extração de Dados

Nesta fase, procedeu-se à realização de uma classificação e análise exploratória dos dados. A classificação desta etapa foi subdividida em duas partes distintas. Na primeira, foram examinados os contextos nos quais o serviço de entrega está sendo aplicada, categorizados sob o âmbito geral. Estes contextos abrangem sistemas de gerenciamento, sistemas de mapeamento, sistemas de controle e sistemas de monitoramento.

Na segunda etapa, procedeu-se à categorização dos tipos de tecnologias empregadas, englobando sensores, drones, comunicação sem fio e aprendizado de máquina. Esta classificação encontra-se detalhada na Tabela V.

TABLE V
CLASSIFICAÇÃO.

Âmbito Geral	Sistemas de Gerenciamento Sistemas de Mapeamento Sistemas de Controle Sistemas de Monitoramento
Tecnologias Empregadas	Sensores Drones Comunicação sem fio Aprendizado de Máquina

II. RESULTADOS

Esta seção destaca os resultados obtidos durante a revisão sistemática, apresentando-os por meio de gráficos de barras que refletem as classificações previamente expostas.

A. Âmbito Geral

A figura 2 exhibe as conclusões relativas ao âmbito geral dos artigos selecionados. Conforme o conteúdo que o gráfico apresenta percebe-se que a maior parte dos trabalhos apresentados tem como âmbito geral sistemas de gerenciamento e sistemas de controle. Enquanto Sistemas de mapeamento e sistemas de monitoramento tem menos enfoque nesses trabalhos.

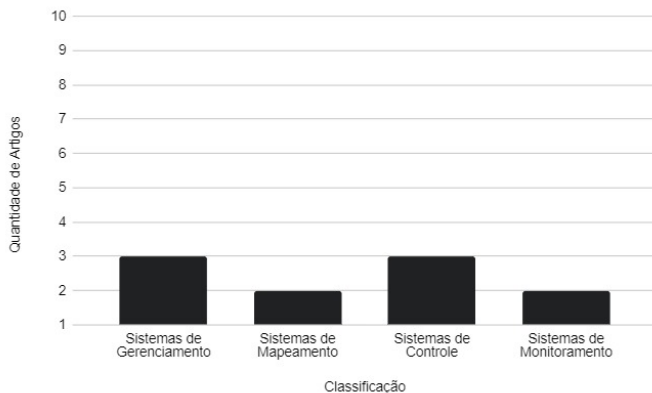


Fig. 2. Classificação do foco geral dos artigos.

B. Sistemas de gerenciamento

Um sistema de gerenciamento eficaz utiliza dispositivos conectados à internet, como sensores e câmeras em drones. Esses dispositivos coletam dados em tempo real sobre condições meteorológicas, tráfego aéreo e localização de entrega. As informações são processadas para fornecer insights valiosos, permitindo a otimização das rotas de entrega e a tomada de decisões informadas. Isso contribui para aumentar a eficiência e a confiabilidade das operações de entrega por drones, melhorando a experiência do cliente e maximizando a eficácia do serviço.

C. Sistemas de monitoramento

Um sistema de monitoramento é empregado para coletar e analisar dados relevantes. Sensores integrados nos drones medem as condições ambientais, como temperatura, umidade e luminosidade, transmitindo essas informações continuamente para uma central de monitoramento. Além disso, o sistema pode ser conectado a tecnologias adicionais, como câmeras nos drones, proporcionando uma visão mais abrangente das condições de entrega. Essa abordagem permite que as operações de entrega por drones sejam gerenciadas de forma mais eficaz, fornecendo informações precisas sobre o ambiente e otimizando o processo de entrega.

D. Sistemas de controle

Um sistema de controle refere-se ao uso de tecnologias para regular as condições operacionais dos drones durante as entregas. Isso inclui aspectos como altitude, velocidade, condições meteorológicas e energia da bateria. Esse sistema permite que os operadores ajustem automaticamente ou manualmente as configurações dos drones de acordo com as necessidades específicas de cada entrega. Além de garantir a eficácia do serviço, o controle preciso contribui para otimizar as operações, aumentar a segurança e, potencialmente, reduzir custos operacionais.

E. Sistemas de mapeamento

Um sistema de mapeamento envolve o uso de tecnologias para coletar e analisar dados geográficos cruciais. Isso inclui imagens de satélite para identificar rotas otimizadas de entrega, bem como para identificar áreas de potencial risco, como restrições de voo ou condições climáticas adversas. O mapeamento de sistemas é essencial para garantir a eficiência na navegação dos drones e na escolha das rotas mais eficazes. Além disso, a integração com outras tecnologias, como drones e comunicação sem fio, permite que operadores tenham uma visão abrangente do ambiente de entrega, possibilitando a tomada de decisões informadas e a otimização contínua do serviço de entregas por drones.

F. Tecnologias

A Figura 3 exhibe a categorização das tecnologias identificadas nos artigos. Conforme evidenciado no gráfico, uma considerável parcela dos estudos empregou técnicas de Aprendizado de Máquina, destacando-se, além disso, a variedade

de aplicações de Drones como uma das principais tecnologias implementadas nos sistemas previamente mencionados. Outras tecnologias relevantes incluíram comunicação sem fio e sensores, ampliando ainda mais o espectro de ferramentas utilizadas nestas pesquisas.

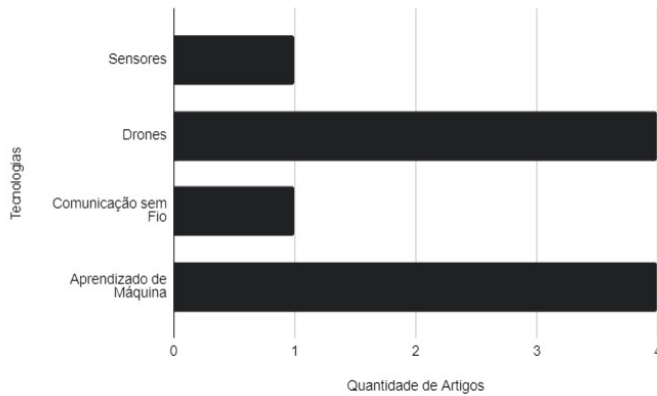


Fig. 3. Classificação dos tipos de tecnologias usadas.

Sensores desempenham um papel crucial nos sistemas de IoT aplicados a serviços de entregas por drones. Esses dispositivos possibilitam a medição e coleta de dados sobre variáveis como altitude, temperatura, condições meteorológicas, entre outras. Com essas informações, os operadores de serviços de entrega por drones podem monitorar as condições operacionais e tomar decisões informadas, como ajustar rotas ou otimizar a eficiência das entregas. Além disso, a comunicação sem fio é uma tecnologia essencial, permitindo que os drones se comuniquem entre si e com sistemas de controle central sem a necessidade de fios, facilitando a coordenação e o monitoramento remoto.

Os drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), desempenham um papel fundamental nos serviços de entrega. Eles são capazes de coletar dados em tempo real sobre condições meteorológicas, tráfego aéreo e obstáculos, permitindo um planejamento eficiente das rotas de entrega. Além disso, os drones podem ser utilizados para realizar tarefas específicas, como a entrega de pacotes em locais de difícil acesso, contribuindo para a precisão e eficiência do serviço.

A aplicação de aprendizado de máquina no contexto de serviços de entregas por drones é cada vez mais relevante. Essa tecnologia permite que sistemas de monitoramento e controle aprendam com os dados coletados, adaptando-se dinamicamente às condições do ambiente e otimizando as operações. A combinação de aprendizado de máquina com sensores e drones viabiliza a coleta e análise de grandes volumes de dados, proporcionando insights valiosos para melhorar a eficácia das entregas. Além disso, o aprendizado de máquina pode ser empregado na previsão de demandas, otimização de rotas e identificação precoce de possíveis problemas, contribuindo para decisões informadas e eficientes no contexto de serviços de entregas por drones.

III. CONCLUSÃO E LIMITAÇÕES

Com base nos dados previamente mapeados, observa-se que a implementação da Internet das Coisas (IoT) no âmbito do serviço de entrega proporciona uma série de benefícios para os comerciantes. Estes incluem a eficiência aprimorada no gerenciamento de recursos naturais, monitoramento preciso das operações de entrega, mapeamento detalhado das condições climáticas e altitudes, bem como um controle eficaz no monitoramento do estado vital dos drones. A integração de tecnologias avançadas, tais como sensores, drones, comunicação sem fio e aprendizado de máquina, potencializa ainda mais esses benefícios, permitindo que os responsáveis obtenham dados precisos e em tempo real.

Essa abordagem otimiza a utilização de recursos, capacitando a tomada de decisões informadas para aprimorar a produtividade e rentabilidade nas operações de entrega. O objetivo último é a transformação da rota em um percurso inteligente e altamente eficiente. É importante ressaltar que, embora este mapeamento tenha sido concluído, a pesquisa foi conduzida com base em um número limitado de artigos. A utilização exclusiva de uma única ferramenta de busca também pode ter contribuído para a restrição na abrangência dos dados coletados. É crucial considerar que essa limitação pode ter influenciado os resultados finais. Espera-se que em trabalhos futuros a busca por artigos seja expandida, proporcionando uma extração de dados mais abrangente e diversificada.

REFERENCES

- [1] Balsam Alkouz, Babar Shahzaad, and Athman Bouguettaya. Service-based drone delivery. In *2021 IEEE 7th International Conference on Collaboration and Internet Computing (CIC)*, pages 68–76, 2021.
- [2] Assem Alsawy, Alan Hicks, Dan Moss, and Susan McKeever. An image processing based classifier to support safe dropping for delivery-by-drone. In *2022 IEEE 5th International Conference on Image Processing Applications and Systems (IPAS)*, volume Five, pages 1–5, 2022.
- [3] Kuan-Wen Chen, Ming-Ru Xie, Yu-Min Chen, Ting-Tsan Chu, and Yi-Bing Lin. Dronetalk: An internet-of-things-based drone system for last-mile drone delivery. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(9):15204–15217, 2022.
- [4] Hanxi Li, Yi Sun, and Song Cai. Urban drone delivery path optimization in the context of green carbon reduction. In *2023 IEEE 3rd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI)*, pages 1521–1526, 2023.
- [5] Mao Nishira, Satoshi Ito, Hiroki Nishikawa, Xiangbo Kong, and Hiroyuki Tomiyama. An ilp-based approach to delivery drone routing under load-dependent flight speed. In *2022 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)*, pages 1–4, 2022.
- [6] Jurgen Famula, Daniel E. Pittman, and Kerstin S. Haring. Building trust with a mobile application for last-mile commercial drone delivery. In *2022 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, pages 462–467, 2022.
- [7] Maxime Perreault and Kamran Behdinan. Delivery drone driving cycle. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70(2):1146–1156, 2021.
- [8] Soma Prathibha, K.R. Saradha, P Sharmila, and S Kaveya. Ai and web application in medicine delivery drones. In *2022 International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC)*, pages 48–53, 2022.
- [9] Lorenzo Palazzetti, Cristina M. Pinotti, and Giulio Rigoni. A run in the wind: favorable winds make the difference in drone delivery. In *2021 17th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, pages 109–116, 2021.

- [10] Francesco Betti Sorbelli, Federico Corò, Lorenzo Palazzetti, Cristina M. Pinotti, and Giulio Rigoni. How the wind can be leveraged for saving energy in a truck-drone delivery system. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(4):4038–4049, 2023.
- [11] Ping-Chi Hsieh, Yi-Yuan Chen, and Cheng-Hsuan Lin. Research on contactless delivery drone. In *2023 IEEE 5th Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)*, pages 22–25, 2023.
- [12] Partha Pratim Ray and Kien Nguyen. A review on blockchain for medical delivery drones in 5g-iot era: Progress and challenges. In *2020 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC Workshops)*, pages 29–34, 2020.
- [13] Philip Kulp and Nagi Mei. A framework for sensing radio frequency spectrum attacks on medical delivery drones. In *2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pages 408–413, 2020.
- [14] Xudong Wang, Kimon Swanson, Zeyu Liu, Gerald Jones, and Xueping Li. A simulation-heuristic approach to optimally design drone delivery systems in rural areas. In *2022 Winter Simulation Conference (WSC)*, pages 1581–1592, 2022.
- [15] Chao Huang, Zhenxing Ming, and Hailong Huang. Drone stations-aided beyond-battery-lifetime flight planning for parcel delivery. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 20(4):2294–2304, 2023.
- [16] Hailong Huang and Andrey V. Savkin. Deployment of charging stations for drone delivery assisted by public transportation vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(9):15043–15054, 2022.
- [17] Viral Sahu, Ryan O’Neil, Abdelhakim Khatab, Uday Venkatadri, and Claver Diallo. Vertical drone delivery: A multi-depot vrp with load-dependent energy consumption. In *2023 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, volume 1, pages 1–6, 2023.
- [18] Ronald Leung, Chelsy Goodwill, Alexander Dong, Kareena Shah, and Mohammad Katibeh. Improving the performance of computer vision algorithms for the multi-mode hybrid drone delivery system. In *2022 IEEE MIT Undergraduate Research Technology Conference (URTC)*, pages 1–5, 2022.
- [19] Andy Oakey and Tom Cherrett. Quantifying weather tolerance criteria for delivery drones - a uk case study. In *2023 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, pages 1005–1012, 2023.
- [20] Soohyun Park, Chanyoung Park, and Joongheon Kim. Learning-based cooperative mobility control for autonomous drone-delivery. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, pages 1–16, 2023.