



C A P Í T U L O 1

A GUERRA DOS POSTES: O CAOS DO CABEAMENTO AÉREO NO BRASIL

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.823112628011>

Márcio Mendonça

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PPGEM-CP - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica CP/PG

Cornélio Procópio - PR

<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

Cintya Wedderhoff Machado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas,

Sociais e da Natureza – PPGEN

Londrina - PR

<http://lattes.cnpq.br/4604594140489347>

Fabio Rodrigo Milanez

UniSENAIPR-Campus Londrina

Londrina-PR

<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

Marcos Dantas de Oliveira

CEAL- Clube de Engenharia de Londrina

Londrina-PR

<https://lattes.cnpq.br/5329306535174160>

Emerson Ravazzi Pires da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

Cornélio Procópio – PR

<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

Andressa Haiduk

Dimension Engenharia

Rio Negro - PR

<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

Aline Lucena Prado Tixiliski

Aluno externo no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza – PPGEN Curso de Mestrado Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Cornélio Procópio/Londrina, Paraná – Brasil
<https://lattes.cnpq.br/9637078731107542>

Paulo Alexandre Lourenço Jesus

Aluno externo no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza – PPGEN – Curso de Mestrado Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Cornélio Procópio/Londrina – PR – Brasil
<https://lattes.cnpq.br/1346404833044235>

Ana Clara Augusto Jesus

Acadêmica do curso de Pedagogia da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) Campus de Cornélio Procópio - Paraná - Brasil
<https://lattes.cnpq.br/5330914992553099>

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/8619727190271505>

Roberto Bondarik

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza (PPGEN-CP/LD)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/6263028023417758>

Carlos Alberto Paschoalino

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/0419549172660666>

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Egresso Engenharia de Telecomunicações Unopar
Londrina – PR
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

Vicente de Lima Gongora

UniSENAIPR-Campus Londrina
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

Edinei Aparecido Furquim dos Santos

Governo do Paraná Secretaria de estado da Fazenda
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/8706436030621473>

Luiz Francisco Sanches Buzzacchero

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de
Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio - PR
<http://lattes.cnpq.br/1747856636744006>

RESUMO: Este artigo analisa a desordem estrutural e a sobrecarga da infraestrutura aérea instalada em postes urbanos no Brasil, fenômeno conhecido como “*guerra dos postes*”, sob a perspectiva da engenharia de sistemas urbanos. A expansão acelerada dos serviços de telecomunicações, associada à ausência de planejamento integrado e à fragilidade dos mecanismos regulatórios, tem intensificado a ocupação desordenada dos postes, originalmente destinados à distribuição de energia elétrica. A metodologia adotada baseia-se na inspeção visual sistemática da infraestrutura aérea urbana, apoiada por imagens captadas por veículos aéreos não tripulados (VANTS), complementada pela análise de registros técnicos de falhas operacionais e interrupções no fornecimento de serviços essenciais. Essa abordagem permitiu identificar padrões recorrentes de não conformidade com normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especialmente no que se refere ao compartilhamento, à organização espacial e à segurança das redes aéreas. Os resultados evidenciam a presença de cabos sobrepostos, ausência de identificação padronizada, degradação estrutural dos postes e intervenções técnicas precárias, fatores que elevam significativamente os riscos de acidentes elétricos, incêndios, colapsos estruturais e indisponibilidade dos serviços de energia e telecomunicações. A análise demonstra ainda que o uso de VANTS constitui uma ferramenta tecnicamente eficaz para inspeção não invasiva, ao ampliar a abrangência espacial das análises, reduzir a exposição de equipes técnicas a ambientes de risco e gerar evidências visuais com elevado potencial de rastreabilidade. Conclui-se que a superação da “*guerra dos postes*” exige uma abordagem sistêmica, fundamentada na integração entre normatização técnica, fiscalização contínua e uso responsável de tecnologias de inspeção aérea, configurando-se como elemento central para a reengenharia da infraestrutura urbana brasileira e para a promoção de cidades mais seguras e eficientes.

PALAVRAS CHAVE: Infraestrutura aérea urbana; Compartilhamento de postes; Veículos aéreos não tripulados (VANTS); Governança regulatória; Inspeção urbana não invasiva.

THE POLE WAR: CHAOS IN BRAZIL'S AERIAL CABLING INFRASTRUCTURE

ABSTRACT: This paper analyses the structural disorder and overload of aerial infrastructure installed on urban utility poles in Brazil, a phenomenon widely known as the "*pole war*", from the perspective of urban systems engineering. The accelerated expansion of telecommunications services, combined with the lack of integrated planning and the fragility of regulatory mechanisms, has intensified the disorganized occupation of poles originally designed for electric power distribution. The adopted methodology is based on a systematic visual inspection of urban aerial networks, supported by images captured by unmanned aerial vehicles (UAVs), complemented by the analysis of technical records related to operational failures and service interruptions. This approach enabled the identification of recurring patterns of non-compliance with technical standards issued by the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT), particularly regarding infrastructure sharing, spatial organization, and safety requirements. The results reveal the presence of overlapping cables, absence of standardized identification, structural degradation of poles, and precarious technical interventions, factors that significantly increase the risk of electrical accidents, fires, structural collapses, and unavailability of electricity and telecommunications services. The analysis also demonstrates that the use of UAVs constitutes a technically effective tool for non-invasive inspection, as it expands spatial coverage, reduces the exposure of technical teams to hazardous environments, and generates visual evidence with high traceability potential. However, the effectiveness of this approach is conditioned on strict compliance with the regulatory framework established by the Brazilian National Civil Aviation Agency (ANAC), the Department of Airspace Control (DECEA), and data protection legislation. It is concluded that overcoming the "*pole war*" requires a systemic approach grounded in the integration of technical standardization, continuous regulatory oversight, and the responsible use of aerial inspection technologies, representing a key element for the reengineering of Brazilian urban infrastructure and for the development of safer and more efficient cities.

KEYWORDS: Urban aerial infrastructure; Utility pole sharing; Unmanned aerial vehicles (UAVs); Regulatory governance; Non-invasive urban inspection.

INTRODUÇÃO

A infraestrutura aérea urbana desempenha papel essencial na provisão de serviços críticos, como distribuição de energia elétrica, telecomunicações e conectividade digital, sendo componente estratégico do funcionamento das cidades contemporâneas. No Brasil, contudo, a ocupação desordenada e a sobrecarga dessa infraestrutura, particularmente em postes compartilhados, configuram um fenômeno recorrente conhecido como “*guerra dos postes*”, o qual reflete deficiências estruturais de planejamento, coordenação institucional e fiscalização técnica.

Do ponto de vista da engenharia de sistemas urbanos, essa problemática evidencia a ausência de conformidade com normas técnicas relativas à segurança, ao compartilhamento e à manutenção de redes aéreas, resultando em aumento significativo dos riscos de acidentes elétricos, incêndios, colapsos estruturais e interrupções de serviços essenciais. Estudos correlatos indicam que tais não conformidades impactam negativamente tanto a confiabilidade operacional das redes quanto a segurança da população exposta a ambientes urbanos degradados e tecnicamente vulneráveis.

Nesse contexto, a inspeção sistemática da infraestrutura aérea apresenta-se como elemento central para o diagnóstico técnico do problema. Métodos tradicionais de inspeção em solo, embora amplamente utilizados, expõem equipes técnicas a riscos diretos e possuem limitações quanto à abrangência espacial e à precisão visual. Em resposta a essas limitações, pesquisas recentes têm destacado o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) como alternativa eficiente para inspeção não invasiva de infraestruturas urbanas complexas, permitindo a coleta de evidências visuais detalhadas e a identificação de padrões críticos de ocupação.

Entretanto, a adoção de drones em ambientes urbanos exige observância rigorosa ao arcabouço normativo brasileiro, incluindo os regulamentos técnicos da Agência Nacional de Aviação Civil, as diretrizes operacionais do Departamento de Controle do Espaço Aéreo e a legislação vigente de proteção de dados pessoais. O uso inadequado dessas tecnologias pode comprometer tanto a segurança operacional quanto a legitimidade jurídica das informações coletadas, especialmente no que se refere à captação de imagens em áreas densamente povoadas.

Dante desse cenário, **este artigo tem como objetivo analisar a desordem estrutural e a sobrecarga da infraestrutura aérea instalada em postes urbanos no Brasil sob a perspectiva da engenharia de sistemas urbanos**, focalizando as implicações técnicas, normativas e operacionais associadas à chamada “*guerra dos postes*”. Para alcançar esse objetivo, a metodologia adotada baseia-se na inspeção visual sistemática de redes aéreas, apoiada por imagens captadas por drones, bem como na análise de registros técnicos de falhas operacionais e interrupções de serviços.

Ao integrar análise visual, normatização técnica e uso controlado de tecnologias de inspeção aérea, o estudo busca produzir evidências técnicas confiáveis, avaliar o grau de conformidade normativa da infraestrutura analisada e contribuir para o debate sobre soluções de reengenharia e fiscalização da infraestrutura urbana compartilhada no Brasil, alinhando-se às demandas contemporâneas por segurança, eficiência e sustentabilidade urbana.

Este artigo organiza-se em cinco seções: a Seção 2 apresenta os fundamentos teóricos e tecnológicos dos veículos aéreos não tripulados (VANTs); a Seção 3 descreve o desenvolvimento do estudo; a Seção 4 discute os resultados obtidos e suas implicações para a segurança, a governança e a eficiência da infraestrutura aérea urbana; e a Seção 5 reúne as conclusões e aponta perspectivas para trabalhos futuros.

FUNDAMENTOS POR VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS-VANTS

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), comumente denominados drones, constituem sistemas aeronáuticos capazes de operar sem piloto embarcado, sendo controlados remotamente ou de forma autônoma por meio de sistemas computacionais embarcados.

Esses sistemas integram componentes mecânicos, eletrônicos e computacionais, incluindo estrutura aerodinâmica, motores elétricos, controladores de voo, sensores iniciais, sistemas de comunicação e, frequentemente, módulos de captura de imagem e dados. Em função dessa integração multidisciplinar, os VANTs têm sido amplamente investigados e aplicados em contextos como inspeção de infraestrutura, monitoramento urbano, agricultura de precisão e segurança pública (AUSTIN, 2010; VALAVANIS; VACHTSEVANOS, 2015).

Do ponto de vista da classificação, os VANTs podem ser organizados segundo critérios como tipo de asa (asa fixa, rotativa ou híbrida), grau de autonomia, massa máxima de decolagem e finalidade da operação. Em ambientes urbanos, os multirrotores especialmente os quadricópteros destacam-se pela capacidade de decolagem e pouso vertical, elevada manobrabilidade e possibilidade de voo estacionário, características fundamentais para inspeções visuais detalhadas em espaços confinados ou de difícil acesso (MERINO et al., 2012).

A literatura recente aponta que o uso de VANTs em inspeções técnicas oferece vantagens significativas em relação aos métodos convencionais, como redução de riscos ocupacionais, maior rapidez na coleta de dados e ampliação da cobertura espacial analisada (ZHANG et al., 2020).

Em particular, no contexto urbano, a captura de imagens aéreas de alta resolução permite identificar falhas estruturais, ocupações irregulares e padrões de degradação de infraestruturas compartilhadas, como redes aéreas instaladas em postes, contribuindo para diagnósticos mais precisos e fundamentados tecnicamente.

Essas potencialidades são ilustradas nas Figuras 1 e 2, que apresentam diferentes configurações de VANTs aplicáveis à inspeção urbana.



Fonte: Imagem ilustrativa de VANT experimental de domínio público.

Figura 1- Drone aberto: veículo aéreo não tripulado (VANT) multirrotor do tipo quadricóptero, empregado em inspeções visuais urbanas exploratórias.



Figura 2 – Drone carenado, veículo aéreo não tripulado (VANT) multirrotor de padrão comercial, equipado com sistema de captura de imagens estabilizado, utilizado em inspeções aéreas urbanas.

Fonte: Imagem promocional de fabricante

A literatura recente aponta que o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em atividades de inspeção técnica oferece vantagens relevantes em relação aos métodos convencionais, destacando-se a redução de riscos ocupacionais, a maior agilidade na coleta de dados e a ampliação da cobertura espacial das áreas analisadas (ZHANG et al., 2020). No entanto, tais benefícios estão diretamente condicionados à adoção de práticas seguras de operação e ao domínio adequado das manobras de voo, especialmente em ambientes complexos e densamente povoados.

No contexto urbano, a captura de imagens aéreas de alta resolução possibilita a identificação de falhas estruturais, ocupações irregulares e padrões de degradação de infraestruturas compartilhadas, como redes aéreas instaladas em postes, contribuindo para diagnósticos mais precisos e tecnicamente fundamentados. Todavia, estudos correlatos ressaltam que manobras inadequadas, perda de estabilidade, falhas de calibração ou procedimentos incorretos de decolagem e pouso podem resultar em acidentes, danos materiais e riscos à integridade física de terceiros, reforçando a centralidade da segurança operacional no emprego desses sistemas (COSTA; FERREIRA, 2019; SILVA et al., 2022).

Nesse sentido, a operação de VANTs em áreas urbanas exige estrita observância ao arcabouço normativo vigente. No Brasil, tais operações são regulamentadas

principalmente pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial RBAC-E nº 94, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), pelas normas operacionais do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela legislação relacionada à proteção de dados pessoais. Essas normativas estabelecem limites claros quanto à altura de voo, distância de pessoas não anuentes, zonas de exclusão e requisitos de habilitação, todos diretamente relacionados à mitigação de riscos durante as manobras aéreas.

Trabalhos correlatos enfatizam que a adoção de drones para fins de inspeção pública deve equilibrar eficiência tecnológica, segurança operacional e respeito à privacidade, sob pena de comprometer a legitimidade institucional e a aceitabilidade social dessas tecnologias (MORAES; LIMA, 2021; OLIVEIRA; SANTOS, 2023). Assim, os VANTs configuram-se como ferramentas tecnológicas estratégicas para a engenharia urbana contemporânea, desde que empregados de forma tecnicamente fundamentada, normativamente adequada e alinhada aos princípios de segurança, proporcionalidade e finalidade no uso dos dados coletados. A Figura 3 apresenta um veículo aéreo não tripulado (VANT) de configuração simplificada e acessível, empregado neste estudo, cujas características técnicas são descritas a seguir.



Figura 3 – Veículo aéreo não tripulado (VANT) multirrotor do tipo quadricóptero,

Fonte: Autoria própria (2026).

Análise técnica de veículo aéreo não tripulado (VANT) aplicado à inspeção visual urbana

A Figura 3 apresenta um veículo aéreo não tripulado (VANT) multirrotor do tipo quadricóptero, de configuração simplificada, utilizado neste estudo como referencial técnico, com a finalidade de exemplificar uma arquitetura tecnológica compatível com inspeções visuais urbanas de caráter exploratório. Trata-se de um VANT equipado com quatro motores elétricos e hélices bipás, cuja disposição simétrica dos rotores caracteriza uma arquitetura em "X", amplamente difundida em aplicações de inspeção visual e mapeamento de curto alcance, por favorecer a estabilidade dinâmica e o controle preciso em voo estacionário. Além disso, a presença de braços dobráveis confere maior portabilidade ao equipamento, aspecto relevante para operações urbanas pontuais.

Observa-se a presença de estrutura compacta e portátil, sugerindo um equipamento voltado a operações de baixo peso e curta autonomia, adequado para inspeções urbanas pontuais, como a análise visual de postes, fachadas e redes aéreas. O módulo central aparenta integrar bateria interna recarregável e sistema eletrônico de controle, enquanto a ausência visível de sensores complexos externos (como LiDAR ou RTK) indica que se trata de um drone predominantemente orientado à captura de imagens ópticas, um equipamento suficiente para inspeção por meio de imagens.

A adoção de VANTs como ferramenta de inspeção não invasiva da infraestrutura aérea urbana requer uma abordagem sistemática de gestão de riscos, na qual o treinamento do operador atua como principal mecanismo de mitigação.

Em consonância com a metodologia baseada em inspeção visual apoiada por imagens aéreas, a Tabela 1 sintetiza os riscos operacionais, técnicos, **jurídicos** e institucionais associados à aplicação analisada, bem como as estratégias de mitigação e as exigências mínimas de capacitação. Sob a perspectiva jurídica, a estrutura proposta observa de forma explícita as diretrizes da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), no que se refere à regularidade do voo, responsabilidade do operador e uso do espaço aéreo, bem como os dispositivos da Lei nº 13.709/2018 — Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), especialmente quanto aos princípios da finalidade, necessidade e segurança no tratamento de imagens que possam identificar pessoas ou propriedades privadas (BRASIL, 2018). A sistematização dos riscos jurídicos contribui para a mitigação de passivos administrativos e civis decorrentes de eventual uso indevido de dados ou de operações em desconformidade regulatória (BRASIL, 2020). Ademais, a explicitação das exigências normativas reforça a responsabilidade institucional e a **prestação de contas**, bem como a rastreabilidade das decisões técnicas, em consonância

com os princípios da legalidade e da transparência na administração pública. Do ponto de vista do direito administrativo e urbanístico, a abordagem favorece a compatibilização entre inovação tecnológica e interesse público, reduzindo conflitos regulatórios e aumentando a segurança jurídica das operações (DI PIETRO, 2022). Por fim, a integração entre requisitos legais e procedimentos técnicos consolida um arcabouço normativo robusto, essencial para a adoção sustentável e escalável de soluções baseadas em drones em contextos urbanos complexos.

Categoría de risco	Descrição	Estratégias de mitigação	Exigência de treinamento
Risco elétrico	Colisão com cabos energizados, curto-círcuito e incêndio	Planejamento de rotas, distância segura, voo lento e estável	Noções de engenharia elétrica aplicada e identificação de zonas de risco
Risco operacional	Perda de controle por vento/interferência/falha GNSS	Checkagem meteorológica, VLOS, planos de contingência	Treinamento prático em controle manual e gestão de falhas
Risco de colisão urbana	Impacto com postes, fachadas, veículos ou pedestres	Perímetro de segurança, limites de altitude e horários controlados	Planejamento de missão urbana e consciência situacional
Risco à segurança pública	Queda do VANT sobre pessoas/bens	Redundâncias, desligamento automático e avaliação prévia de risco	Avaliação de risco conforme RBAC-E nº 94
Risco regulatório	Operação fora das normas aeronáuticas	Registro da aeronave e autorizações de voo	Capacitação normativa (ANAC/DECEA)
Risco jurídico/privacidade	Captação indevida de imagens pessoais	Finalidade definida, anonimização e armazenamento seguro	Treinamento em LGPD e ética no uso de imagens
Risco de invalidação técnica	Imagens sem qualidade/rastreabilidade	Padronização, metadados e controle de qualidade	Boas práticas de aquisição e validação de imagens

Categoría de risco	Descrição	Estratégias de mitigação	Exigência de treinamento
Risco institucional	Uso inadequado dos dados para decisões públicas	Protocolos de auditoria e integração com fiscalização	Documentação técnica e relatórios de inspeção

Tabela 1 – Análise de riscos, estratégias de mitigação e exigências de treinamento na operação de VANTs para inspeção da infraestrutura aérea urbana

Fonte: Elaboração própria (2026).

DESENVOLVIMENTO

Os resultados discutidos neste estudo confirmam que a denominada “guerra dos postes” não constitui um problema pontual ou meramente estético da paisagem urbana, mas sim uma manifestação estrutural de falhas sistêmicas na gestão da infraestrutura aérea compartilhada. A análise evidencia que a sobrecarga dos postes decorre da combinação entre o crescimento acelerado da demanda por serviços de telecomunicações, a ausência de planejamento integrado e a fragilidade dos mecanismos de fiscalização, corroborando achados previamente discutidos na literatura sobre governança urbana e infraestrutura crítica (SILVA; FERREIRA, 2019; ALMEIDA et al., 2021).

Do ponto de vista da engenharia de sistemas urbanos, os achados reforçam a relação direta entre a não conformidade com normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o aumento dos riscos operacionais observados em campo.

A recorrência de cabos sobrepostos, instalações improvisadas e a ausência de manutenção preventiva, identificadas durante as inspeções visuais estão associadas à elevação da probabilidade de curtos-circuitos, incêndios, colapsos estruturais e interrupções no fornecimento de energia e conectividade, conforme também apontado por normas técnicas voltadas à segurança de redes aéreas (ABNT, 2019). Dessa forma, os resultados empíricos deste estudo sustentam a argumentação desenvolvida na seção de Desenvolvimento, ao evidenciar que a desordem estrutural não é um efeito colateral inevitável, mas consequência direta de falhas regulatórias e técnicas.

A análise específica do contexto urbano de Niterói reforça a dimensão territorial do problema. A elevada densidade urbana e a intensa concorrência entre provedores de telecomunicações amplificam os efeitos da ausência de coordenação institucional, tornando os postes pontos críticos de risco e instabilidade. Esse resultado dialoga com

estudos que indicam que cidades densas tendem a apresentar maior vulnerabilidade em infraestruturas compartilhadas quando não há governança integrada e fiscalização contínua, confirmando a pertinência do recorte empírico adotado neste trabalho.

No âmbito regulatório, os achados discutidos evidenciam que a indefinição de responsabilidades entre concessionárias, operadoras e poder público constitui um dos principais entraves à mitigação da "*guerra dos postes*". A ausência de clareza quanto à atribuição de custos, deveres de manutenção e competências fiscalizatórias favorece a perpetuação de intervenções emergenciais e tecnicamente precárias, em detrimento de soluções estruturantes, em consonância com análises que apontam a fragilidade dos mecanismos de aplicação e efetividade da regulação como fator determinante para a degradação de infraestruturas urbanas críticas (MORAES; LIMA, 2021).

Nesse contexto, a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs), conforme proposto metodologicamente neste estudo, emerge como instrumento relevante para ampliar a capacidade de diagnóstico e fiscalização da infraestrutura aérea urbana. Contudo, a discussão dos achados evidencia que o uso de VANTs, por si só, não constitui solução isolada, sendo sua efetividade condicionada à observância rigorosa das normas técnicas e regulatórias vigentes, bem como à capacitação adequada dos operadores.

Assim, a discussão apresentada permite afirmar que a superação da "*guerra dos postes*" demanda uma abordagem sistêmica, na qual engenharia, regulação e tecnologia atuem de forma integrada. Os resultados deste estudo reforçam que a combinação entre normatização técnica, fiscalização contínua e uso responsável de tecnologias de inspeção aérea constitui um caminho viável para a reengenharia da infraestrutura aérea urbana brasileira, em consonância com os objetivos delineados e os resultados obtidos.

RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da análise visual sistemática da infraestrutura aérea urbana, apoiada por imagens captadas por veículos aéreos não tripulados (VANTs) e pela avaliação de registros técnicos de falhas operacionais, evidenciam que a sobrecarga de postes no Brasil configura-se como um problema de natureza sistêmica. Tal condição afeta simultaneamente a segurança pública, a confiabilidade dos serviços de energia elétrica e telecomunicações e a qualidade do ambiente urbano, corroborando o diagnóstico apresentado no resumo deste estudo.

As inspeções realizadas revelaram recorrentes não conformidades com normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especialmente no que se refere ao compartilhamento, à organização espacial e à segurança das redes

aéreas. Observou-se a presença de múltiplos cabos instalados de forma sobreposta, sem identificação padronizada, com fixações inadequadas e sinais de desgaste estrutural dos postes, indicando aumento significativo do risco de curtos-circuitos, incêndios, colapsos mecânicos e interrupções no fornecimento de serviços essenciais, em consonância com normas voltadas à segurança de redes de distribuição aérea (ABNT, 2019).



Figura 4 – Evidência visual de sobrecarga, sobreposição de cabos e desordem na infraestrutura aérea urbana, identificada por inspeção visual apoiada por VANTs.

Fonte: Elaboração própria (2026).

A imagem apresentada na Figura 4 evidencia de forma objetiva a complexidade e a desordem estrutural da infraestrutura aérea urbana, caracterizada pela sobreposição de múltiplas redes de energia e telecomunicações em um mesmo poste, sem organização técnica aparente. A perspectiva aérea possibilitou a identificação de padrões de irregularidade que dificilmente seriam observados por inspeções exclusivamente em solo, reforçando a efetividade do uso de VANTs como instrumento de diagnóstico técnico, com potencial para subsidiar ações de fiscalização, planejamento urbano e tomada de decisão regulatória.

Do ponto de vista operacional, os resultados evidenciam que a desordem da infraestrutura aérea compromete a eficiência das operações de manutenção e reparo. A inexistência de organização e rastreabilidade dos cabos dificulta a identificação de responsáveis técnicos, prolonga o tempo de resposta a falhas e

favorece intervenções emergenciais de caráter paliativo, reforçando um ciclo de degradação progressiva da infraestrutura urbana, conforme também apontado em estudos sobre governança de Infraestruturas urbanas essenciais em ambientes densos (SILVA; FERREIRA, 2019).

A análise das imagens obtidas por VANTs, conforme exemplificado na Figura 4, demonstrou a efetividade dessa tecnologia como instrumento de diagnóstico técnico. A perspectiva aérea permitiu identificar padrões de sobrecarga e irregularidades que dificilmente seriam observados por inspeções exclusivamente em solo, além de reduzir a exposição de equipes técnicas a ambientes de risco. A rastreabilidade visual proporcionada pelas imagens reforça a confiabilidade dos dados coletados e amplia o potencial de utilização desses registros para fins técnicos, regulatórios e de planejamento urbano, desde que observados os requisitos normativos aplicáveis.

No plano regulatório, os resultados indicam que a persistência da “guerra dos postes” está fortemente associada à ausência de políticas públicas integradas e de marcos regulatórios claros que definam responsabilidades, padrões técnicos mínimos e mecanismos efetivos de fiscalização. A indefinição quanto à atribuição de custos, deveres de manutenção e critérios para novas instalações contribui para a perpetuação da desordem estrutural observada, transferindo à população os impactos negativos de serviços instáveis e ambientes urbanos degradados, conforme discutido na literatura especializada (MORAES; LIMA, 2021).

Diante desse conjunto de evidências, os resultados reforçam que a reorganização da infraestrutura aérea urbana demanda ações coordenadas entre poder público, concessionárias e prestadoras de serviços. Medidas como a padronização técnica das instalações, a compartmentalização adequada dos cabos e, quando tecnicamente e economicamente viável, a adoção de soluções subterrâneas, apresentam-se como alternativas relevantes para mitigar a sobrecarga observada. Assim, os achados deste estudo confirmam que a ordenação da infraestrutura aérea não constitui apenas uma exigência técnica, mas uma condição essencial para a segurança urbana, a eficiência dos serviços públicos essenciais de energia elétrica e telecomunicações e a preparação das cidades brasileiras para as demandas do futuro digital.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados confirmam que a “guerra dos postes” constitui um problema estrutural da infraestrutura urbana brasileira, decorrente da combinação entre crescimento desordenado das redes aéreas, fragilidade regulatória e ausência de coordenação institucional. As não conformidades identificadas com normas técnicas de segurança e compartilhamento evidenciam que a sobrecarga dos postes compromete a segurança pública, a confiabilidade dos serviços públicos essenciais de energia elétrica e telecomunicações e a qualidade do ambiente urbano.

A aplicação de veículos aéreos não tripulados mostrou-se tecnicamente adequada como ferramenta de apoio à inspeção não invasiva da infraestrutura aérea, ao possibilitar diagnósticos mais abrangentes, seguros e rastreáveis. Todavia, o estudo demonstra que o uso de VANTs não deve ser compreendido como solução isolada, sendo sua efetividade condicionada à capacitação dos operadores, ao cumprimento do arcabouço normativo vigente e à existência de políticas públicas integradas.

Como trabalhos futuros, recomenda-se: (i) a quantificação sistemática das não conformidades observadas, por meio de métricas padronizadas de risco e criticidade; (ii) a integração de imagens obtidas por VANTs com sistemas de informação geográfica (SIG) para apoio ao planejamento urbano e à fiscalização; (iii) a análise comparativa entre soluções aéreas e subterrâneas de infraestrutura sob critérios técnicos, econômicos e ambientais; e (iv) o aprofundamento do debate regulatório, com foco em modelos de governança e responsabilização aplicáveis à gestão da infraestrutura urbana compartilhada.

Essas abordagens podem ampliar a robustez analítica do tema e contribuir para a formulação de estratégias mais eficazes de reorganização da infraestrutura aérea urbana no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). *Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E nº 94: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil*. Brasília, DF: ANAC, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anac>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- ALMEIDA, R. S.; COSTA, L. M.; PEREIRA, J. F. Compartilhamento de infraestrutura urbana e riscos operacionais em redes aéreas. *Revista Brasileira de Engenharia Urbana*, v. 13, n. 2, p. 45–60, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5434: redes de distribuição aérea urbana de energia elétrica — segurança*. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- AUSTIN, R. *Unmanned aircraft systems: UAVs design, development and deployment*. Chichester: Wiley, 2010.
- BRASIL. *Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018*. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 15 ago. 2018.
- COSTA, R. S.; FERREIRA, L. A. Análise de riscos operacionais no uso de veículos aéreos não tripulados em ambientes urbanos. *Revista Transportes*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 89–102, 2019. DOI: 10.14295/transportes.v27i3.1897.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). *ICA 100-40: sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e acesso ao espaço aéreo brasileiro*. Rio de Janeiro: DECEA, 2020. Disponível em: <https://www.decea.mil.br>. Acesso em: 10 jan. 2026.

KIM, J.; PARK, S. Drone-based inspection for urban infrastructure management. *Journal of Urban Technology*, v. 29, n. 1, p. 77–95, 2022.

MERINO, L. et al. An unmanned aircraft system for automatic forest fire monitoring and measurement. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, v. 65, n. 1–4, p. 533–548, 2012.

MORAES, P. H. R.; LIMA, F. C. Drones, gestão pública e privacidade: desafios jurídicos e operacionais no contexto urbano. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 233–251, 2021. DOI: 10.5102/rbpp.v11i2.7043.

MORAES, R. A.; LIMA, F. S. Governança regulatória e fiscalização da infraestrutura urbana compartilhada. *Revista de Direito e Políticas Públicas*, v. 7, n. 1, p. 77–95, 2021.

MORAES, R. A.; LIMA, F. S. Uso de drones em ambientes urbanos: desafios regulatórios e proteção de dados. *Revista de Direito e Tecnologia*, v. 6, n. 2, p. 89–104, 2021.

OLIVEIRA, M. T.; SANTOS, E. F. Segurança operacional e aceitabilidade social no uso de drones para inspeção de infraestrutura urbana. *Revista de Engenharia Urbana*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 45–61, 2023. DOI: 10.5585/reu.v8n1.2023.

SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. M.; PEREIRA, L. F. Avaliação de falhas e estabilidade de voo em VANTs de pequeno porte para aplicações civis. *Journal of Aerospace Technology and Management*, São José dos Campos, v. 14, p. 1–12, 2022. DOI: 10.5028/jatm.v14.1247.

SILVA, M. R.; FERREIRA, P. H. Regulação e gestão da infraestrutura aérea urbana no Brasil. *Revista de Políticas Públicas*, v. 23, n. 3, p. 112–130, 2019.

VALAVANIS, K. P.; VACHTSEVANOS, G. J. *Handbook of unmanned aerial vehicles*. Dordrecht: Springer, 2015.

ZHANG, C.; LI, S.; WANG, Y.; LIU, X. Urban infrastructure inspection using unmanned aerial vehicles: a review of applications and challenges. *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 118, p. 103266, 2020. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103266.

ZHANG, Y. et al. UAV applications in urban infrastructure monitoring: a review. *Automation in Construction*, v. 114, 2020.