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

Implementação do método de inspeção de segurança (Smart Inspecs) em obras de infraestrutura

Implementation of safety inspections method (Smart Inspecs) in infrastructure projects

Carolina Andrade de Oliveira
Universidade Federal da Bahia (UFBA) | Salvador | Brasil | carolina.bam27@gmail.com
Roseneia Rodrigues Santos de Melo
UFBA | Salvador | Brasil | roseneia.engcivil@gmail.com
Vanessa Cruz Pacheco
UFBA | Salvador | Brasil | vanessa_cruz_pacheco@hotmail.com
Vitor Marcelo Senra Nunes Guimarães
EGTC | São Paulo | Brasil | senugui@outlook.com
Dayana Bastos Costa
UFBA | Salvador | Brasil | dayanabcosta@ufba.br

Resumo

O uso de drones para inspeção de segurança em obras de edificações tem se tornado uma prática cada vez mais comum, facilitando a identificação de áreas de risco e a proposição de ação corretiva em tempo hábil. No entanto, seu uso para inspeção de obras de infraestrutura vem sendo pouco explorado na literatura. Em vista disso, este artigo tem como objetivo implementar o método de inspeção de segurança com drone (Smart Inspecs) em canteiros de obras de infraestrutura. Como estratégia de pesquisa adotou-se o estudo de caso, incluindo as etapas de coleta de dados com drone, análise de desempenho de segurança e avaliação da implementação com base na percepção de gestores e profissionais do campo. Os resultados retratam as dificuldades enfrentadas pelos gestores e técnicos de segurança no gerenciamento de canteiro de obras de grandes extensões, bem como atividades de escavação e movimentação de cargas em meio às vias públicas. Como contribuição, este artigo apresenta a adaptação do método de inspeção apoiado por drone em obras de infraestrutura.

Palavras-chave: Gestão de segurança. Inspeção. Drone. Obras de infraestrutura.

Abstract

Using drones for safety inspections in construction has become an increasingly common practice, making it easy to identify risk areas and propose corrective actions on time. However, its use in infrastructure projects has been less explored in the literature. Thus, this paper aims

to implement the method for safety inspections supported by drones (Smart Inspecs) in infrastructure construction sites. As a research strategy, the case study was adopted, including data collection using drones, safety performance analysis, and evaluation based on managers' and frontline workers' perceptions. The results show the difficulties faced by managers and safety personnel in managing large construction sites, as well as the activities of excavation and, cargo movement near public roads. As a contribution, this paper presents the adaptation of the method for safety inspection using drones in infrastructure projects.

Keywords: Safety Management. Inspection. Drone. Infrastructure Projects.

INTRODUÇÃO

A construção civil está entre as indústrias com maior representatividade nos índices de acidentes de trabalho no mundo [1], sendo associada a condições de trabalho precárias e inseguras [2]. No Brasil, é o setor de maior absorção de mão de obra, mas também um dos mais perigosos [3]. Em 2022, dos 612,9 mil acidentes registrados no Brasil, 9.232 ocorreram na construção civil [4].

Esses dados evidenciam as dificuldades enfrentadas pela gestão da segurança, incluindo a carência de ferramentas que possam contribuir efetivamente para a inspeção nos canteiros de obra, que enfrenta uma série de desafios complexos, como a alta rotatividade de mão de obra e o uso extensivo de mão de obra terceirizada [3]. Além disso, a variedade de atividades simultâneas, a extensão do canteiro e as dificuldades em visualizar as condições de trabalho também se somam aos obstáculos enfrentados pelo setor [5][6][7]. Para além dessas características, as obras de infraestrutura se destacam pelo ciclo construtivo mais demorado, trechos mais longos e os locais de trabalhos momentâneos [8], fatores que só complicam as inspeções de segurança, que costumam exigir alta demanda de tempo para deslocamento e coleta de dados, necessitando de métodos mais automatizados [9].

Em vista disso, dentre as diversas tecnologias digitais aplicadas à segurança no canteiro de obras, o drone vem se mostrando cada vez mais promissor [10],[11]. Projetado para operar sem piloto a bordo, ele apresenta benefícios relevantes para o uso em inspeções de segurança e monitoramento on-site, já que pode fornecer informações visuais em alta resolução e em tempo real [6][10][12]. Pesquisas recentes ressaltam a eficiência no monitoramento com o uso do drone devido à velocidade e ao alcance aos locais de difícil acesso, características especialmente relevantes nos canteiros de obra [13]. Essas características contribuem para a transparência nos processos, facilitando a identificação de não conformidades, a redução de custos operacionais e a agilidade na aquisição de informações para apoiar a tomada de decisão [6][7][10].

No contexto das obras de infraestrutura, o estudo realizado por [15] apresenta os fatores que podem influenciar o desempenho do monitoramento de segurança, bem como os benefícios, incluindo o monitoramento do tráfego, a supervisão de equipamentos e uma melhor detecção de situações inseguras. Embora haja pesquisas voltadas para a inspeção de segurança na construção utilizando drones [7][10][11][14][15] elas focam predominantemente em obras de edificações, formando duas lacunas a seres exploradas. A primeira lacuna está relacionada à

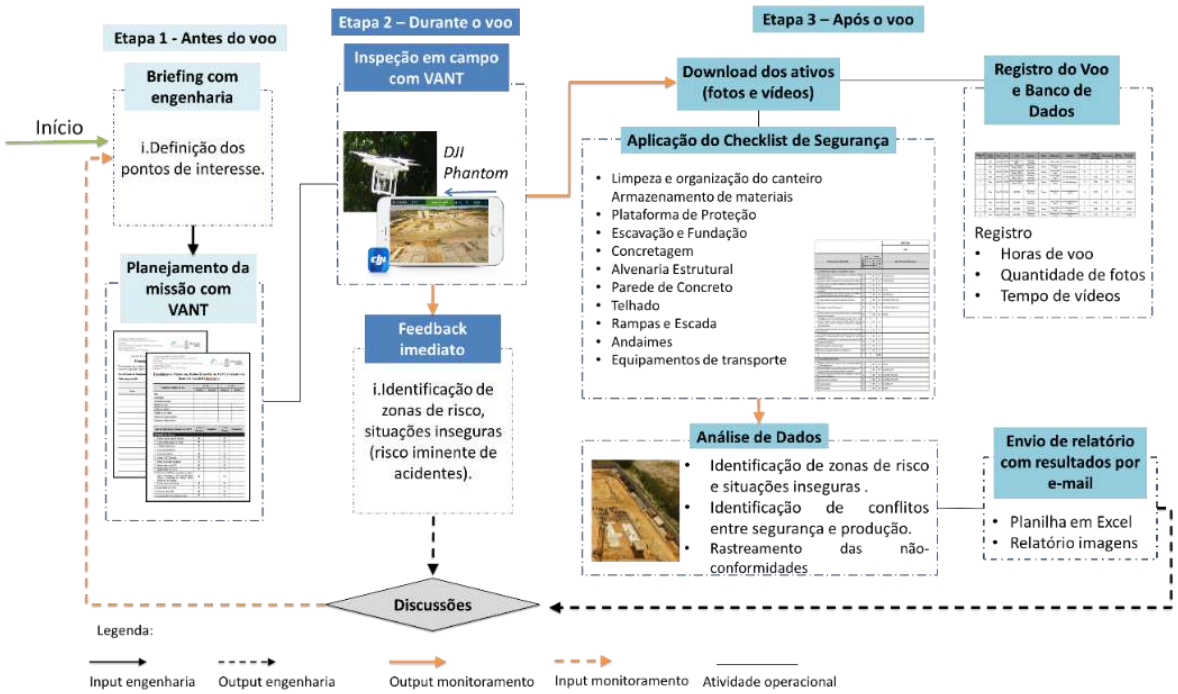
escassez de trabalhos que empregam o monitoramento de segurança com drones em obras de infraestrutura. A segunda lacuna está relacionada ao processo de implementação, dos poucos estudos existentes [8][10][11][16][17], nenhum deles traz dados da visão dos profissionais de segurança e profissionais do campo sobre as implicações da inserção dessa tecnologia ao seu ambiente de trabalho. Desse modo, o presente artigo tem como objetivo implementar o método de inspeção de segurança com drone (Smart Inspecs) em canteiros de obras de infraestrutura, visando identificar pontos positivos e desafios, apresentando a percepção dos técnicos de segurança e líderes de campo.

REVISÃO DA LITERATURA

Estudos aplicados evidenciam que o drone fornece informações confiáveis para a verificação de requisitos normativos de segurança, capaz de dar suporte ao processo de inspeção de segurança [6][7][12][13]. Em vista disso, o estudo proposto por [10] avança na digitalização do processo de inspeção e proposição de protocolo para coleta e análise de dados, denominado Smart Inspecs. O Smart Inspecs tem como objetivo oferecer uma plataforma utilizando o drone para apoiar o preenchimento de checklist digital a fim de tornar o processo de inspeção mais célere e consequentemente dar suporte a tomada de decisão em tempo hábil.

O método de inspeção proposto por [10] envolve o planejamento de missões com drone, coleta de dados semanais com aplicação de checklist de segurança, envio de relatório e discussão com técnico de segurança, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Protocolo de inspeção de segurança com drone (Smart Inspecs)



Fonte: [10].

Tendo como fundamento o estudo de [10], a pesquisa realizada por [18] avança no processo de digitalização, melhorando o fluxo de informação e reduzindo o tempo de

inspeção. Sob a perspectiva de gestão, [11] avança no uso do Smart Inspecs com a proposição de práticas para incorporação das informações no planejamento e controle da segurança (PCS), contribuindo para a melhoria do sistema de gestão visual e processo de aprendizagem.

No contexto da infraestrutura, o estudo desenvolvido por [8] buscou integrar drone e Inteligência Artificial (IA) para monitoramento de segurança durante a construção de estradas, avançando também na proposição de protocolos de coleta de imagens, definição de alguns aspectos a serem monitorados, como sinalização de segurança e guarda-corpos e uso de aprendizagem profunda para detecção e rastreamento dos elementos. Entretanto, o referido estudo não discute o processo de integração e, apesar de usar aprendizagem, profunda foca apenas em alguns elementos de segurança.

Em vista dos poucos estudos na área de inspeção de segurança em obras infraestrutura [8][9][16][17], a necessidade de avanços nos métodos de inspeção de segurança é emergente. Portanto, identifica-se o potencial do método Smart Inspecs para obras de infraestrutura visando sua generalização.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adotou o estudo de caso como método de pesquisa, uma vez que visa compreender fenômenos sociais [19]. O delineamento da pesquisa envolve as seguintes etapas: (i) Escolha das obras para execução do piloto, (ii) adequação dos protocolos de inspeção para obra de infraestrutura, (iii) inspeções em campo com uso de drone, (iv) análise e processamento das imagens, (v) avaliação do estudo piloto.

O estudo foi realizado em duas obras de infraestrutura cujas características estão apresentadas no Quadro 1, no período de setembro a novembro de 2023. As obras foram escolhidas devido pela sua natureza construtiva, uma vez que não existem estudos aplicados com o uso de drones em obras de infraestrutura. Além disso, foram adotados os critérios: existência de sistema de gestão da segurança implementado, a existência de rotinas de inspeção em campo e o interesse dos gestores e técnicos em aplicar uma nova tecnologia. Este estudo fez parte de um projeto de pesquisa realizado em parceria com a construtora responsável pela execução das obras.

Quadro 1: Características das obras

Obra	Descrição do Projeto
A	- Obra de infraestrutura para implantação do sistema viário do novo complexo metrô rodoviário - Extensão de 6,6 km - Prazo de execução: 12 meses - Quantidade de trabalhadores no pico de obra: 262
B	- Obra de infraestrutura de um corredor de BRT (Bus Rapid Transit) - Extensão de 7 km - Prazo de Execução: 29 meses - Quantidade de trabalhadores no pico de obra: 350

Fonte: os autores.

A etapa inicial envolveu a escolha das obras e compreensão das rotinas de monitoramento do canteiro realizados pelas equipes, visando assim definir a periodicidade de inspeção com drone e processos construtivos a serem inspecionados.

A segunda etapa envolveu a adaptação do protocolo de inspeção da segurança [10] para a realidade das obras de infraestrutura. A principal alteração realizada foi criação de uma nova forma de priorização dos riscos. Esta pesquisa optou pela adoção da NR28 – Penalidades e Infrações [20], cujo objetivo é definir o grau de infração dos itens avaliados pelas normas regulamentadoras. Além disso, foram adicionados três novos status: não observado, parcialmente conforme e ponto de melhoria. Não foi necessário realizar alterações no checklist, uma vez que a norma técnica usada foi a NR 18 – Segurança e saúde do trabalho na indústria da construção. Quadro 2 apresenta com detalhe a metodologia adaptada para o processo de inspeção.

Quadro 2: Metodologia adotada tendo como referência o grau de infração (NR-28- Fiscalização e penalidades)

Grau de Infração (NR-28)	Grau de priorização	Ações recomendadas
4	Ação imediata (Emergente)	Requer ações corretivas ou preventivas imediatas. Adotar a descontinuidade do serviço até que as medidas de controle para eliminação ou mitigação do risco sejam aplicadas.
3	Urgente	Requer ações corretivas ou preventivas a curto prazo, visando a redução ou eliminação dos riscos de acidentes.
2	Pouco urgente	Requer ações corretivas e preventivas a médio prazo visando a redução ou eliminação dos riscos de acidentes.
1	Não Urgente	Requer ações dentro do princípio de melhoria contínua para a manutenção das condições de segurança.

Fonte: Os autores.

Quanto ao checklist, já utilizado em obras residenciais, não foi necessário fazer adequações, uma vez que a NR 18 - Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção [21] não faz distinção entre os tipos de obra. No entanto, considerando os processos usados nas obras de infraestrutura, as categorias predominantes foram: organização do canteiro e sinalização; escadas, rampas e passarelas; medidas de proteção contra queda em altura; escavação e fundação; estrutura de concreto armado; máquinas automotriz/autopropelida; gruas e guindastes; e andaimes e plataforma de trabalho.

Ao total foram realizadas 11 inspeções em cada obra, sendo que a obra A era composta por quatro frentes de trabalho em locais diferentes. Os relatórios de inspeção incluíram a identificação de não conformidades, mapeamento de recorrência, cálculo do indicador de conformidade, conforme o protocolo desenvolvido por [10]. Foram adicionados registro de boas práticas e pontos de melhorias visando fomentar o aprendizado com os itens positivos [22]. O Quadro 3 apresenta o *flight log* com a síntese dos dados de voos para os dois estudos.

Quadro 3: *Flight Log* com os dados das Obras A e B

Obra	Qtd.de voos	Qtd. de fotos	Distância total percorrida (m)	Média de distância percorrida (m)	Altitude máxima (m)	Altitude média (m)	Duração total
A	29	2.394	24.929	860	101	39	05h23min
B	12	1.447	16.338	1.361	49	31	02h47min
Total	**41**	**3.841**	**41.267**	**2.221**	**--**	**--**	**08h10min**

Fonte: os autores.

AVALIAÇÃO DO ESTUDO PILOTO

A etapa de avaliação envolveu a aplicação de questionário on-line, cujo objetivo foi avaliar a percepção dos profissionais em relação ao uso do drone para inspeção de segurança, bem como os benefícios e barreiras para a sua implementação no sistema de gestão da segurança. A avaliação foi baseada no constructo Utilidade, uma vez que buscou-se avaliar se a solução proposta proporcionou alguma melhoria [22].

O questionário incluiu dez perguntas, sendo seis abertas e quatro fechadas, utilizando a escala Likert (1 – discordo totalmente a 5 – concordo totalmente). No total, 36 respondentes participaram da pesquisa, dos quais, 58% eram da obra A e 42% da obra B. Dentre os participantes, 24 eram profissionais do campo (encarregado, mestre de obra e líder de equipe), cinco eram membros da equipe de engenharia (gerente de obra, gerente de produção e Engenheiros) e sete pertenciam à equipe de segurança (engenheiro de segurança, técnicos de segurança e técnicos de meio ambiente).

A partir das respostas obtidas, foi possível analisar a percepção da equipe sobre a influência das inspeções de segurança nas tomadas de decisão no canteiro de obras, os benefícios percebidos do uso de drones nessas inspeções. Bem como, sugestões para melhorias, desafios enfrentados, e a aceitação geral da equipe em relação ao uso de drones para inspeções de segurança.

Além da avaliação de percepção, foi realizado um seminário de apresentação e discussão dos resultados que contou com cerca de 12 pessoas das obras estudadas e da matriz.

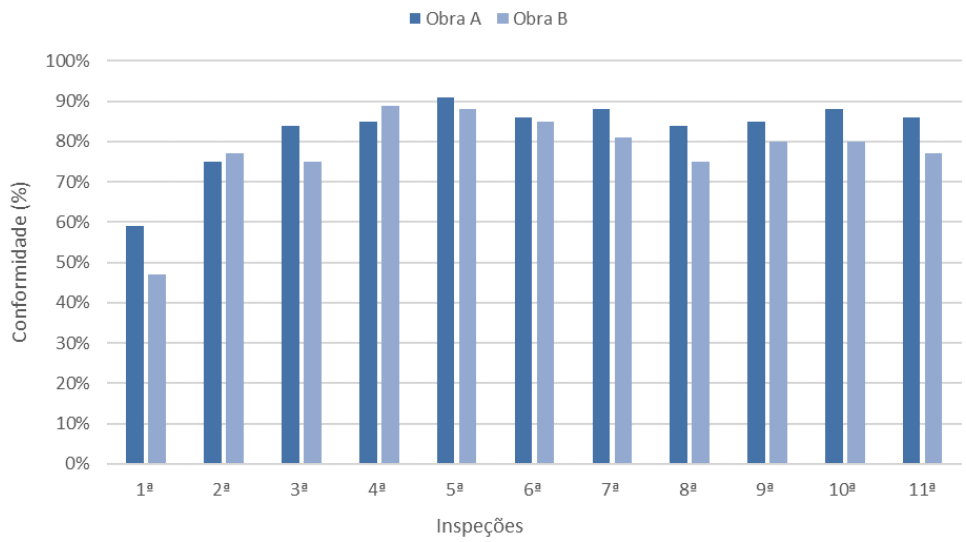
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa seção apresenta os resultados das inspeções em campo com uso de drone, incluindo a análise de desempenho e a avaliação dos estudos piloto.

ANÁLISE DE CONFORMIDADE DE SEGURANÇA

A Figura 2 apresenta o índice de conformidade de segurança calculado com base na inspeção de segurança com drone.

Figura 2: Gráfico dos índices de conformidade de segurança das obras A e B



Fonte: os autores.

Os dados mostram que a obra A foi mais proativa na manutenção das condições de segurança, segundo os padrões normativos, mantendo o índice de conformidade acima de 80% na maioria das inspeções. Esse estado de prontidão foi observado durante o estudo, no qual a equipe da obra A apresentou um maior engajamento na manutenção das frentes de trabalhos, mesmo sendo frentes de serviço mais complexas, com um tempo menor de entrega, e com uma maior quantidade de atividades sendo executadas simultaneamente.

O Quadro 4 apresenta os cinco requisitos de maior recorrência nas duas obras durante o estudo piloto.

Quadro 4: Principais recorrências

Nº	Item Normativo	Descrição do requisito de segurança	Recorrência	
			Obra A	Obra B
1	NR18.16.18	Existe tapumes ou barreiras ao longo do perímetro da construção de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas.	11	11
2	NR18.16.15	O canteiro de obras apresenta-se organizado, limpo e desimpedido, notadamente nas vias de circulação, passagens e escadarias.	9	9
3	NR18.9.4.2d	**Guarda-corpo:** A proteção, quando constituída de sistema de guarda-corpo e rodapé possui vãos entre travessas preenchidos com tela ou outro dispositivo que garanta o fechamento seguro da abertura.	6	8
4	NR18.7.2.2	As áreas de escavação, fundação e desmonte de rochas, quando houver riscos, possuem barreira de isolamento em todo o seu perímetro, de modo a impedir a entrada de veículos e pessoas não autorizadas.	6	6
5	NR18.13.1e	**Sinalização:** As áreas de movimentação e transporte de materiais encontram-se isoladas e sinalizadas.	6	4

Fonte: Os autores.

Todos os itens (Quadro 4) foram classificados com grau de priorização igual a três, urgente, indicando a necessidade de ações corretivas e preventivas a curto prazo. Estes foram sinalizados para a Construtora A através do relatório entregue semanalmente para a equipe. Entretanto, alguns itens mantiveram-se recorrentes ao longo das semanas. Apesar da obrigatoriedade em atender as diretrizes da NR 18, os resultados destacam que devido à extensão dos canteiros de obra e à localização frequente em centros urbanos, as obras de infraestrutura, na maioria das vezes, enfrentam dificuldades em realizar o fechamento com tapumes das frentes de trabalho (Item 1). Infelizmente, essa não conformidade acaba favorecendo o acesso de pessoas não envolvidas na obra e, consequentemente, aumentando a probabilidade de acidentes (Figura 3).

Outro requisito que merece destaque, é a limpeza e organização do canteiro (Item 2), sendo que muitas vezes a mesma situação era sinalizada semanalmente e permanecia inalterada ao longo das semanas. Este era um desafio constante da Construtora A, devido a inúmeras frentes de trabalho com diferentes equipes executando processos distintos. Os sistemas de proteção contra queda foram um ponto de preocupação, uma vez que existe um maior risco associado. Em relação ao guarda-corpo, foi perceptível uma melhoria nas instalações ao longo das semanas, principalmente na Obra A (Item 3).

Figura 3: Exemplo da falta de tapumes ou barreiras ao longo do perímetro da construção de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas.



Fonte: os autores.

Ambas as obras possuíam escavações, mas na maioria dos casos, estas não se encontravam isoladas em todo o seu perímetro, o que poderia resultar em acidentes (Item 4) (Figura 4). A ausência de sinalização foi um problema frequente durante a obra, abrangendo desde a falta de indicação para o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e para áreas de risco até a sinalização para movimentação e transporte de materiais (Item 5). Ao longo das semanas, houve uma melhoria em alguns trechos das obras, impulsionada principalmente pelos líderes de campo (Obra A). Contudo, constatou-se que em obras de infraestrutura, a falta de sinalização, aliada à ausência de isolamentos e barreiras físicas, torna o cenário ainda mais complexo, dificultando a atuação dos profissionais de segurança em assegurar a integridade física dos trabalhadores e transeuntes.

Figura 4: Isolamento e sinalização insuficiente das áreas de escavação



Fonte: os autores.

AVALIAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Em relação à avaliação do impacto das inspeções de segurança com drones na eficiência e na qualidade das verificações de segurança, dos 36 respondentes, 97% classificaram o estudo com impacto alto (11 respostas) ou muito alto (14 respostas). Comparativamente aos métodos tradicionais, 52% dos respondentes consideraram as inspeções com drones mais eficazes. Quanto aos relatórios disponibilizados semanalmente para a empresa, 94% dos entrevistados os consideraram de utilidade alta (15 respostas) ou muito alta (19 respostas).

Quando questionados sobre a influência das inspeções de segurança com drone nas tomadas de decisões no canteiro de obras, os respondentes destacaram a agilidade no

processo de inspeção, identificação dos pontos que necessitam de intervenção, aumento da colaboração da equipe de produção e aumento da transparência das informações, além do tratamento mais rápido dos desvios identificados. Os profissionais também destacaram que houve uma melhoria no uso dos Equipamentos de Proteção Individual e organização das frentes de trabalho, com foco na melhoria contínua.

Alguns benefícios identificados pela equipe incluem: identificação de desvios em pontos cegos na área de serviço por meio da vista aérea (16 respostas), agilidade na identificação e tratamento de desvios com alto potencial de provocar acidentes (6 respostas), aumento do envolvimento da equipe de produção na resolução das não conformidades, diminuição das não conformidades no campo e aumento de boas práticas. Além disso, houve melhoria nas condições de segurança, organização e limpeza no canteiro, aumento da consciência dos técnicos de segurança em relação às atividades e segurança dos funcionários, e o uso do drone como uma ferramenta complementar para identificação de áreas de risco, uso de EPI e sinalização.

A equipe sugeriu várias melhorias para tornar as inspeções de segurança com drones mais eficazes, incluindo: aumentar a periodicidade das inspeções (10 respostas), incluir toda a equipe e ampliar a divulgação dos resultados dentro da empresa (4 respostas) e integrar mais a segurança e a produção para ação imediata (2 respostas).

Na avaliação geral da equipe sobre o uso de drones para inspeções de segurança, 17 respondentes expressaram uma visão positiva, enquanto oito consideraram satisfatória essa abordagem e cinco consideraram razoável. Os entrevistados observaram que as equipes se tornaram mais motivadas e seguras com essa implementação. Apenas quatro respondentes ainda não tinham uma opinião definida e dois destacaram a necessidade de um período de adaptação dos colaboradores à nova tecnologia, apesar de acreditar ser positiva a longo prazo.

DISCUSSÃO

Em relação aos estudos realizados por [10][11][14], o presente estudo avança ao trazer resultados de uma obra de infraestrutura, expondo os principais desafios enfrentados pelos gestores ao mesmo tempo que reafirma os gargalos vivenciados pela gestão da segurança na construção, independentemente do tipo de obra. No que se refere ao método Smart Inspecs, os resultados corroboram com estudos anteriores [10][11][14] quanto à agilidade para a identificação dos desvios e proposição de ações corretivas mais assertivas.

Em comparação com as obras de edificações, os estudos realizados por [10][14] mostraram que o principal item de não conformidade nas obras estava relacionado às condições gerais de limpeza, como organização e manutenção da limpeza, requisitos também destacados em obras de infraestrutura. Isso indica a dificuldade de realizar o descarte dos entulhos no ritmo necessário para acompanhar as atividades da obra, ou mesmo a falta de priorização na manutenção da limpeza. Além disso, [10] também destacam a dificuldade de manter as sinalizações e isolamentos das atividades,

especialmente nas atividades de escavação. Este foi um requisito recorrente nas obras de infraestrutura, que implicou em um maior risco de acidente devido à ausência de tapumes e fácil acesso de transeuntes e pessoas não envolvidas nas atividades.

Ao contrário do observado por [10], o uso de EPI apresentou uma menor recorrência, o que pode ser justificado pela cultura de segurança implementada na empresa. Entretanto, os equipamentos de proteção coletiva (EPCs) foram um problema recorrente, corroborando com [10][14], indicando o descuido das equipes em manter os EPCs funcionando adequadamente, apesar de queda de altura ser uma das principais causas de acidentes na construção.

Ao comparar o presente estudo com o proposto por [8], o trabalho mais completo encontrado na área de infraestrutura, o método Smart Inspecs oferece uma visão ampla das condições de segurança, abordando diversos elementos e requisitos normativos de forma mais aprofundada. Embora o trabalho proposto por [8] apresente um avanço no uso da IA, ele oferece uma visão restrita, incluindo uma quantidade bem menor de itens avaliados. Outro diferencial refere-se ao processo de integração, diferente dos demais trabalhos [8][9][16][17], a plataforma Smart Inspecs pode ser compreendida como uma ferramenta gerencial aplicada à gestão da segurança, envolvendo rotinas de feedback, tomada de decisão em conjunto entre produção e segurança e disseminação para trabalhadores e gerência. De modo geral, o estudo comprova que em obras de infraestrutura o uso do drone se torna ainda mais necessários devido à complexidade dos projetos e maior extensão dos canteiros de obras.

CONCLUSÕES

Este artigo apresenta a implementação da metodologia de inspeção de segurança com drone em dois estudos de caso em canteiros de obras de infraestrutura. A principal contribuição desta pesquisa é a adaptação do método de inspeção de segurança com drones, inicialmente concebido para obras verticais. Os resultados obtidos e a avaliação de percepções dos profissionais a respeito da inserção dessa tecnologia no contexto de obras de infraestrutura mostram a implementação bem-sucedida em duas obras horizontais, corroborando para a generalização do método em diferentes contextos, da mesma natureza. Os resultados destacam os desafios enfrentados no monitoramento das condições de trabalho em obras de infraestrutura, particularmente devido à complexidade e dinamismo dos canteiros de obra, à presença de várias equipes e máquinas operando simultaneamente e à dificuldade de isolar as frentes de trabalho em áreas urbanas densamente povoadas.

Como benefícios, à capacidade de visualização do canteiro trazida pelo drone, a agilidade da inspeção e a possibilidade de tratar irregularidades com maior rapidez, foram outros dos principais pontos salientados. Para trabalhos futuros, sugere-se a integração do método de inspeção com drone com outras tecnologias visuais, como câmera estacionárias, câmera 360 e Inteligência Artificial.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsas e à construtora parceira, EGTC, pelo suporte financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

[1] PEINADO, H. S.; MELO, R. R. S.; SANTOS, M. C. F.; COSTA, D. B. **Potential Application of Deep Learning and UAS for Guardrail Safety Inspection.** 26 jun, 2023.Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/2087>.

[2] SILVA, E. N. DA; MELLO, L. C. B. DE B. Proposal of a management system integrating the principles of lean construction (Lean Construction) to the aspects of quality, safety, environment and occupational health management, with the focus on small civil construction companies. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 79384–79414, 11 ago. 2021.

[3] PEINADO, H. S. **Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil**. São Carlos, SP, Editora Scienza, 432 p., 2019. ISBN: 978-85-5953-048-3.

[4] Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: AEAT 2022 / Ministério da Fazenda ... [et al.]. – Vol. 1 (2009) –. – Brasília: MF, 2022. 996 p.

[5] SHRESTHA, P.; YFANTIS, E.; SHRESTHA, K. **Construction safety visualization**. University of Nevada, Las Vegas (UNLV), 89154, U.S.A. 2011.

[6] IRIZARRY, J.; GHEISARI, M.; WALKER, B. N. Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 17, 2012.

[7] MELO, R. R. S.; COSTA, D. B.; ÁLVARES, J. S.; IRIZARRY, J. Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites. **Safety Science**, v. 98, p.174-185, 2017.

[8] ZHU, C.; ZHU, J.; BU, T.; GAO, X. Monitoring and Identification of Road Construction Safety Factors via UAV. **Sensors**, v. 22, n. 22, 2022.

[9] KIM, S.; IRIZARRY, J. Exploratory study of user-perceived effectiveness of unmanned aircraft system (UAS) integration in visual inspections of transportation agency. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 5, n. 3, 1 dez. 2020.

[10] REY, R. O.; MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. Design and implementation of a computerized safety inspection system for construction sites using UAS and digital checklists – Smart Inspecs. **Safety Science**, v. 143, 1 nov. 2021.

[11] LIMA, M. I. S. C.; COSTA, D. B. Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao planejamento e controle da segurança de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 213-231, jan./mar. 2023.

[12] GHEISARI, M.; ESMAEILI, B. Applications and requirements of unmanned aerial systems (UASs) for construction safety. **Safety Science**, v. 118, 2019.

[13] MARTINEZ, J. G.; GHEISARI, M.; ALARCÓN, L. F. UAV integration in current construction safety planning and monitoring processes: Case study of a high-rise building construction project in Chile. **Journal of Management in Engineering**, v. 36, n. 3, p. 05020005, 2020. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000761.

[14] LIMA, M. I. S. C.; REY, R. O.; SÁ, L. V. S.; COSTA, D. B.; MELO, R. R. S.; NOGUEIRA, J. L. T.; JUNIOR, L. B. S. Plataforma Web para inspeção da segurança em canteiros de obra apoiado por VANT e dispositivos móveis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-11.

[15] KIM, S.; IRIZARRY, J. Exploratory study on factors influencing UAS performance on highway construction projects: as the case of safety monitoring systems. In: Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure, Ames, 2015.

[16] HUBBARD, B.; HUBBARD, S. Utilization of UAS data by transportation agencies: building on the experience of construction contractors. **International Journal of Construction Management**, v. 23, n. 4, p. 679-685, 2023.

[17] PAES, D.; KIM, S.; IRIZARRY J. Human factors considerations of first-person view (FPV) operation of unmanned aircraft systems (UAS) in infrastructure construction and inspection environments. *In:* 2017 CSCE Annual Conference and General Meeting, Vancouver, CAN, 2017. **Anais […]**

[18] LIMA, M. I. S. C.; REY, R. O.; SÁ, L. V. S.; COSTA, D. B.; MELO, R. R. S.; NOGUEIRA, J. L. T.; JUNIOR, L. B. S. Plataforma Web para inspeção da segurança em canteiros de obra apoiado por VANT e dispositivos móveis. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-11.

[19] YIN, R. K. **Case study research and applications (Vol. 6)**. Thousand Oaks, CA: Sage, 2018.

[20] BRASIL. Ministério da Economia – Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **Norma Regulamentadora** 28 (NR-28): Fiscalização e Penalidades. 2023.

[21] BRASIL. Ministério da Economia – Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **Norma Regulamentadora** 18 (NR-18): Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. 2022.

[22] MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision support systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.