

Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao planejamento e controle da segurança de obras

Recommendations and best practices for incorporating safety monitoring with drones into safety planning and control at construction sites

Mahara Iasmine Sampaio Cardoso Lima 
Dayana Bastos Costa 

Resumo

A utilização de drones, ou aeronaves remotamente pilotadas (RPA), para a gestão da segurança nos canteiros de obras se destaca pela redução do tempo de inspeção e melhoria na identificação de riscos. No entanto, existe uma lacuna referente ao uso efetivo das informações fornecidas com o uso dessa tecnologia no planejamento e controle de segurança (PCS). Esta pesquisa visou propor recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone para a melhoria contínua do PCS. A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, que envolveu 22 inspeções com drone e implementações de boas práticas em ciclos mensais e semanais. Essas implementações permitiram melhorar a qualidade do planejamento da segurança, aumentar a interação entre as equipes de produção e segurança, acompanhar os planos de ação para tratamento das não conformidades e disseminar os resultados das inspeções com foco nos trabalhadores por meio de painel visual e diálogo diário da segurança. Este trabalho fornece um melhor entendimento do monitoramento com drone para a gestão da segurança sob a perspectiva da melhoria contínua e para o aumento da interação entre equipes de segurança e produção e melhoria na tomada de decisão.

Palavras-chave: Drone. Planejamento e controle da segurança. Melhoria contínua. Construção civil.

Abstract

The use of unmanned aerial systems (UAS) or drones for safety management at construction sites is notable for reducing inspection time and improving risk identification. However, there are still gaps in the way of an effective use of the information provided by this technology in Safety Planning and Control (SPC). This study aimed to propose recommendations and best practices for incorporating safety monitoring with UAS for the continuous improvement of SPC. The research strategy adopted was a case study, involving 22 inspections with drones and best practice implementations in monthly and weekly cycles. This implementation improved the quality of safety planning, increased the interaction between the production and safety teams, monitored the action plans for managing non-conformities, and disseminated the results of inspections with a focus on workers through visual panels and Daily Safety Dialogues. This study provides a better understanding of safety monitoring with UAS for the continuous improvement of safety management, increasing interaction between safety and production teams, and improving decision-making.

¹Mahara Iasmine Sampaio
Cardoso Lima

¹Universidade Federal da Bahia
Salvador - BA - Brasil

²Dayana Bastos Costa

²Universidade Federal da Bahia
Salvador - BA - Brasil

Recebido em 04/10/21
Aceito em 28/05/22

Keywords: Unmanned aerial system (UAS). Safety planning and control. Continuous improvement. Construction industry.

Introdução

A evolução da obra e as modificações constantes dos fluxos de trabalho dificultam o controle da segurança no canteiro por métodos convencionais, que são, em grande parte, manuais, demorados e propensos a erros (GUO *et al.*, 2017). O controle contínuo da segurança também enfrenta desafios relacionados à necessidade de se observar visualmente todo o canteiro, ao compartilhamento de informações coletadas e à falta de prática de transformar essas informações em indicadores de desempenho para uso gerencial (ZHANG *et al.*, 2016). As limitações das práticas tradicionais podem se tornar um gargalo para tomadas de decisão rápidas e precisas nos canteiros de obras (CHENG; TEIZER, 2013). Diante dessa problemática e no atual contexto da Construção 4.0, a adoção de tecnologias digitais para monitoramento de obras pode revolucionar o processo tradicional de gerenciamento da segurança (GUO *et al.*, 2017).

Entre as tecnologias aplicadas para a gestão da segurança no canteiro, destaca-se o uso de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) (AGÊNCIA..., 2021), comumente conhecidas como drones. Uma das principais vantagens de uso dessa tecnologia é sua capacidade de inspecionar áreas de difícil acesso de forma eficiente e segura (ALBEAINO; GHEISARI; FRANZ, 2019), fornecendo documentação visual, como imagens e nuvens de pontos, e medidas reais, além de possibilitar sobrepor informações relativas ao planejado e o realizado. A utilização do drone para o monitoramento da segurança apresenta benefícios como a redução do tempo de inspeção (MELO *et al.*, 2017), melhor identificação de condições perigosas (MARTINEZ; GHEISARI; ALLARCÓN, 2020), maior transparência na tomada de decisões e geração de feedback sobre os planos e procedimentos de segurança (MELO; COSTA, 2019).

No entanto, a implementação de drones para a realização de inspeções no canteiro de obra enfrenta barreiras, tais como limitação de inspeção em ambientes internos, limitação do tempo de voo devido à capacidade da bateria, regulamentações restritivas, custos de implementação, operação e manutenção, treinamento de pessoal para operação do voo e análise de dados, riscos de ferimentos pessoais e danos à propriedade decorrente de queda do drone, e invasão de privacidade (ZHOU; GHEISARI, 2018; ALBEAINO; GHEISARI; FRANZ, 2019; MELO; COSTA, 2019; MARTINEZ; GHEISARI; ALLARCÓN, 2020). No Brasil, o Regulamento RBAC-E nº 94, da ANAC (AGÊNCIA..., 2021), estabelece que a distância do drone não poderá ser inferior a 30 m horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. Essa restrição deve ser respeitada ao realizar as inspeções de segurança com drones no canteiro, sendo uma boa prática o estabelecimento de rotinas para aviso e anuência dos trabalhadores do canteiro sobre a operação com drone durante inspeções.

A aplicação do drone pode tornar a inspeção do canteiro mais eficiente e transparente, e os produtos gerados podem ser utilizados para apoiar diferentes processos de planejamento e controle da segurança (PCS). No entanto, mudanças efetivas e a melhoria no desempenho da segurança somente são possíveis mediante o uso dessas informações para a tomada de decisão dos gestores e antecipação de riscos e situações inseguras (MELO; COSTA, 2019). Melo (2020), em seus estudos empíricos, indica que a falta de um planejamento da segurança consistente e de profissionais capacitados impactou no uso das informações do monitoramento com drone para alimentar o PCS. Portanto, as informações visuais adquiridas com o drone devem ser implementadas em conjunto com boas práticas de gestão para que sua contribuição não seja limitada a digitalizar os processos tradicionais e, conseqüentemente, não restrinja seu potencial para solucionar os problemas existentes (SIMPSON *et al.*, 2019).

Este trabalho propõe recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone visando à melhoria contínua do PCS em canteiros de obras. Como contribuições teóricas, este estudo fornece um melhor entendimento do monitoramento com drone para a gestão da segurança sob a perspectiva da melhoria contínua, bem como para o aumento da interação entre equipes de segurança e produção e melhoria na tomada de decisão. A pesquisa foi desenvolvida adotando a abordagem de estudo de caso, que envolveu 22 inspeções com drone e ciclos contínuos de implementação e avaliação de práticas para incorporação no PCS, com uso de múltiplas fontes de evidência, tais como documentos, entrevistas e observação participante para avaliação do artefato proposto.

Referencial teórico

Esta seção apresenta o referencial teórico adotado neste trabalho.

Planejamento e controle da segurança

Conforme dados disponíveis no Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho entre 2012 e 2018, foram registradas 104.646 comunicações de acidentes do trabalho (CAT) no setor da construção de edifícios. Nestas CAT, os grupos de agentes causadores mais frequentemente citados foram agentes químicos (20%), queda em

altura (17%) e máquinas e equipamentos (14%). O alto índice de acidentes no setor em âmbito mundial e especialmente no Brasil indica que garantir condições de trabalho seguras no canteiro é uma tarefa bastante desafiadora. A realização do planejamento e controle da segurança no canteiro é fundamental para reduzir esses índices de acidentes.

Neste contexto, o planejamento e o controle da segurança são essenciais. O planejamento da segurança deve ocorrer de forma colaborativa entre as equipes de produção e segurança para que as restrições sejam removidas e haja compatibilidade entre a carga de trabalho e a capacidade de produção (SAURIN; FORMOSO; GUIMARÃES, 2004). A comunicação da gerência com os trabalhadores e a transparência das informações são essenciais para melhorar a conscientização acerca da segurança com a equipe (JIANG; FHANG; ZHANG, 2014). Para isso, podem ser adotadas ferramentas visuais, visto que melhoram a eficiência na comunicação, garantem a transparência e aumentam o engajamento e a autogestão dos funcionários (GALSWORTH, 2017).

Por meio das inspeções de segurança é possível verificar o cumprimento dos requisitos normativos no local de trabalho e medir o desempenho utilizando-se indicadores de desempenho, que permitem avaliar se objetivos planejados para segurança estão sendo alcançados e identificar áreas-alvo para melhoria (KJELLÉN; ALBRECHTSEN, 2017; LINGARD *et al.*, 2019).

A preparação da inspeção inclui a compilação e a análise das informações relevantes relacionadas ao canteiro de obras, o plano de inspeção e as listas de verificação usadas como referência (DIAS, 2009). As listas de verificação utilizadas nas inspeções de segurança devem seguir um modelo para garantir uniformidade entre as inspeções e um mapeamento confiável e abrangente dos desvios. Kjellén e Albrechtsen (2017) recomendam que as listas de verificação sejam específicas da empresa e elaboradas com base nos requisitos legais e experiência da empresa com acidentes e inspeções anteriores.

Para Zhang *et al.* (2016) e Aguilar e Hewage (2013), ferramentas baseadas em tecnologia da informação podem facilitar a inspeção da segurança e melhorar o desempenho da segurança em canteiros de obras, incluindo a digitalização dos itens de segurança a serem avaliados e o uso de dispositivos móveis para facilitar a entrada de dados para processamento posterior. Lin *et al.* (2014) propuseram um protótipo de sistema de inspeção de segurança que usa dispositivos móveis para permitir que especialistas em segurança forneçam feedback imediato às equipes no local e discutam não conformidade com base em evidências consistentes para evitar ocorrências de situações semelhantes no futuro. Zhang *et al.* (2016) observaram que o sistema informatizado facilita a divulgação dos resultados das inspeções de segurança e permite aos usuários fácil acesso aos procedimentos de segurança e às medidas corretivas e preventivas.

Aplicação do drone à gestão da segurança nas obras com ênfase na melhoria contínua

Os drones são aeronaves projetadas para operar sem piloto a bordo que tenham qualquer outra finalidade que não seja recreativa (AGÊNCIA..., 2021). O avanço em sensores (câmeras, detectores de movimento, escâneres a laser), maior vida útil de bateria e recursos de navegação autônomos tornaram o drone uma ferramenta bastante confiável para aplicações na construção (ZHOU; GHEISARI, 2018).

Os estudos de casos práticos que aplicam o drone para o monitoramento da segurança têm avançado gradativamente para possibilitar a implementação dessa tecnologia nos canteiros de obras. Estudos recentes (MARTINEZ; GHEISARI; ALARCÓN, 2020; MELO, 2020) têm investigado a integração do monitoramento com drone aos processos de gestão da segurança no canteiro. Martínez, Gheisari e Alarcón (2020) fizeram a implementação do monitoramento com drone no planejamento da segurança para identificação e avaliação de riscos, e Melo (2020) propôs diretrizes para implementar o monitoramento com drone à gestão da segurança para desenvolver e aperfeiçoar os potenciais de resiliência no canteiro.

Considerando que a ISO 45001 (ABNT, 2018) adota ciclo do PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) para alcançar a melhoria contínua da gestão da segurança, buscou-se identificar na literatura as contribuições do uso do drone para a gestão da segurança sob a perspectiva do PDCA (Quadro 1). No contexto da SST, a fase do *plan* (planejamento) envolve o estabelecimento de uma política de SST, o planejamento da distribuição de recursos, o desenvolvimento de competências, a identificação de perigos e a avaliação de riscos. A etapa do *do* (execução) refere-se à implementação e à operacionalização do programa de SST. A etapa do *check* (verificação) destina-se a medir a eficácia anterior e posterior ao programa. Finalmente, a etapa do *act* (ação) fecha o ciclo com os planos de ação para tratamento de desvios e uma análise do sistema no contexto de uma melhoria contínua e do aperfeiçoamento para o ciclo seguinte (ORGANIZAÇÃO..., 2011; ABNT, 2018).

Quadro 1 - Contribuições do monitoramento com drone para gestão da segurança sob a perspectiva do PDCA

Etapa	Processo de gestão da segurança	Contribuições do drone
<i>Plan</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planejamento dos serviços a serem executados 2. Identificação e avaliação de riscos 3. Definição de requisitos de segurança e preparação de listas de verificação 4. Definição de medidas preventivas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificação de conflitos entre segurança e produção (MELO; COSTA, 2019). 2. Identificação de zonas de risco em modelos 3D (MARTINEZ; GHEISARI; ALARCÓN, 2020). 3. Antecipação das condições de risco (MELO; COSTA, 2019). 4. Atualização periódica de procedimentos e ferramentas de gestão (MELO, 2020). 5. Planejamento do leiaute do canteiro para armazenamento de materiais (MELO, 2020).
<i>Do</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conscientização e treinamento de equipe 2. Execução das medidas preventivas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demonstração das condições de trabalho atuais para conscientização dos trabalhadores (MELO; COSTA, 2019). 2. Antecipação de conflitos entre processos, que permite melhor sequenciamento de atividades (MELO; COSTA, 2019). 3. Promoção de fluxo de comunicação bidirecional (MELO, 2020). 4. Criação de um ambiente que dê suporte ao aprendizado colaborativo (MELO, 2020).
<i>Check</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoramento do canteiro 2. Identificação de atos e condições inseguras 3. Avaliação de desempenho 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoramento remoto de diferentes canteiros (ASHOUR <i>et al.</i>, 2016). 2. Identificação automatizada de veículos e equipamentos e do uso de EPI (GUO; XU; LI, 2020; GUO; NIU; LI, 2018). 3. Inspeção das condições gerais de segurança do canteiro (MELO <i>et al.</i>, 2017; ALIZADEHSALEHI <i>et al.</i>, 2018). 4. Medição do índice de conformidade de segurança (MELO; COSTA, 2019).
<i>Act</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definição de ações corretivas e preventivas após o monitoramento 2. Elaboração do relatório de segurança 3. Compartilhamento de resultados com a equipe 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoio e maior transparência na tomada de decisões dos gestores (MELO; COSTA, 2019). 2. Utilização de ativos gerados para elaboração dos relatórios de segurança (MELO; COSTA, 2019; MARTINEZ; GHEISARI; ALARCÓN, 2020). 3. Feedback em tempo hábil para os envolvidos no projeto (MELO, 2020). 4. Incentivo à tomada de decisão sob diferentes perspectivas (MELO, 2020).

Fonte: Lima, Melo e Costa (2020).

O Quadro 1 apresenta o resultado da análise da revisão sistemática da literatura (RSL) realizada pelas autoras deste artigo em Lima, Melo e Costa (2020). As buscas foram efetuadas nas bases de dados Scopus, Science Direct, Web of Science e Engineering Village. Como critérios de inclusão foram considerados todo o período registrado nas bases de dados e a combinação dos termos (unmanned aerial systems OR unmanned aerial vehicles OR UAS OR UAV OR drone) AND (safety) AND (construction site OR construction jobsite OR construction work site OR onsite construction OR construction management OR construct job sites).

Mediante a análise dos 24 artigos selecionados nesta RSL, identificou-se que a utilização das imagens, vídeos e dados gerados pelo drone tem sido focada na etapa de “check”, principalmente, para monitorar as condições de segurança do canteiro. Entre esses artigos, apenas Martinez, Gheisari e Alarcón (2020) e Melo (2020) exploraram a integração dos monitoramentos nas rotinas de gestão da segurança em estudos de caso. Esta revisão da literatura aponta a existência de lacunas relacionadas a:

- (a) falta de acompanhamento dos planos de ação para tratamento das não conformidades;
- (b) utilização das informações para o planejamento de atividades futuras; e
- (c) estratégias para integrar o monitoramento com drone às rotinas de segurança em canteiro de obras.

Método de pesquisa

Este trabalho dá continuidade a estudos anteriores do Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (Getec) (MELO *et al.*, 2017; MELO; COSTA, 2019; REY, 2020; MELO, 2020; REY; MELO; COSTA, 2021). A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, pois busca investigar um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto, na vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2018). O estudo foi dividido nas seguintes etapas, conforme a Figura 1:

- (a) preparação;
- (b) estudo exploratório;
- (c) estudo de caso; e
- (d) avaliação.

O estudo exploratório, o estudo de caso e a avaliação foram realizados na Obra A, que é uma construção de um condomínio residencial localizada na cidade de Salvador (Figura 2). O empreendimento é composto de 3 torres de 20 pavimentos cada (em parede de concreto), um edifício garagem com 5 pavimentos (em concreto pré-moldado) e áreas comuns (em alvenaria). Durante a realização do estudo foram acompanhadas as fases de fundação e de estrutura.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa

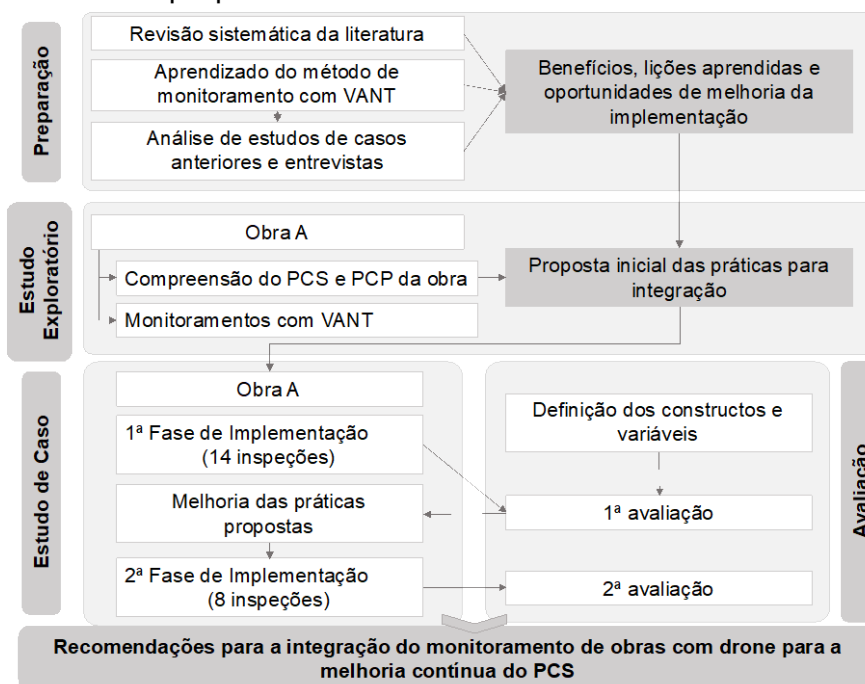


Figura 2 - Obra A: (a) Projeto do empreendimento; e (b) Canteiro no dia 05/04/2021



Preparação

Esta etapa envolveu a compreensão do problema de pesquisa a partir de uma revisão sistemática da literatura (LIMA; MELO; COSTA, 2020) e da imersão no contexto prático através do aprendizado do método de monitoramento com drone e da análise dos resultados de estudos anteriores realizados pelo Getec (MELO *et al.*, 2017; MELO; COSTA, 2019; REY, 2020, MELO, 2020; REY; MELO; COSTA, 2021). Para esta análise, foram realizadas entrevistas com oito profissionais de segurança e produção, que participaram do estudo com o objetivo de identificar os benefícios, as lições aprendidas e as oportunidades de melhoria para a implementação do monitoramento da segurança com drone em canteiros.

Estudo exploratório

Nesta etapa foi realizado um estudo exploratório na Obra A, que ocorreu de 27/01/2020 a 06/10/2020, com a observação de que, devido à pandemia de covid-19, as atividades presenciais foram suspensas entre 17/03/2020 e 24/09/2020. Portanto, as atividades presenciais foram realizadas principalmente nos meses de fevereiro e setembro de 2020. Este estudo exploratório compreendeu:

- (a) a realização de quatro monitoramentos da segurança com drone com periodicidade semanal;
- (b) a compreensão do PCS e do planejamento e controle da produção (PCP) da obra através de análise documental de protocolos e procedimentos executivos da empresa;
- (c) a observação direta em dois diálogos semanais de segurança (DSS);
- (d) a observação participante em três reuniões semanais de planejamento de curto prazo da obra; e
- (e) quatro entrevistas semiestruturadas com engenheiro de produção, auxiliar de engenharia, engenheiro de segurança e técnico de segurança.

Como resultado dessa etapa, foi elaborada a proposta inicial do artefato, que consistiu em práticas a serem implementadas na rotina da obra e seus respectivos produtos, visando à integração do monitoramento com drone ao PCS, conforme apresentado na Figura 3.

Estudo de caso

O estudo de caso foi dividido em duas fases de implementação. A primeira ocorreu de 29/09/2020 a 25/01/2021 e envolveu 14 inspeções e implementação de produtos e práticas. A segunda fase ocorreu de 03/02/2021 a 05/04/2021, com 8 inspeções e implementações. Entre essas duas fases foram realizadas entrevistas de avaliação preliminar visando ao aprimoramento do estudo. A implementação dos produtos e das práticas ocorreu conforme descrito a seguir.

Na Obra A eram realizadas reuniões mensais de planejamento da produção. Para realizar o planejamento da segurança, foram realizadas reuniões mensais com o técnico de segurança, o engenheiro de segurança, o engenheiro de produção e o encarregado. As reuniões ocorreram na primeira semana de cada mês e foram guiadas pelas metas mensais de produção. As imagens e os vídeos coletados com o drone foram utilizados para discutir os riscos existentes e as medidas necessárias para controlá-los. No total foram realizadas seis reuniões, nos dias 17/11/2020, 11/12/2020, 12/01/2020, 03/02/2021, 11/03/2021 e 06/04/2021, com duração média de 40 min. As decisões e as ações planejadas nessas reuniões eram compartilhadas por e-mail com toda a equipe de gestão, por meio de relatório (Figura 4). Os resultados mensais dos monitoramentos com drone eram compartilhados com a equipe de gestão da obra por meio de um relatório A3.

O monitoramento de segurança na Obra A foi realizado semanalmente por meio de inspeções de segurança com o drone DJI Phantom 4, que tem acoplada uma câmera Exmor 1/2.3", com 20 megapixels, que gera fotos nos formatos JPEG e DNG, e vídeos em MP4. Esse equipamento foi escolhido por ser comercial e de baixo custo de aquisição. Outros modelos e marcas de drones podem ser utilizados, desde que possibilitem a captura de imagens com qualidade. Além do drone, foi utilizado o protocolo de monitoramento desenvolvido por Melo (2020), conforme a Figura 5, e o sistema informatizado Smart Inspecc Obras (REY; MELO; COSTA, 2021), utilizado em smartphone ou tablet conectado à internet, conforme a Figura 6. O protocolo proposto por Melo (2020) inclui as etapas de planejamento da missão, coleta de dados com VANT e processamento e análise das fotos e vídeos. Para seguir esse protocolo é necessária a participação de duas pessoas:

- (a) o piloto, que é responsável pelo voo e pela avaliação das condições de segurança do canteiro de acordo com o *checklist* de segurança embarcado no Smart Inspecc Obras; e
- (b) o observador, que é responsável por preencher o *checklist* de segurança, a partir das informações dadas pelo piloto, além de acompanhamento visual do drone.

Figura 3 - Práticas e produtos propostos para integração do monitoramento de obras com drone ao PCS

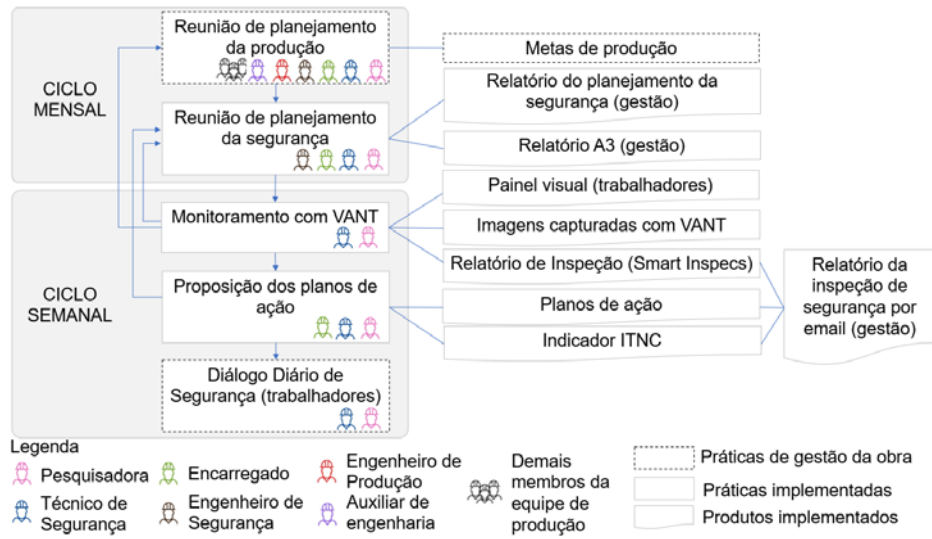


Figura 4 - Modelo de relatório de planejamento da segurança

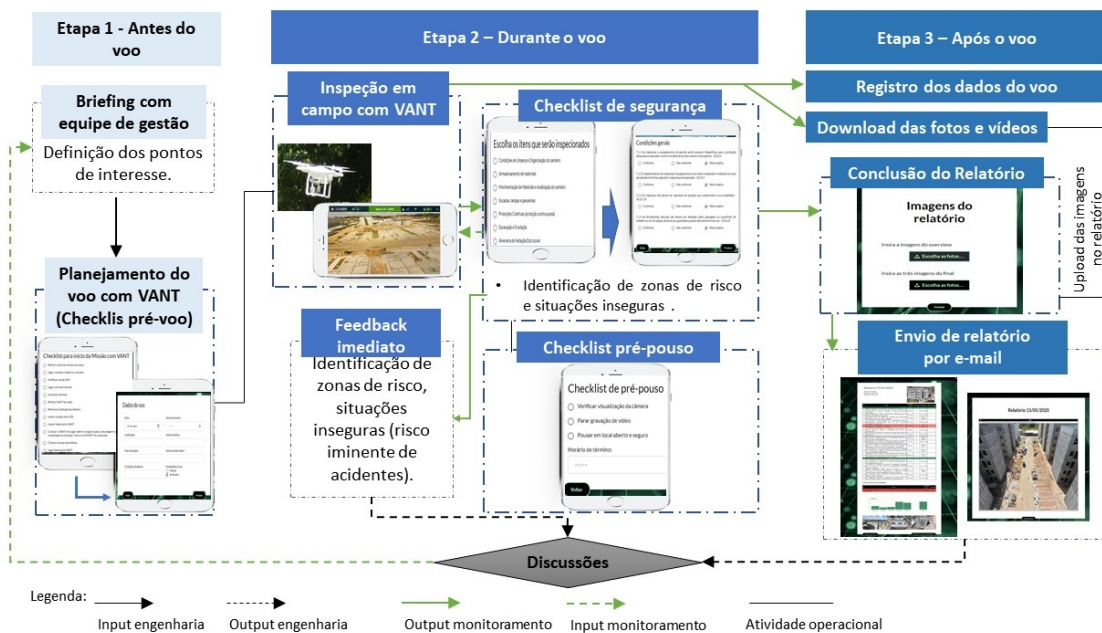
Relatório de Planejamento de Segurança – Mês/Ano

Data da reunião :
Participantes:.

Serviço	Atividade planejada	Responsável	Prazo	Status	Causa para não execução
Parede de concreto	Isolar a área da vala da CDC	Encarregado	15/mar		
	Revisão das Proteções de Vãos que chegaram	Técnico de Segurança	17/mar		
	Demarcar área de carga e descarga (entre as capelas)	Encarregado	26/mar		
	Organizar o fundo das torres 2 (madeira, pallets, resto de forma)	Encarregado	22/mar		
	Cobrar entrega dos projetos e ART das proteções dos vãos	Engenheiro de Segurança	15/mar		

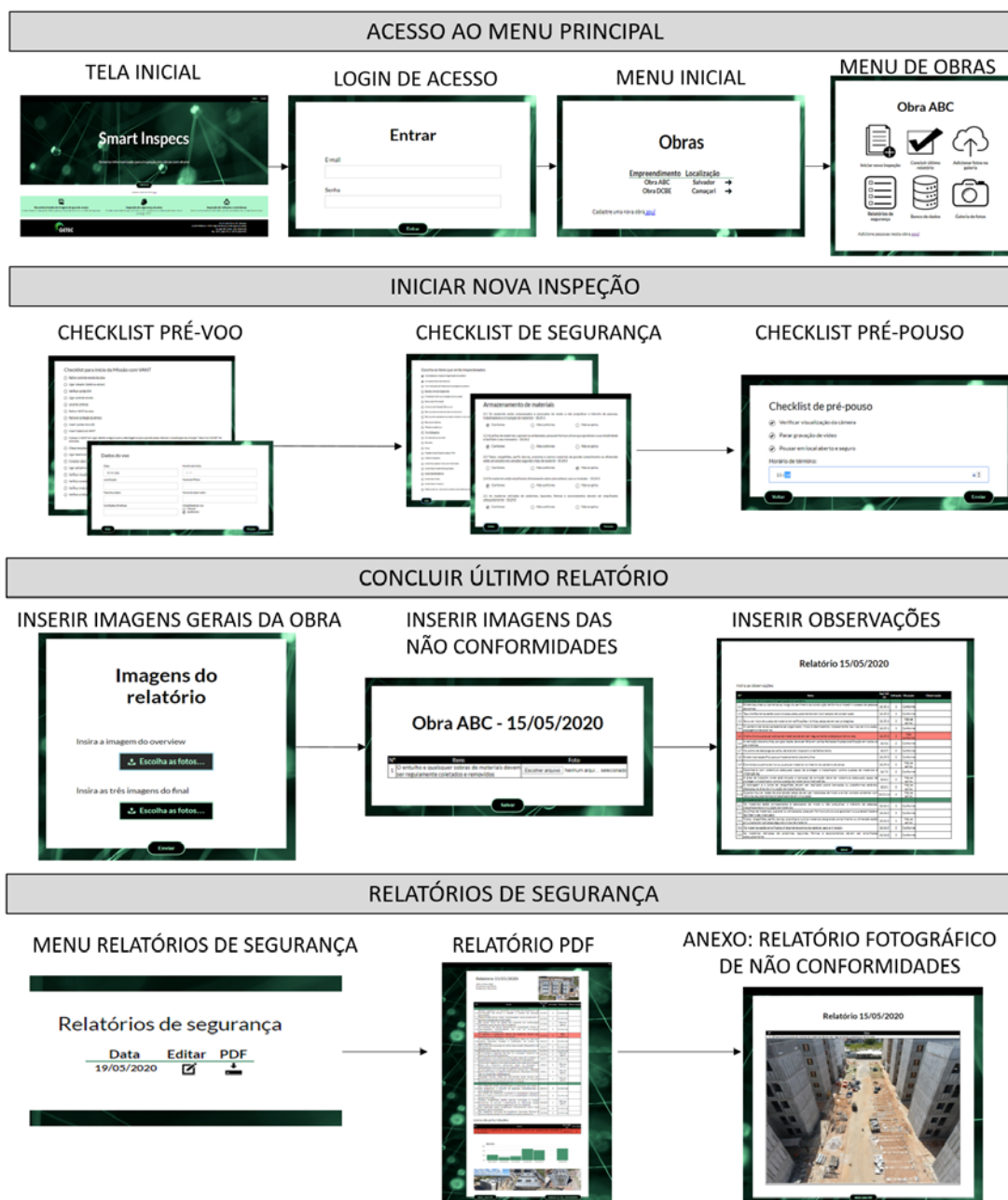
■ Prioridade Alta
 ■ Prioridade Média
 ■ Prioridade Baixa

Figura 5 - Protocolo de monitoramento da segurança com drone



Fonte: adaptada de Melo (2020).

Figura 6 - Principais interfaces e recursos do Smart Inspects Obras



O *checklist* de segurança do Smart Inspects Obras é composto de 241 itens visualizáveis com o drone, estabelecidos com base nos requisitos da NR18 (BRASIL, 2020), divididos em sete famílias:

- (a) condições de limpeza e organização do canteiro;
- (b) armazenamento de materiais;
- (c) movimentação de materiais e sinalização do canteiro;
- (d) escadas, rampas e passarelas;
- (e) proteções coletivas;
- (f) processos construtivos; e
- (g) máquinas e operação de equipamentos.

O piloto (autor principal) realizou as inspeções acompanhado de um observador (pesquisador assistente), e em 8 das 22 inspeções as inspeções foram acompanhadas pelo técnico de segurança da obra. A Tabela 1 apresenta os dados de registro dos voos realizados durante as 22 inspeções na Obra A.

Ao final do monitoramento realizado em paralelo com o Smart Inspects Obras, as imagens coletadas com o drone eram descarregadas em um notebook através de cabo USB e, em seguida, era realizado upload manual das imagens na plataforma web para compor o relatório de inspeção de segurança. A seleção das imagens é feita manualmente, conforme julgamento do inspetor, sendo carregada uma imagem por item do *checklist* que apresentou não conformidade. Esse relatório é composto pelo *checklist* de inspeção e por imagens gerais do canteiro (inclusive boas práticas) e das não conformidades identificadas, além do índice de conformidade da segurança, indicador calculado pela razão entre o total de itens não conformes e total de itens inspecionados.

Imediatamente após cada inspeção, as ações corretivas das não conformidades identificadas eram definidas em conjunto com o técnico de segurança e o encarregado. Esses planos de ação eram compartilhados com o restante da equipe por meio de planilhas, como exemplificado no Quadro 2. O controle dos planos foi realizado por meio do índice de tratamento de não conformidade (ITNC), calculado pela razão entre a soma das não conformidades tratadas e a soma das não conformidades identificadas na inspeção.

O relatório de segurança gerado pelo Smart Inspects Obras, o ITNC e os planos de ação eram compartilhados com a equipe de gestão da obra por e-mail e no grupo de WhatsApp da obra. As imagens coletadas com o drone eram compartilhadas com o engenheiro de produção ao final de cada inspeção. A comunicação dos resultados das inspeções para os trabalhadores ocorreu por meio de um painel visual (Figura 7) e dos diálogos diários de segurança (DDS).

Tabela 1 - Coleta de dados com drone na Obra A

Quant. inspeções	Quant. fotos	Distância percorrida (média)	Altitude máxima (média)	Tempo de voo (total)	Tempo de voo (média)
22	947	21.434,00 m	57,04 m	6h18min19s	0h17min12s

Quadro 2- Modelo de planilha de planos de ação para tratamento das não conformidades

Inspeção 12 (07/01/20) – Planos de ação			
Conformidade esperada	Ação planejada	Responsável	Prazo
O entulho e quaisquer sobras de materiais devem ser regulamente coletados e removidos	Limpeza da obra	Encarregado	14/jan
As escadas, rampas e passarelas são dotadas de corrimão e rodapé	Remoção da escada, pois o serviço já foi finalizado	Encarregado	08/jan
Existe sinalização de advertência na área de escavação	Correção imediata	Técnico de segurança	07/jan

Figura 7 - Painel visual



Etapa de avaliação

A etapa de avaliação envolveu a análise das contribuições das práticas implementadas para melhoria da integração do monitoramento com drone para o planejamento e controle da segurança, apresentada na Figura 3. Os três constructos, definidos com base na revisão da literatura e em estudos realizados anteriormente pelo grupo de pesquisa, foram transparência, colaboração e aprendizagem. Neste trabalho, a transparência está associada à capacidade de um processo de produção (ou de suas partes) em se comunicar com as pessoas, tornando os principais fluxos e informações visíveis e compreensíveis (FORMOSO; SANTOS; POWELL, 2002). A colaboração está associada à capacidade da equipe em tomar decisões de maneira conjunta, dividindo e gerenciando responsabilidades. O aumento da colaboração está associado ao aumento da interação e à maior comunicação entre intervenientes ligados a determinado processo (KVAN, 2000), enquanto o constructo aprendizado está associado à capacidade da organização de melhorar os padrões de trabalho por meio de pequenas melhorias graduais (KOSKELA, 1992) (Quadro 3).

Múltiplas fontes de evidências foram utilizadas para essa avaliação, incluindo:

- (a) observação direta e participante;
- (b) análise documental (relatórios de planejamento de produção, relatórios de planejamento de segurança, planos de ação, relatórios A3, relatório de inspeção de segurança e e-mails);
- (c) imagens coletadas com drone; e
- (d) entrevistas semiestruturadas.

As entrevistas semiestruturadas foram realizadas ao final de cada uma das fases de implementação com a equipe de gestão da obra e trabalhadores de campo. Os protocolos de entrevistas utilizados foram compostos de questões abertas e questões fechadas, orientadas por uma escala tipo Likert (1 – muito baixo, 2 – baixo, 3 – indiferente, 4 – alto; 5 – muito alto).

Na primeira fase de avaliação, foram entrevistados 22 trabalhadores de campo e 5 membros da equipe de gestão: engenheiro de produção, encarregado, auxiliar de engenharia, engenheiro de segurança e técnico de segurança. Na segunda fase de avaliação foram entrevistados 41 trabalhadores de campo e 8 membros da equipe de gestão, sendo incluídos 2 estagiários e o segundo encarregado. As entrevistas desta segunda fase foram realizadas para complementar as informações obtidas na primeira avaliação, havendo predominância de questões abertas para que os entrevistados pudessem explicar suas percepções quanto às contribuições percebidas.

Apresentação de resultados

Esta seção apresenta os resultados obtidos nas etapas de estudo exploratório, estudo de caso e avaliação da implementação das práticas e produtos propostos para integração do monitoramento de obras com drone ao PCS no estudo de caso.

Resultados da análise de estudos de caso anteriores

Conforme percepção dos 8 profissionais entrevistados que participaram de estudos anteriores do grupo de pesquisa, o não cumprimento dos procedimentos de segurança para atender à produção e o baixo envolvimento da equipe de produção nas atividades de segurança são as principais causas para a recorrência de não conformidades. O planejamento da segurança com base nas imagens coletadas com drone pode contribuir para a redução desses conflitos, pois permite prever problemas que surgiriam durante a execução das atividades e traçar planos de ação para evitá-los.

Quadro 3 - Constructos e variáveis de avaliação da implementação das práticas e produtos propostos para integração do monitoramento de obras com drone ao PCS no estudo de caso

Constructo	Variáveis
Transparência	- Contribuição para o compartilhamento de informações entre as equipes de produção e segurança - Contribuição para a compreensão das condições de segurança do canteiro
Colaboração	- Interação entre as equipes de produção e segurança para tomada de decisão conjunta em relação à segurança
Aprendizado	- Contribuição para a conscientização e conhecimento sobre requisitos de segurança - Evolução na implementação das práticas propostas

Entre os benefícios do monitoramento da segurança com drone percebidos pelos profissionais envolvidos nesses estudos pode-se citar a utilização das imagens para estudo dos processos produtivos, maior transparência para os gestores que não estão presentes na obra e melhoria da comunicação entre intervenientes dentro e fora da obra para tomada de decisão. Já entre as oportunidades de melhoria, destaca-se a necessidade de melhorar a interação com a equipe de campo, de utilizar as informações disponíveis para a melhoria do planejamento e de avaliar a evolução do desempenho ao longo dos monitoramentos.

Resultados do estudo exploratório e estudo de caso: desempenho da segurança com base nas práticas implementadas

Identificou-se que os aspectos de segurança discutidos nas reuniões mensais de planejamento da produção estavam principalmente relacionados à regularização de documentação para entrada de trabalhadores na obra e compra de materiais para isolamentos e proteções coletivas.

Nas reuniões mensais de planejamento da segurança, os relatórios de inspeção e as imagens do drone eram utilizadas para analisar os riscos das atividades planejadas em áreas externas, indicar locais nos quais ocorriam situações inseguras, planejar alterações de layout e planejar a logística de movimentação de máquinas e automóveis. Neste estudo ficou evidente a importância de o planejamento da segurança ser realizado colaborativamente entre as equipes de produção e segurança. A participação do engenheiro de produção e do encarregado nas reuniões mensais de planejamento da segurança permitiu sanar dúvidas quanto aos processos executivos e verificar a disponibilidade de recursos no canteiro. O monitoramento com drone teve grande utilidade para planejar e inspecionar a aplicação adequada de proteções coletivas.

A Figura 8 apresenta o desempenho de segurança da Obra A com base nos 22 monitoramentos com drone realizados. No total foram avaliados 865 itens, 810 deles classificados como “conforme” (93,6%) e 55 como “não conforme” (6,4%). Em média, foram verificados 36 requisitos de segurança por inspeção, e destes 2 a 4 eram não conformes.

Das sete famílias estabelecidas no *checklist* de segurança (condições de limpeza e organização do canteiro; armazenamento de materiais; movimentação de materiais e sinalização do canteiro; escadas, rampas e passarelas; proteções coletivas; escavação e fundação; e estrutura em parede de concreto moldado *in loco*), mais de 80% das não conformidades se concentraram em apenas quatro categorias:

- (a) condições de limpeza e organização do canteiro (27%, 15 ocorrências);
- (b) escavações e fundações (24%, 13 ocorrências);
- (c) armazenamento de materiais (16%, 9 ocorrências); e
- (d) proteções coletivas (15%, 8 ocorrências).

A limpeza e organização foi prejudicada principalmente pela coleta e remoção inadequada de peças de madeira (barrotes da forma e pallets) e restos de aço. Além disso, foi dada pouca atenção às áreas da obra nas quais havia pouca movimentação de pessoas, como no fundo do edifício-garagem e no fundo das torres. Na Obra A houve problemas com o isolamento da escavação da piscina e das valas para passagem das tubulações de gás.

Das 52 não conformidades identificadas no estudo, 12 tiveram tratamento imediato, foi realizado planejamento para correção de 36, e a gestão da obra assumiu o risco e não tomou nenhuma ação corretiva em relação a 4, pois o tempo necessário para tratamento das não conformidades teria grande impacto na produção. O monitoramento com drone possibilitou correções imediatas em situações relativas ao uso de EPI, de EPC e isolamento e sinalização de escavações. Identificou-se que as dificuldades existentes na Obra A para o tratamento das não conformidades estavam relacionadas a deficiências no planejamento, influências dos processos produtivos, dependência de setores externos à obra e falta de experiência com o processo construtivo de concreto pré-moldado (edifício-garagem).

Resultado da etapa de avaliação: avaliação das práticas e produtos propostos para integração do monitoramento de obras com drone ao PCS

Esta seção apresenta a avaliação da implementação do Smart Inspecc Obras e das propostas para integração do monitoramento com drone ao planejamento e controle da segurança. As duas fases de avaliação realizadas foram complementares e não houve diferenças importantes nas informações coletadas. Portanto, visando facilitar a compreensão dos resultados, a análise desses dados está apresentada de forma conjunta ao longo desta seção. A Tabela 2 apresenta a média dos valores atribuídos pelos 8 membros da equipe de gestão da

Obra A, conforme apresentado no Quadro 3, para avaliar os constructos transparência e colaboração, considerando o uso da escala Likert (1 – muito baixo; 2 – baixo; 3 – indiferente; 4 – alto; 5 – muito alto).

A transparência foi percebida por meio da melhoria na compreensão das condições de segurança do canteiro promovida principalmente pelos produtos da inspeção com o drone e o sistema Smart Inspects Obras, que obtiveram avaliações entre alta e muito alta pelos entrevistados (relatórios – 4,8, imagens do drone – 4,8 e ITNC – 4,5) e ferramentas de gestão visual implementados (painel visual – 4,6 e relatório A3 – 4,5). Os entrevistados destacaram a importância da contribuição das práticas e dos produtos implementados para o compartilhamento de informações entre as equipes de produção e segurança (média=4,3), visto que na obra estudada não existia a rotina de divulgar o desempenho da segurança para toda a equipe.

Figura 8 - Relatório A3 - Desempenho de segurança - Obra A

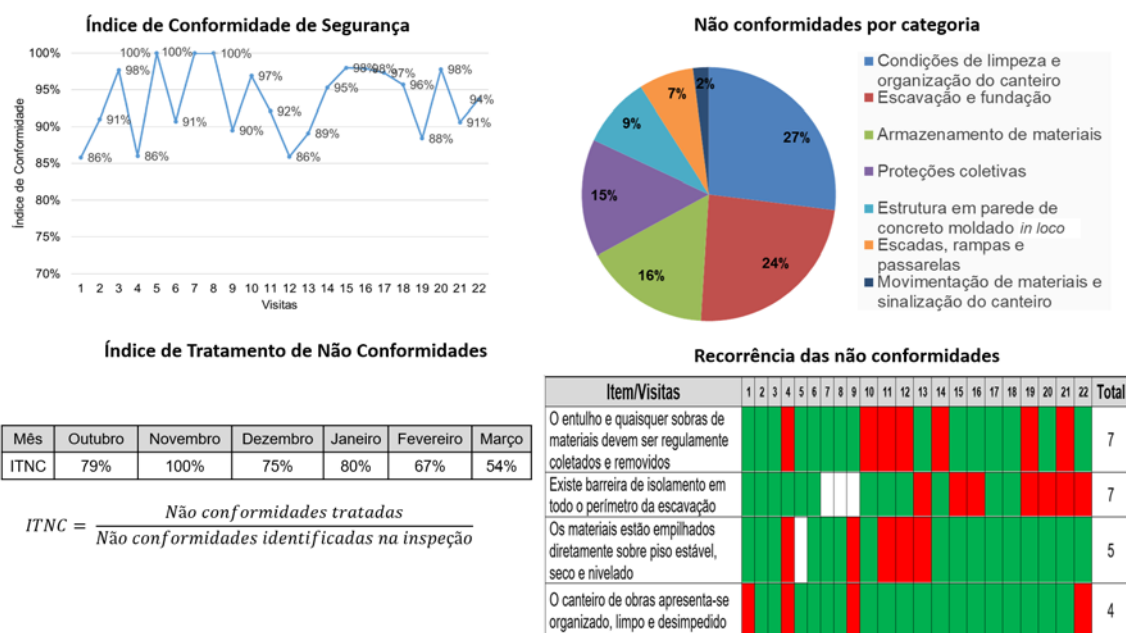


Tabela 2 - Avaliação dos constructos transparência e colaboração

Práticas e produtos implementados	Transparência		Colaboração
	Contribuição para a compreensão das condições de segurança do canteiro (média)	Contribuição para o compartilhamento de informações entre as equipes de produção e segurança (média)	Interação entre as equipes de produção e segurança para tomada de decisão conjunta (média)
Relatório de segurança (Smart Inspects)	4,8	4,1	4,5
Imagens capturadas com o drone	4,8	4,6	4,5
Índice de tratamento de não conformidades	4,6	4,4	4
Definição dos planos de ação para tratamento das não conformidades	4,2	4,4	4,5
Painel visual	4,6	4,4	3,8
Relatório A3	4,5	4,1	3,9
Reuniões mensais de planejamento da segurança	4,1	4,1	3,7
Relatório mensal de planejamento da segurança	4,1	4,1	3,8
Média	4,5	4,3	4,1

Nota: Likert: 1 - muito baixo; 2 - baixo; 3 - indiferente; 4 - alto; e 5 - muito alto.

A adoção da comunicação e da gestão visual para a gestão da segurança no dia a dia teve importante papel no presente estudo. A divulgação dos relatórios de inspeção em formato PDF por meio de aplicativos de celulares, como WhatsApp, aumentou a interação entre as equipes para a solução dos problemas. Além disso, durante as entrevistas foi relatado que a fixação dos relatórios de planejamento, do relatório A3 e dos planos de ação para tratamento das não conformidades em meio físico era importante para facilitar o acesso e lembrar o que deveria ser feito.

Na primeira fase de implementação, 95% dos trabalhadores de campo entrevistados (n=22) consideraram o local de instalação do painel visual adequado, pois estava próximo ao relógio de ponto. No entanto, apenas 68% desses entrevistados consultaram atentamente as informações disponibilizadas. Na segunda fase de implementação, apenas 45% dos 41 trabalhadores entrevistados consultaram o painel visual. Acredita-se que essa redução possa ser justificada pelo aumento de novos trabalhadores e, conseqüentemente, pouco tempo de contato destes com o estudo. A facilidade de entendimento das informações foi avaliada na segunda fase de entrevistas com os 20 trabalhadores que acessaram o painel (Tabela 3). As “não conformidades da semana” foram informações alta ou muito altamente compreendidas (75%) e para as quais era despendida maior atenção pelos trabalhadores de campo. As “boas práticas” não foram facilmente entendidas (50% dos trabalhadores consideraram baixo ou muito baixo). Acredita-se que a nomenclatura dada dificultou a compreensão do conceito. Alguns trabalhadores relataram dificuldade em entender algumas fotos por estarem em preto e branco.

Em relação a estudos realizados anteriormente pelo Getec, a criação de rotinas semanais e mensais envolvendo as equipes de produção e segurança promoveu maior colaboração por meio da interação entre as equipes de produção e segurança para tomada de decisão conjunta (média de 4,1). Os relatórios de inspeção, imagens do drone e definição dos planos de ação para o tratamento das não conformidades foram as práticas e os produtos que mais contribuíram para essa interação, com média de 4,5. A contribuição das reuniões mensais de planejamento da segurança e seus respectivos relatórios tiveram avaliações médias entre indiferente e alta (médias 3,7 e 3,8), pois os entrevistados consideram que essas reuniões deveriam ter ocorrido com a presença de toda a equipe de gestão da produção, não apenas do engenheiro e do encarregado. As avaliações do painel visual (3,8) e do relatório A3 (3,9) também foram mais rigorosas, pois os entrevistados acreditam que essas ferramentas se limitaram a comunicar resultados, ou seja, não promoveram interação entre as pessoas. Portanto, torna-se necessário promover estratégias para estimular a equipe de gestão a discutir as informações apresentadas.

Conforme os relatos das entrevistas e observações realizadas, houve melhoria significativa na participação dos encarregados nas definições de segurança. O bom relacionamento entre a equipe de produção, de segurança e a pesquisadora foi apontado como fator importante para o sucesso da colaboração na obra.

Em relação ao aprendizado, a contribuição para a conscientização e conhecimento sobre os requisitos de segurança foi principalmente destacada pelos estagiários e pelo auxiliar de engenharia. Na primeira avaliação, 69% dos trabalhadores de campo entrevistados indicaram que aprenderam algo novo sobre os requisitos de segurança com o painel visual. No entanto, na segunda avaliação, 83% dos trabalhadores de campo entrevistados indicaram que já tinham conhecimento sobre esses requisitos.

Quanto à evolução na implementação das práticas propostas, os entrevistados indicaram que houve melhoria contínua ao longo do estudo, tendo destacado maior engajamento da produção, amadurecimento na utilização das informações recebidas para tomadas de ação, maior celeridade na solução de problemas e maior compreensão de como cumprir os requisitos de segurança. O aprendizado obtido ao longo dos ciclos mensais permitiu realizar reuniões de planejamento da segurança mais assertivas, com discussões mais objetivas e definições de prazos mais realistas.

Tabela 3 - Facilidade de compreensão das informações presentes no painel visual pelos trabalhadores (n=20) - Segunda fase de entrevistas

Informação	Muito baixo	Baixo	Indiferente	Alto	Muito alto
Nota da inspeção	25%	-	-	30%	45%
Gráfico de evolução do índice de conformidade	40%	-	-	15%	45%
Boas práticas	40%	10%	-	15%	35%
Não conformidades da semana	25%	-	-	20%	55%
Ações corretivas (antes x depois)	20%	25%	-	-	55%

Ao avaliar as lições aprendidas, os entrevistados da equipe de gestão destacaram a promoção das reuniões mensais para a realização do planejamento da segurança em conjunto com a produção. Também foi citado o desenvolvimento da capacidade de antecipação e de avaliação de riscos. Segundo a percepção de 77% dos trabalhadores de campo entrevistados, as inspeções com drone tiveram um impacto muito alto na melhoria das condições de segurança da obra. As principais melhorias percebidas foram com relação à organização, à limpeza e à sinalização do canteiro, e ao descarte adequado de resíduos. Para aumentar o aprendizado, foi indicado que o relatório A3 pode ser mais bem explorado nas reuniões de planejamento e que o ITNC pode ser integrado ao sistema de indicadores da empresa para ser realizada a análise de como os resultados desses diferentes indicadores se relacionam.

Discussão dos resultados

A partir dos resultados obtidos, tem-se que a primeira contribuição deste estudo se refere ao melhor entendimento do monitoramento com drone para a gestão da segurança sob a perspectiva da melhoria contínua através do PDCA – *Plan, Do, Check e Act*.

Para a etapa “*plan*”, a implementação das reuniões mensais de planejamento da segurança no presente estudo trouxe avanços, pois criou uma rotina de planejamento e contribuiu para a melhoria da qualidade dos planos de segurança, que se tornaram mais objetivos, direcionados às atividades críticas e com prazos mais realistas. Além disso, o maior envolvimento do encarregado nas atividades de PCS da obra apresentou-se como um importante avanço gerencial deste trabalho.

Em Melo *et al.* (2017), Melo e Costa (2019), Martinez, Gheisari e Alarcón (2020) e Rey, Melo e Costa (2021), as discussões dos resultados do estudo com drone eram restritas à equipe de gestão da obra. Nesse sentido, na etapa “*do*” a principal contribuição foi a promoção da conscientização e do treinamento da equipe de campo com o uso do painel visual e das discussões realizadas nos DDS. Além disso, foram realizados o acompanhamento do cumprimento das ações planejadas e a implementação dos relatórios A3 para a equipe de gestão analisar o avanço no desempenho de segurança da obra.

Na etapa “*check*”, as contribuições ao método de monitoramento do canteiro e a identificação de condições inseguras foram incrementais, com destaque para o uso e aperfeiçoamento da plataforma web Smart Inspecc Obras. A principal evolução foi quanto ao tempo necessário para análise das imagens e geração do relatório, já que o tempo de voo com drone para inspeção da segurança tem sido em média de 20 min. Sem utilizar o Smart Inspecc Obras, Melo *et al.* (2017) realizavam o preenchimento do *checklist*, a análise das imagens e a elaboração do relatório manualmente, em cerca de 180 min para cada inspeção. Com o Smart Inspecc Obras, o *checklist* de inspeção passou a ser preenchido durante o voo. Rey, Melo e Costa (2021) utilizaram o protótipo do sistema, e o tempo para finalização do relatório de inspeção era em torno 30 min. No presente estudo, já com a versão final do Smart Inspecc Obras, o tempo para coleta de imagens com o drone e preenchimento do relatório foi em média de 20 min, o tempo para análise e *upload* das imagens foi em média de 15 min, e a entrega do relatório por e-mail foi de 5 min, totalizando o tempo de 40 min por inspeção, ou seja, houve redução de 78% do tempo necessário para a realização da inspeção, o processamento dos dados e a entrega do relatório quando comparado à proposta inicial (MELO *et al.*, 2017).

Outra contribuição para a etapa “*check*” foi a implementação do ITNC. Nenhum dos estudos anteriores que aplicaram o drone para o monitoramento da segurança no canteiro (MELO *et al.*, 2017; MARTINEZ; GHEISARI; ALARCÓN, 2020; MELO; COSTA, 2019; REY; MELO; COSTA, 2021) contemplou o tratamento das não conformidades identificadas nas inspeções e, conseqüentemente, não mensurou correções das não conformidades identificadas nas inspeções.

Na etapa “*act*”, as contribuições foram a definição de ações corretivas após os monitoramentos com drone e a implementação de novas ferramentas para divulgação dos resultados com a equipe de gestão e de campo. Além disso, a maior interação entre as equipes de segurança e produção em todas as etapas do PCS foi um avanço, com destaque para as reuniões mensais de planejamento da segurança implementadas no estudo, bem como o fato de o técnico de segurança e o encarregado desenvolverem a rotina de discutir conjuntamente as decisões de segurança no dia a dia da obra. Ao longo das reuniões de planejamento observou-se que ambas as equipes passaram a consultar uma à outra para planejar a forma de execução das atividades de segurança e de produção. Neste estudo, a divulgação dos relatórios e as discussões tornaram as informações explícitas e de fácil acesso aos membros da equipe de gestão.

Quanto à generalização dessas práticas, observa-se grande potencial de aplicabilidade em obras de diferentes tipologias construtivas, com destaque para obras horizontais, de infraestrutura e rodoviárias. A adaptação do uso dessas práticas dependerá da estrutura de cada obra, da periodicidade requerida para as inspeções e da

adaptação do *checklist* de inspeção de segurança de acordo com as normativas legais em vigor para o tipo de obra.

Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao PCS em obras

Esta seção apresenta as recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao PCS com base no ciclo de melhoria contínua do PDCA (Figura 9). O Quadro 4 detalha as boas práticas apresentadas na Figura 9, indicando seus produtos e principais recomendações para implementação. A periodicidade de aplicação das práticas propostas dependerá da frequência na qual a obra realizará os monitoramentos com drone e as reuniões de planejamento da segurança.

Plan

Recomenda-se que o planejamento da segurança siga a mesma hierarquização e frequência do planejamento da produção e que as metas de produção sejam utilizadas como base para orientar as discussões de segurança, devendo ser focadas nos processos críticos. Recomenda-se que sejam estipulados dias e horários fixos para a realização das reuniões de planejamento da segurança.

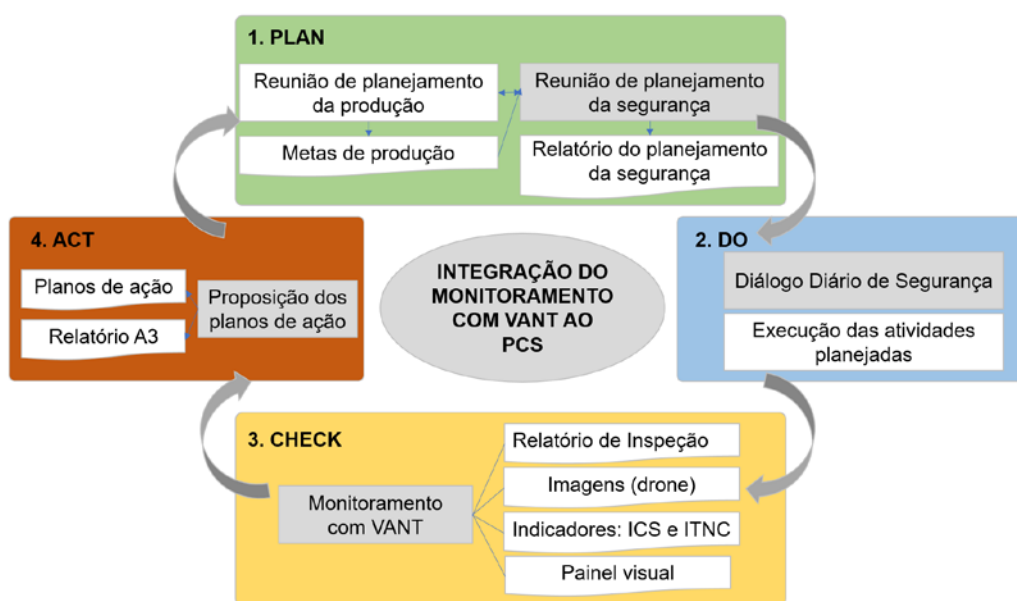
É imprescindível que o planejamento da segurança seja realizado de forma colaborativa entre as equipes de produção e segurança. Recomenda-se que as imagens capturadas com drone sejam consultadas para a identificação e avaliação de riscos durante o planejamento da segurança.

Visando à melhoria contínua, recomenda-se que durante essas reuniões seja realizada a análise dos resultados do mês anterior com base nas imagens coletadas e relatório A3. Ao final de cada reunião deve ser compartilhado com toda a equipe de gestão um relatório com as principais ações planejadas. A divulgação desse relatório pode ser feita por e-mail, em quadros de gestão à vista, ou podem ser entregues cópias impressas para cada membro da equipe de gestão.

Do

Recomenda-se que nos DDS sejam apresentadas as não conformidades identificadas com o drone e as ações corretivas tomadas, e que sejam dadas orientações de como evitar que esses problemas ocorram novamente. O DDS também é um momento adequado para sinalizar aos trabalhadores que as informações do painel visual foram atualizadas e incentivá-los a consultá-lo. É importante que as discussões nos DDS sejam orientadas pela equipe de segurança e produção, para que os trabalhadores percebam a colaboração entre toda a equipe em prol da segurança.

Figura 9 - Integração do monitoramento da segurança com drone ao PCS em obras com base no PDCA



Quadro 4 - Boas práticas e recomendações para a integração do monitoramento da segurança com drone ao PCS em obras

Boa prática	Produto gerado	Recomendações para implementação
Reunião de planejamento da segurança	Relatório de planejamento da segurança	Hierarquização e frequência alinhadas com as reuniões de produção
		Foco em processos críticos
		Planejamento colaborativo entre equipes de produção e segurança
		Análise de imagens do drone para identificação e avaliação de riscos
Diálogo diário de segurança (DDS)	-	Participação dos líderes de produção e segurança
		Apresentação das não conformidades identificadas na inspeção e planos de ação para tratamento
Monitoramento com drone	Relatório de inspeção	Compartilhamento de resultados em via física e digital com toda a equipe de gestão
	Imagens (drone)	Envolvimento do técnico de segurança e encarregado nas inspeções
	Indicadores ICS e ITNC	Análise conjunta do ICS e ITNC com demais indicadores de SST utilizados na empresa
	Painel visual	Instalação do painel visual em locais estratégicos Utilizar linguagem simples e textos curtos nos painéis visuais
Proposição dos planos de ação	Planos de ação	Definição dos planos de ação em conjunto entre as equipes de produção e segurança
	Relatório A3	Elaboração de relatório A3 com dados do mês correspondente
		Divulgação do relatório A3 em quadro de gestão à vista

Check

Recomenda-se que as inspeções sejam realizadas segundo o método proposto por Melo (2020) e utilizando o Smart Inspects Obras (REY, 2020). Caso não se tenha acesso ao Smart Inspects Obras, o inspetor pode utilizar ferramentas como o Google Forms para preencher o *checklist* de inspeção e gerar os relatórios de forma mais prática. As imagens coletadas com o drone podem ser anexadas aos relatórios, por exemplo, através de links que deem acesso a uma nuvem de armazenamento.

Cada empresa deve avaliar, conforme sua rotina de trabalho e interesses, se a inspeção com drone deve ser realizada com equipe própria ou terceirizada. No primeiro caso, a empresa deve prever treinamentos para a capacitação da equipe em operar e interpretar os dados gerados nos voos com drone. Recomenda-se que o técnico de segurança da obra e o encarregado sejam envolvidos nos monitoramentos para que se tenha maior celeridade nas correções imediatas.

Recomenda-se ainda que os relatórios dos monitoramentos sejam compartilhados por e-mail e em redes ou grupos institucionalizados pela empresa. Além do relatório gerado pelo Smart Inspects Obras, devem ser compartilhados os planos de ação para tratamento das não conformidades e um breve *feedback* sobre o desempenho da obra. Recomenda-se também que as imagens coletadas com o drone sejam compartilhadas com a equipe de gestão em uma base de dados.

O controle do desempenho da obra no tratamento das não conformidades deve ser realizado através do ITNC, que deve ser calculado mensalmente. É importante que a avaliação de desempenho da segurança seja complementada com outras informações do controle da segurança, como inspeções de áreas internas e controle de documentações e treinamentos.

A comunicação dos resultados dos monitoramentos e do desempenho de segurança da obra para a equipe de campo pode ser realizada através do painel visual e dos DDS. O painel visual deve ser instalado em ponto estratégico, ao qual os trabalhadores tenham acesso direto e contínuo, como, por exemplo, no refeitório ou nas proximidades do relógio de ponto. Para despertar a atenção e facilitar o entendimento das informações, os textos apresentados no painel visual devem ser curtos e ter uma linguagem simples. As imagens devem ser coloridas, e devem ser utilizados ícones, setas, círculos para indicar o que está correto ou não conforme em cada imagem. A atualização das informações deve ser definida conforme a periodicidade das inspeções.

Act

Recomenda-se que, após a finalização da inspeção com o drone, sejam definidos os planos de ação para o tratamento das não conformidades. A definição desses planos deve ser alinhada entre o técnico de segurança, o encarregado e o engenheiro de produção.

Mensalmente, deve ser elaborado um relatório A3 para apoiar a análise de resultados visando à melhoria contínua no ciclo seguinte. O relatório A3 deve apresentar apenas as informações do mês correspondente, para que as análises realizadas sejam focadas no desempenho e nas atividades recentes da obra. O relatório A3 deve ser divulgado por meios digitais e também fixado em quadros de gestão à vista.

Conclusões

Este estudo propõem recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone visando à melhoria contínua do planejamento e controle da segurança em canteiros de obras, considerando requisitos da ISO 45001 (ABNT, 2018) para a gestão da segurança, com destaque para a metodologia do PDCA. Assim, este trabalho contribui para um melhor entendimento sobre monitoramento com drone para a gestão da segurança sob a perspectiva da melhoria contínua e para o aumento da interação entre equipes de segurança e produção e melhoria na tomada de decisão.

Os avanços em relação aos estudos anteriores são relativos a:

- (a) utilização das informações obtidas nas inspeções para apoiar o planejamento de atividades futuras;
- (b) conscientização e disseminação de resultados focadas no trabalhador através do painel visual e DDS;
- (c) definição e acompanhamento dos planos de ação para tratamento das não conformidades identificadas nas inspeções;
- (d) avaliação de desempenho com o índice de tratamento de não conformidades; e
- (e) interação e colaboração entre as equipes de segurança e produção durante os monitoramentos com drone e nos demais processos de planejamento e controle da segurança.

Entre as boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao PCS em canteiros de obras destacam-se a adoção de reunião de planejamento da segurança, painel visual, índice de tratamento de não conformidades, planos de ação e relatório A3. A adoção do sistema Smart Inspects Obras permitiu uma redução de 85% do tempo necessário para o processamento dos dados e entrega do relatório quando comparado à proposta inicial, que envolvia a aquisição de imagens com drone, porém com todo processamento e análise manual.

Além das limitações técnicas para a operação do drone nos canteiros, para este estudo particularmente existiu a limitação da realização de estudo de caso único devido aos impactos da pandemia de covid-19. Assim, é necessário aplicar as recomendações e práticas propostas em outras empresas para avaliar como essas práticas se integram a outros sistemas de gestão da segurança. Outra limitação é a utilização do Smart Inspects Obras, já que ainda não é um sistema com amplo acesso, podendo ser encontrados resultados diferentes ao se utilizarem outros sistemas informatizados. Além disso, somente foi possível explorar a integração do monitoramento do drone em curto prazo de planejamento e controle da segurança, sendo recomendado que estudos futuros explorem a integração do monitoramento com drone ao PCS no médio e no longo prazo.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94- Emenda 02)**. Brasília, DF: 2021. Disponível em:

https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-02/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD02.pdf. Acesso em: 20 fev. 2022.

AGUILAR, G. E.; HEWAGE, K. N. IT-based system for construction safety management and monitoring: C-RTICS2. **Automation in Construction**, v. 35, p. 217-228, 2013.

ALBEAINO, G.; GHEISARI, M.; FRANZ, B. W. A systematic review of unmanned aerial vehicle application areas and technologies in the AEC domain. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 24, p. 381-405, 2019.

ALIZADEHSALEHI, S. *et al.* The effectiveness of an integrated BIM/UAV model in managing safety on construction sites. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, p. 1-16, 2018.

- ASHOUR, R. *et al.* Site inspection VANT: a solution for inspecting and regulating construction sites. In: INTERNATIONAL MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS, 59., Abu Dhabi, 2016. **Proceedings [...]** Abu Dhabi: MWSCAS, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 45001**: sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Economia. **Norma Regulamentadora nº 18**: condições e Meio Ambiente de trabalho na indústria da construção. Rio de Janeiro, 2020.
- CHENG, T.; TEIZER, J. Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications. **Automation in Construction**, v. 34, p. 3-15, 2013.
- DIAS, L. A. **Inspecting occupational safety and health in the construction industry**. Turin: International Training Centre of the International Labour Organization, 2009.
- FORMOSO, C. T.; SANTOS, A.; POWELL, J. A. An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. **Journal of Construction Research**, v. 3, n. 1, p. 35-54, 2002.
- GALSWORTH, G. **Visual workplace**: visual thinking. 2nd. ed. New York: CRC, 2017.
- GUO, B. *et al.* Overview and analysis of digital technologies for construction safety management. In: AUSTRALASIAN UNIVERSITIES BUILDING EDUCATION ASSOCIATION CONFERENCE, 41., Melbourne, 2017. **Proceedings [...]** Melbourne: AUBEA, 2017.
- GUO, Y.; NIU, H.; LI, S. Safety monitoring in construction site based on unmanned aerial vehicle platform with computer vision using transfer learning techniques. In: ASIA-PACIFIC WORKSHOP ON STRUCTURAL HEALTH MONITORING, 7., Hong Kong, 2018. **Proceedings [...]** Hong Kong: APWSHM, 2018.
- GUO, Y.; XU, Y.; LI, S. Dense construction vehicle detection based on orientation-aware feature fusion convolutional neural network. **Automation in Construction**, v. 112, p. 103124, 2020.
- JIANG, Z.; FHANG, D.; ZHANG, M. Understanding the causation of construction workers' unsafe behaviors based on system dynamics modeling. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 6, p. 04014099, 2014.
- KJELLÉN, U.; ALBRECHTSEN, E. **Prevention of accidents and unwanted occurrences**: theory, methods and tools in safety management. 2nd. ed. New York: CRC, 2017.
- LIMA, M.; MELO, R.; COSTA, D. Integração do monitoramento com VANT à gestão da segurança das obras: uma revisão sistemática da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18, Porto Alegre, 2020. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2020.
- LIN, K. Y. *et al.* A user- centered Information and Communication Technology (ICT) tool to improve safety inspections. **Automation in Construction**, v.48, p. 53–63, 2014.
- LINGARD, H. *et al.* Understanding and applying health and safety metrics. In: LINGARD, H.; WAKEFIELD, R. **Integrating work health and safety into construction project management**. Hoboken: Wiley, 2019.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford University, 1992. (Technical Report 72).
- KVAN, T. Collaborative design: what is it? **Automation in Construction**, v. 9, p. 409–415, 2000.
- MARTINEZ, J.; GHEISARI, M.; ALARCÓN, L. 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.
- MELO, R. R. S. *et al.* Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites. **Safety Science**, v. 98, p. 174-185, 2017.
- MELO, R. R. S. **Modelo para desenvolvimento e aperfeiçoamento dos potenciais para resiliência assistido por meio do monitoramento da segurança com VANT**. Salvador, 2020. 261 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

MELO, R.; COSTA, D. Integrating resilience engineering and UAS technology into construction safety planning and control. **Engineering Construction and Architectural Management**, v. 26, n. 11, p. 2705-2722, 2019.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho**: um instrumento para uma melhoria contínua. 2011. Disponível em: https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_154878/lang--en/index.htm. Acesso em: 1 mar. 2021.

REY, R. O. **Sistema informatizado para inspeção da segurança em canteiros de obra apoiado por VANT, dispositivos móveis e técnicas de reconhecimento de padrão**. Salvador, 2020. 254 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

REY, R.; MELO, R.; COSTA, D. Design and implementation of a computerized safety inspection system for construction sites using UAS and digital checklists: Smart Inspects. **Safety Science**, v. 143, p. 105430, 2021.

SAURIN, T.; FORMOSO, C.; GUIMARÃES, L. Safety and production: an integrated planning and control model. **Construction Management and Economics**, v. 22, p. 159-169, 2004.

SIMPSON, M. *et al.* **Evolve or die**: transforming the productivity of Built Environment Professionals and Organisations of Digital Built Britain through a new, digitally enabled ecosystem underpinned by the mediation between competence supply and demand. Centre for Digital Built Britain (CDBB), 2019. (Report).

YIN, R. **Case study research and applications**. 6th. ed. London: Sage, 2018.

ZHANG, H. *et al.* Development of a safety inspection framework on construction sites using mobile computing. **Journal of Management in Engineering**, v. 33, n. 3, p. 04016048, 2016.

ZHOU, S.; GHEISARI, M. Unmanned aerial system applications in construction: a systematic review. **Construction Innovation**, v. 18, n. 4, p. 453-468, 2018.

Agradecimentos

Este estudo teve o apoio financeiro do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação do Brasil, por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 421262/2018-4) e da empresa construtora MRV Engenharia. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) por meio de concessão de bolsa de pesquisa.

Mahara Iasmine Sampaio Cardoso Lima

Pesquisa, Metodologia, Validação de dados e experimentos, Análise de dados, Redação do manuscrito original.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Universidade Federal da Bahia | Rua Prof. Aristides Novis, 2, Federação | Salvador - BA - Brasil | CEP 40210-630 | Tel.: (71) 98149-0682 | E-mail: eng.maharasampaio@gmail.com

Dayana Bastos Costa

Conceitualização, Metodologia, Recebimento de financiamento, Administração do projeto, Supervisão, Redação - revisão e edição.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Universidade Federal da Bahia | Tel.: (71) 3283-9731 | E-mail: dayanabcosta@ufba.br

Ambiente Construído

Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

www.scielo.br/ac

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.