XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INTEGRAÇÃO DO MONITORAMENTO COM VANT À GESTÃO DA SEGURANÇA DAS OBRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA[1]

LIMA, Mahara I. S. C. (1); MELO, Roseneia R. S. (2); COSTA, Dayana B. (3)

(1) Universidade Federal da Bahia (UFBA), eng.maharasampaio@gmail.com
(2) Universidade Federal da Bahia (UFBA), roseneia.engcivil@gmail.com
(3) Universidade Federal da Bahia (UFBA), dayanabcosta@ufba.br

RESUMO

Embora diversos estudos tenham explorado o potencial do VANT para apoiar atividades de segurança em canteiros de obras, esta aplicação ainda tem sido limitada, em parte pela falta de integração do monitoramento com VANT e seus produtos à gestão da segurança das obras. Diante desta problemática, este artigo busca identificar como o VANT pode ser integrado ao processo de gestão da segurança de obras utilizando como estratégia de pesquisa a revisão sistemática da literatura. O VANT tem sido aplicado, principalmente, para monitorar as condições de segurança do canteiro, mas as informações coletadas nesta etapa podem apoiar todo o ciclo de melhoria contínua da segurança.

Palavras-chave: *Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Segurança. Obras.*

ABSTRACT

Although several studies have explored the potential of UASs to support safety activities at construction sites, this application has still been limited. The lack of integration of UASs monitoring to the safety management processes is one of the limitations. Therefore, this paper seeks to identify how the UASs can be integrated into the safety management processes on construction sites. The systematic literature review is the research strategy adopted. The UAS has been applied mainly to monitor the safety conditions of the construction site, but the information collected at this stage can support the entire cycle of continuous safety improvement.

Keywords*: Unmanned Aerial System (UAS). Safety. Construction projects.*

1 INTRODUÇÃO

Devido à natureza complexa e dinâmica dos canteiros de obras e como os profissionais responsáveis pela segurança precisam observar visualmente todo o canteiro, é desafiador realizar o monitoramento contínuo e identificar manualmente todos os incidentes que possam expor os trabalhadores a riscos de segurança (PARK; KIM; CHO, 2016). Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), popularmente

[1] LIMA, Mahara Iasmine Sampaio Cardoso; MELO, Roseneia Rodrigues Santos de; COSTA, Dayana Bastos. 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, 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

conhecidos como drones, conferem maior eficiência ao processo de inspeção de segurança de canteiros, uma vez que possibilitam a observação que diferentes áreas do canteiro concomitantemente e sob diferentes perspectivas (IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012; MELO et al., 2017).

Aplicações práticas do VANT para este fim ainda indicam benefícios como: melhor identificação de atos e condições perigosas (MARTINEZ, GHEISARI, ALARCÓN, 2020); melhoria no comportamento dos trabalhadores (MELO et al., 2017); maior transparência na tomada de decisões dos gerentes; geração de feedback sobre os planos e procedimentos de segurança e uso das informações coletadas para planejamento e treinamento de segurança (MELO; COSTA, 2019).

No entanto, Melo e Costa (2019) e Martinez, Gheisari e Alarcón (2020) apontam que a aplicação do VANT para a gestão da segurança ainda tem ocorrido de maneira limitada. Pouco tem sido feito em relação à implementação do VANT integrado à gestão da segurança para monitorar as condições de trabalho, antecipar situações de risco, tomar decisões em tempo hábil, e assim, reduzir os efeitos dos desafios de segurança no ambiente de trabalho da construção (MELO; COSTA, 2019; KIM; IRIZARRY; COSTA, 2020).

A melhoria do desempenho da Saúde e Segurança do Trabalho (SST) nas organizações é alcançada quando se tem um conjunto de elementos dinamicamente relacionados que interagem entre si para funcionar como um todo (BENITE, 2004). Este conjunto de elementos constituem os Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho (SGSST) (BENITE, 2004), cujos requisitos são estabelecidos pela ISO 45001:2018 com uma abordagem baseada no conceito de PDCA. O PDCA é um processo interativo para alcançar a melhoria contínua composto por quatro etapas, cujas inicias compõe esta sigla: "*Plan*" (planejar); "*Do*" (fazer ou executar); "*Check*" (checar ou verificar); e "*Action*" (agir de forma corretiva) (CAMPOS, 1992).

Diante dessa perspectiva, o presente artigo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) cujo objetivo é identificar como o monitoramento com VANT pode ser integrado aos processos gestão da segurança em obras. Para tanto, é necessário responder as seguintes questões de pesquisa: qual a utilidade do VANT para apoiar a gestão da segurança em obras? Como tem sido a implementação do VANT para gestão da segurança em obras? Quais as contribuições do uso do VANT nas atividades de gestão da segurança segundo a perspectiva do ciclo PDCA?

2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia escolhida para conduzir a presente pesquisa é a Revisão Sistemática da Literatura, por ser um mecanismo utilizado para identificar, avaliar e interpretar a pesquisa relevante e disponível relativa a uma determinada questão, tópico ou fenômeno de interesse específico (MACHADO; RUSCHEL, 2018). A condução da pesquisa para definição da amostra de artigos é apresentada no Quadro 1.

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 seguintes termos de pesquisa a serem buscados no título, no resumo ou nas palavras-chave dos artigos: ("*unmanned aerial systems*" OR "*unmanned aerial vehicles*" OR "UAS" OR "UAV" OR "drone") AND ("*safety*") AND ("*construction site*" OR "*construction jobsite*" OR "*construction worksite*" OR "*onsite construction*" OR "*construction management*" OR

"*construction job sites*").

Na definição destes termos, optou-se por utilizar o termo "*safety*" sem nenhuma combinação e "*construction site*" e seus sinônimos para abranger o máximo de trabalhos que tratassem de qualquer aplicação do VANT à segurança, desde que aplicados nos canteiros de obras. Foram excluídos da amostra os artigos que se repetiam entre as bases escolhidas, os resumos de congresso e os artigos que apesar de atender ao critério dos termos de pesquisa não tratavam de aspectos ligados à gestão da segurança nos canteiros de obras.

Quadro 1- Condução da revisão: definição da amostra

Base de dados	Scopus	Science Direct	Web of Science	Engineering Village
Publicações por base	40	10	12	21
Total de publicações			83	
Eliminação por repetição entre bases			41	
Publicações resultantes			42	
Eliminação por tipo e não atender ao tema buscado			18	
Total da amostra			**24**	

Fonte: as autoras (2020)

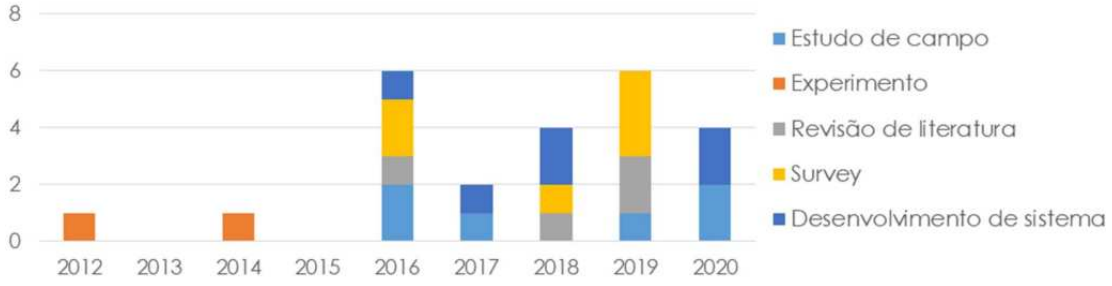
Inicialmente os 24 artigos selecionados foram analisados quanto ao período de publicação e abordagens metodológicas adotadas. Posteriormente, buscou-se identificar nos artigos: (1) a utilidade do VANT para a gestão da segurança; (2) como tem ocorrido a implementação do VANT nos canteiros e (3) como o VANT pode ser integrado aos processos de gestão da segurança segundo a perspectiva do ciclo PDCA. Para avaliar a implementação do VANT foi analisado o envolvimento dos pesquisadores nas rotinas de gestão de segurança da obra e a participação das equipes de gestão e operacional das obras ao longo dos estudos. Nesta etapa, foram considerados apenas os trabalhos de estudos de caso, pois apenas nestes houve aplicação em canteiros.

Considerando que para alcançar os potenciais benefícios do uso do VANT e de seus produtos é fundamental a integração destes aos processos de gestão da segurança (COSTA et al., 2016) e que a ISO 45001 (2018) aborda a aplicação do PDCA para a melhoria contínua nos SGSST e em cada um dos seus elementos individuais, buscou-se identificar como esta integração pode ser feita sob a perspectiva do PDCA. Primeiramente, ordenou-se as atividades de gestão da segurança que ocorrem a nível de curto prazo nos canteiros dentro do ciclo de PDCA, seguindo as recomendações da ISO 45001 (2018). Em seguida, identificou-se como o VANT pode contribuir para cada uma destas etapas a partir dos artigos analisados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta o histórico de publicação dos artigos e abordagens metodológicas adotadas. Irizarry, Gheisari e Walker (2012) e Gheisari, Irizarry e Walker (2014) realizaram os primeiros experimentos para avaliação da usabilidade do VANT com dispositivos móveis para tarefas relacionadas à segurança no canteiro. A partir de 2016 tem-se desenvolvido estudos de casos, *surveys*, revisões da literatura e desenvolvimento de sistemas para automatização das tarefas de segurança com VANT.

Figura 1 – Publicações por ano e abordagem metodológica



Fonte: as autoras (2020)

Por meio das *surveys* com profissionais de segurança são indicadas as principais atividades de segurança que podem ser aprimoradas com o uso do VANT e identificados os requisitos técnicos e fatores que influenciam o desempenho de sistemas com VANT para a inspeção de segurança no canteiro (KIM; IRIZARRY; COSTA, 2016; GHEISARI; ESMAEILI, 2016; KAMING; YONATHAN, 2019; GHEISARI; ESMAEILI, 2019; CALANTROPIO, 2019). Ainda como resultado das *surveys* foram avaliados a integração de BIM e VANT para a gestão da segurança (ALIZADEHSALEHI et al., 2018) e comparados os custos de inspeção com VANT e por métodos tradicionais (KAMING; YONATHAN, 2019).

As finalidades de uso do VANT foram especificadas nos experimentos, estudos de casos e trabalhos de desenvolvimento de sistemas. Ashour et al. (2016) desenvolveram um sistema que permite que a inspeção seja feita remotamente em diferentes canteiros e tenha os dados transferidos para a estação de controle de forma on-line. Jiang et al. (2020) desenvolveu um modelo matemático que utiliza nuvem de pontos produzidas a partir de imagens do VANT para o planejamento de layout do canteiro para içamento de carga. Gheisari, Rashidi e Esmaeili (2018) aplicam videogrametria para monitorar o risco de queda em guarda-corpos. Guo, Xu e Li (2020), Roberts, Bretl e Golparvar-Fard (2017) e Guo, Niu e Li (2018) aplicam redes neurais convolucionais para permitir a identificação automática de veículos, guindastes e uso de capacetes no canteiro, respectivamente. Irizarry, Gheisari e Walker (2012) e Gheisari, Irizarry e Walker (2014) também aplicaram o VANT para inspeção do uso de capacete por meio de análise manual das imagens.

Em todos os estudos de caso (COSTA et al., 2016; IRIZARRY; COSTA, 2016; MELO et al., 2017; MELO; COSTA, 2019; KIM; IRIZARRY; COSTA, 2020; MARTINEZ; GHEISARI; ALARCÓN, 2020) o VANT é aplicado para inspecionar as condições de segurança gerais do canteiro. Ao analisar estes estudos quanto à implementação do VANT nos canteiros, percebe-se que os esforços para o integrar aos processos de gestão de segurança são recentes. Os primeiros estudos focavam em avaliar para quais itens de inspeção segurança o VANT pode ser utilizado, o desempenho do aparelho e os riscos associados ao uso dessa tecnologia (COSTA et al., 2016; IRIZARRY; COSTA, 2016; MELO et al., 2017). Porém, até então, os pesquisadores não participavam das rotinas de gestão da obra e a participação da equipe da obra era limitada a fornecer feedback ao final dos estudos desenvolvidos.

Melo e Costa (2019) buscaram contribuir com as rotinas de gestão da obra na medida em que realizavam discussões com os profissionais de segurança e produção ao final das inspeções sobre as condições de segurança observadas e enviavam o relatório de inspeção para os envolvidos no projeto. Mas neste trabalho, o envolvimento da equipe da obra ainda é voltado para feedback, não há

participação no processo de inspeção do campo nem nas análises dos ativos gerados. Melo e Costa (2019) propõe um Indicador de Conformidade de Segurança baseado no grau de risco para avaliar as condições de segurança a cada inspeção realizada.

A implementação proposta por Martinez, Gheisari e Alarcón (2020) é mais integrada aos processos de planejamento e controle da segurança, pois os pesquisadores participavam das reuniões semanais de planejamento da segurança nas quais se discutia o atual estado de segurança do canteiro e eram preparadas as listas de verificação para a semana seguinte. Além disso, a equipe de gestão utilizava os ativos gerados a partir do VANT, inclusive modelos 3D, para identificar e avaliar os riscos na etapa de planejamento. Para avaliar o impacto da integração do VANT ao planejamento e controle da segurança, os referidos autores compararam o número de perigos identificados e a percepção de risco dos gestores com e sem o uso do VANT.

Kim, Irizarry e Costa (2020), a partir de um estudo exploratório qualitativo, estabeleceram um fluxo de trabalho conceitual para integrar o VANT aos processos de gerenciamento de segurança, incluindo as etapas de coleta de dados, análise e tomada de decisão. Nesta estrutura proposta, são necessários três níveis de tomadas decisões: antes, durante e após o voo. Neste estudo, apesar dos gestores da obra terem participado de todas as etapas do estudo de campo, não houve participação dos pesquisadores nas atividades de gestão da segurança da obra. Este estudo limitou-se a testar o protocolo desenvolvido, não foram identificadas as correlações entre a integração do VANT e o desempenho da segurança. Sendo esta lacuna sugerida para estudos futuros por Kim, Irizarry e Costa (2020).

Um aspecto que merece destaque nos trabalhos de Costa et al. (2016) e Melo e Costa (2019) é a coleta da percepção dos trabalhadores de campo sobre a interferência do VANT em suas tarefas durante o voo, a privacidade e a percepção sobre os riscos, como a queda da aeronave. Os resultados apontaram baixo grau de invasão de privacidade, baixa distração durante o trabalho e baixa preocupação com os riscos de queda (COSTA et al., 2016; MELO; COSTA, 2019).

Sob a perspectiva de gestão da segurança, seguindo o PDCA, a aplicação dos ativos gerados pelo VANT tem sido muito focada na etapa de verificação, principalmente, para monitorar as condições de segurança do canteiro. No entanto, ainda é pouco explorada a aprendizagem e retroalimentação dos processos de planejamento e controle da segurança com estas informações obtidas. A Figura 2 apresenta as contribuições que o uso do VANT pode trazer para as etapas de planejamento, execução, verificação e ação na gestão da segurança nos canteiros.

Figura 2 - Contribuições do VANT para gestão da segurança sob perspectiva do PDCA



Fonte: as autoras (2020)

Uma lacuna identificada nos estudos de casos levantados é que após a inspeção com VANT não é feito o acompanhamento dos planos de ação para tratamento das não conformidades identificadas, ou seja, a etapa de ação tem sido limitada, o que dificulta o processo de aprendizagem e melhoria contínua. Neste sentido, sugere-se a realização de análise de causas raízes destes problemas e utilização de indicadores que mensurem o índice de tratamento de não conformidades e a efetividade das ações tomadas como alternativas a serem testadas para contribuir com esta lacuna. Outra lacuna identificada é que apesar dos estudos de caso terem sido desenvolvidos em ciclos semanais contínuos, nenhum deles propôs um mecanismo de aprendizado para apoiar as atividades dos ciclos seguintes. Também se percebe a necessidade de uma maior integração entre os pesquisadores e a equipe das obras ao longo do desenvolvimento dos estudos.

4 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma revisão sistemática da literatura cujo objetivo foi identificar como o VANT pode ser integrado aos processos gestão da segurança em canteiros de obras. A revisão da literatura realizada indica que ainda é pouco explorada a integração com os processos de gestão de segurança das obras. O

VANT e seus produtos têm sido aplicados majoritariamente para verificar as condições de segurança do canteiro, mas informações coletadas nesta etapa podem apoiar todo o ciclo de melhoria contínua da segurança. São propostas como alternativas para melhorar esta integração o acompanhamento e medição da efetividade dos planos de ação para tratamento das não conformidades encontradas com o VANT e o desenvolvimento de mecanismo de aprendizado para apoiar as atividades dos ciclos seguintes de planejamento e controle da segurança.

REFERÊNCIAS

ALIZADEHSALEHI, S.; YITMEN, I.; CELIK, T.; ARDITI, D. 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.; TAHA, T.; MOHAMED, F.; HABLEEL, E.; KHEIL, Y.; ELSALAMOUNY, M.; KADADHA, M.; RANGAN, K.; DIAS, J.; SENEVIRATNE, L.; CAI, G. Site inspection drone: A solution for inspecting and regulating construction sites. In: International Midwest Symposium on Circuits and Systems, 59, 2016, Abu Dhabi. **Proceedings...** Abu Dhabi : MWSCAS, 2016.

BENITE, A. J. **Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho para Empresas Construtoras**. 236 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CALANTROPIO, A. The use of UAVs for performing safety-related tasks at post-disaster and non-critical construction sites. **Safety**, vol. 5, 64, 2019.

CAMPOS, V. F. **TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni. Escola de Engenharia, 1992.

COSTA D.B.; MELO, R. R. S.; ALVARES J. S.; BELLO A. A. Evaluating the Performance of Unmanned Aerial Vehicles for Safety Monitoring. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 24, p. 23-32, 2016, Boston. **Proceedings...** Boston: IGLC, 2016.

GHEISARI, M.; ESMAEILI, B. Applications and requirements of unmanned aerial systems (UASs) for construction safety. **Safety Science**, v. 118, p. 230-240, 2019.

GHEISARI, M.; ESMAEILI, B. Unmanned Aerial Systems (UAS) for construction safety applications. In: Construction Research Congress, San Juan, p. 2642-2650, 2016. **Proceedings...**

GHEISARI, M.; IRIZARRY, J.; WALKER, B. UAS4SAFETY: The potential of unmanned aerial systems for construction safety applications. In: Construction Research Congress, p.1801-1810, 2014. **Proceedings...**

GHEISARI, M.; RASHIDI, A.; ESMAEILI, B. Using Unmanned Aerial Systems for Automated Fall Hazard Monitoring. In: Construction Research Congress, p. 62-72, 2018, New Orleans. **Proceedings...**

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, 2018, Hong Kong. **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**, vol. 112, 103124, 2020.

IRIZARRY, J.; COSTA, D. B. Exploratory study of potential applications of unmanned aerial systems for construction management tasks. **Journal of Management in Engineering**, v. 32, n. 3, p. 05016001, 2016.

IRIZARRY, J.; GHEISARI, M.; WALKER, B. N. Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**. p. 194–212. 2012.

ISO. **ISO 45001 - Occupational health and safety management systems - Requirements for guidance use**. 1. ed. Geneva: ISO, 2018.

JIANG, W.; ZHOU, Y.; DING, L.; ZHOU, C.; NING, X. UAV-based 3D reconstruction for hoist site mapping and layout planning in petrochemical construction. **Automation in Construction**, vol. 113, 103137, 2020.

KAMING, P.; YONATHAN, G. Comparison of the supervisory cost of using an unmanned aerial system and conventional methods in construction projects. In: International Conference on Euro Asia Civil Engineering Forum, 7, 2019. **Proceedings...**

KIM, S.; IRIZARRY, J., COSTA, D. Potential Factors Influencing the Performance of Unmanned Aerial System (UAS) Integrated Safety Control for Construction Worksites. In: Construction Research Congress, p.2614-2623, 2016. **Proceedings...**

KIM, S.; IRIZARRY, J; COSTA, D. Field Test-Based UAS Operational Procedures and Considerations for Construction Safety Management: a qualitative exploratory study. : A Qualitative Exploratory Study. **International Journal Of Civil Engineering**, 123, 2020.

MACHADO, F.; RUSCHEL, R. Soluções integrando BIM e internet das coisas no ciclo de vida da edificação: uma revisão crítica**. Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 3, p. 240-258, 2018.

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**, vol. 36 (3), 05020005, 2020.

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

MELO, R.; COSTA, D. Integrating resilience engineering and UAS technology into construction safety planning and control. **Engineering Construction & Architectural Management**, vol. 26, 2019.

PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K. Framework of automated construction-safety monitoring using cloud-enabled BIM and BLE mobile tracking sensors**. Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 2, 05016019, 2016.

ROBERTS, D.; BRET, T.; GOLPARVAR-FARD, M. Detecting and Classifying Cranes Using Camera-Equipped UAVs for Monitoring Crane-Related Safety Hazards. In: International Workshop on Computing in Civil Engineering, p.442-449, 2017, Seattle. **Proceedings...** Seattle: IWCCE, 2017.