Plataforma Web para inspeção da segurança em canteiros de obra apoiado por VANT e dispositivos móveis

Web platform for safety inspection on construction sites supported by UAV and mobile devices

Mahara Iasmine Sampaio Cardoso Lima
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | eng.maharasampaio@gmail.com
Rafaela Oliveira Rey
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | rafaelarey2@gmail.com
Larissa Vieira Sampaio Sá
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | larisampaio483@hotmail.com
Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | dayanabcosta@ufba.br
Roseneia Rodrigues Santos de Melo
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | roseneia.engcivil@gmail.com
João Lucas Torres Nogueira
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | joaonogueira.31@hotmail.com
Luciano de Brito Staffa Junior
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | lucianostaffa@gmail.com

Resumo

O objetivo desta pesquisa é desenvolver e implementar uma plataforma web para inspeção da segurança em obras utilizando VANT e dispositivos móveis. A estratégia adotada foi a Design Science Research e envolveu as etapas de desenvolvimento, implementação e avaliação. Para o desenvolvimento da plataforma web foram utilizadas as linguagens HTML, CSS e JavaScript e a infraestrutura do Firebase. A implementação ocorreu em uma obra de edificações sendo realizada 14 inspeções. A plataforma web contribuiu para melhoria do compartilhamento de informações e reduziu 80% o tempo de inspeção com VANT sem sistema e 50% o tempo para conclusão do relatório quando comparado ao protótipo.

Palavras-chave: Veículo aéreo não tripulado. Segurança do trabalho. Plataforma web.

Abstract

The purpose of this research is to develop and implement a web platform for safety inspection in construction sites using UAV and mobile devices. Design Science Research was adopted as a research strategy and this article covers the stages of development, implementation and evaluation. The web platform was developed using HTML, CSS and JavaScript languages and the Firebase infrastructure. The implementation took place in construction project and 14 inspections were carried out. The web platform contributed to the improvement of information

Como citar:
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. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/574. Acesso em: 3 ago. 2021.

sharing and reduced inspection time with UAV without system by 80% and the report completion time by 50% when compared to the prototype.

Keywords: Unmanned aerial vehicle. Workplace safety. WEB platform.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção possui as maiores taxas mundiais de lesões e acidentes de trabalho quando comparado a outras indústrias [1]. Os números de acidentes elevados evidenciam que a Gestão da Segurança e Saúde na construção enfrenta grandes desafios.

O dinamismo das obras e as modificações constantes dos fluxos de trabalho e pessoas dificultam o controle de segurança por métodos convencionais. Os processos manuais adotados são demorados, propensos a erros, e de difícil compartilhamento das informações, dificultando assim, tomadas de decisão rápidas e precisas [2].

O uso de tecnologias digitais para detecção e correção de erros em tempo hábil pode ser uma maneira viável de evitar acidentes nos canteiros [3]. Entre os principais benefícios associados a estas tecnologias estão a redução de tempo e custo, melhoria na comunicação, flexibilidade operacional e apoio à tomada de decisão [4].

A literatura apresenta estudos que utilizaram dispositivos móveis para testar checklists digitais de segurança, tornando os processos de coleta de dados, análise da informação e tomada de decisão mais dinâmicos [2][5]. O estudo de [6] utilizou câmeras de vigilância inteligentes para substituir a inspeção de segurança no canteiro, evidenciando assim, o grande potencial das tecnologias de visão computacional como ferramentas de monitoramento de segurança.

Outra tecnologia adotada para a aquisição de imagens no canteiro é o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). As principais vantagens desta tecnologia para a gestão da segurança em obras são: (a) a capacidade percorrer grandes áreas em curto tempo, (b) visualização de áreas de difícil acesso e, (c) a possibilidade de serem equipados com câmeras de vídeo, sensores sem fio e hardwares de comunicação para transferir dados em tempo hábil [7]. No entanto, ainda existe potencial de melhoria no desenvolvimento e integração destas tecnologias em campo para melhorar o processo de inspeção e, consequentemente, melhorar as condições de segurança.

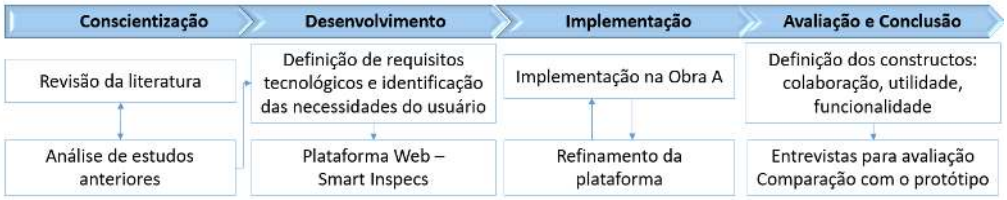
O objetivo desta pesquisa é desenvolver e implementar uma plataforma web para inspeção da segurança em obras com uso de VANT e dispositivos móveis, denominada *Smart Inspecs* Obras. Esta plataforma web visa simplificar e acelerar a aquisição, o processamento e análise dos dados relativos à inspeção de segurança nas obras, entregando um relatório de inspeção que apoie a equipe de segurança e produção a identificarem problemas, planejarem ações e tomarem decisões em tempo hábil e de forma efetiva.

MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida com base na estratégia da *Design Science Research* (DSR), conforme as etapas apresentadas na Figura 1. O foco deste artigo restringe-se

ao desenvolvimento, implementação piloto e avaliação da plataforma web do *Smart Inspecs* Obras.

Figura 1: Delineamento da pesquisa



Fonte: os autores.

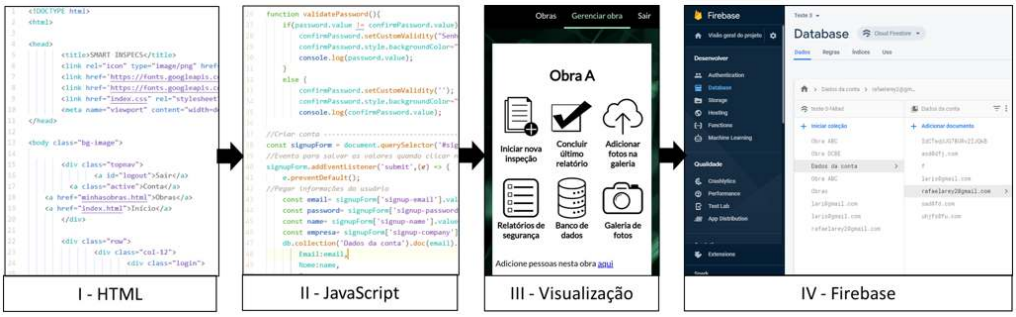
A etapa de conscientização envolveu a compreensão teórica do problema, por meio da revisão da literatura e de estudos anteriores realizados pelo grupo de pesquisa no tema.

Durante o desenvolvimento foram identificadas as necessidades dos usuários e os requisitos tecnológicos para a plataforma web a partir da implementação do protótipo do *Smart Inspecs* Obras nas Obras X e Y, com o total de 55 inspeções [9].

O checklist de segurança do *Smart Inspecs* Obras foi elaborado conforme requisitos da NR18 [10] e é composto por 241 itens visualizáveis com o VANT, divididos em 7 famílias: condições de limpeza e organização do canteiro; armazenamento de materiais; movimentação de materiais e sinalização do canteiro; escadas, rampas e passarelas; proteções coletivas; processos construtivos; máquinas e operação de equipamentos.

As etapas para o desenvolvimento da plataforma web estão apresentados na Figura 2. A estrutura e o conteúdo da página Web são feitos em HTML (I); em seguida é determinada a estilização através da linguagem CSS e a definição do comportamento das páginas com *JavaScript* (II). Ambas as etapas utilizam o programa *Visual Studio Code* para facilitar a escrita do algoritmo. A página criada pode ser visualizada em um navegador (III), verificando se alterações são necessárias; então, a página pode ser implantada no *Firebase* (IV).

Figura 2: Etapas de desenvolvimento da plataforma web

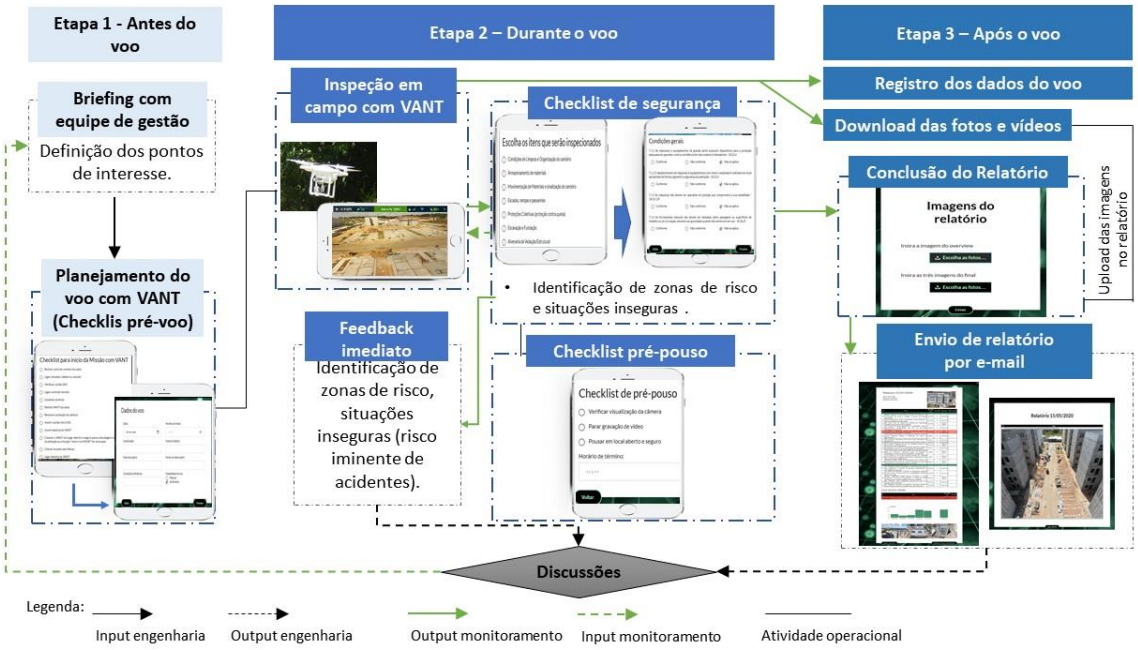


Fonte: os autores.

A plataforma *Smart Inspecs* Obras foi implementada e refinada na Obra A ao longo de 14 inspeções (Tabela 1) realizadas semanalmente, conforme o protocolo de monitoramento de segurança com VANT [8] apresentado na Figura 3. Os equipamentos utilizados foram: DJI Phantom 4 e aplicativo DJI Go para a aquisição das

imagens; smartphone Android para visualização das imagens com drone; smartphone Android para utilização da plataforma web; Dropbox para armazenamento de imagens e; notebook para finalização e compartilhamento do relatório.

Figura 3: Protocolo de monitoramento da segurança com VANT



Fonte: [11].

Tabela 1: Resumo da aquisição de dados com o VANT

Número de inspeções	Número de Imagens	Distância média de voo (m)	Altura máxima (m)	Tempo total de voo (h)	Tempo médio de voo (h)
14	477	867	75	03:59:34	00:17:06

Fonte: os autores.

As inspeções e, consequentemente, utilização da plataforma web foram realizadas por dois autores deste trabalho. O técnico de segurança da obra acompanhou as inspeções em 8 visitas.

A plataforma web *Smart Inspecs* Obras foi avaliada a partir dos construtos e variáveis apresentados no Quadro 1. As principais fontes de evidências utilizadas para esta avaliação foram observação participante, análise documental e entrevistas semiestruturadas.

Quadro 1: Constructos e Variáveis para Avaliação

Constructos	Variáveis
Colaboração	- Compartilhamento das informações de segurança entre as equipes de produção e segurança. - Participação dos intervenientes nas atividades relacionadas à inspeção com VANT
Utilidade	- Atendimento as necessidades de informação do usuário - Percepção de melhoria da gestão de segurança utilizando o *Smart Inspecs* Obras
Funcionalidade	- Tempo necessário para inspeção de segurança

Fonte: os autores.

Foram realizadas entrevistas com a equipe de gestão da Obra A para avaliar os constructos Colaboração e Utilidade. Para isso, foi adotado um questionário composto por questões fechadas e utilizando uma escala do tipo Likert com cinco níveis de impacto (muito baixo, baixo, indiferente, muito alto e alto). Para avaliar a funcionalidade da plataforma, os resultados encontrados foram comparados com os resultados do protótipo [9], que foi implementado nas Obras X e Y e que foram executadas pela mesma empresa e são do tipo residencial executadas em parede de concreto.

O Quadro 2 apresenta os entrevistados nestas duas pesquisas.

Quadro 2: Entrevistas para avaliação

Estudo	Entrevistados	Total de Entrevistados
Implementação do protótipo (Obras X e Y) [9]	2 Engenheiros de Produção, Engenheiro de Segurança, Técnicos de Segurança, Coordenador de Segurança, Gerente de Projetos	7
Implementação da Plataforma Web (Obra A)	Engenheiro de Produção, Engenheiro de Segurança, Auxiliar de Engenharia, Técnico de Segurança, Encarregado	5

Fonte: os autores.

RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados do desenvolvimento, implementação piloto e a avaliação da plataforma web.

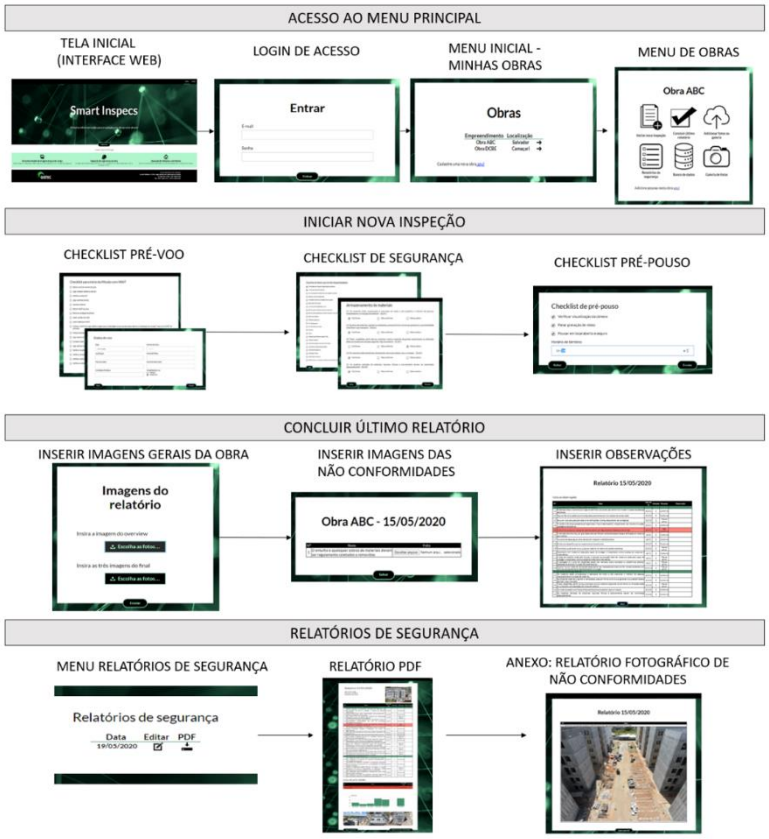
PLATAFORMA WEB SMART INSPECS OBRAS

A Figura 4 apresenta as principais interfaces e recursos da plataforma. Acessando o menu da obra são disponibilizados seis recursos principais: iniciar nova inspeção; concluir último relatório; adicionar fotos na galeria; relatórios de segurança; banco de dados e fotos.

Ao se iniciar uma nova inspeção é preenchido o checklist pré-voo para verificar as condições de voo e do equipamento. Em seguida, preenche-se o checklist de segurança, com a seleção das atividades a serem inspecionadas. Antes de encerrar o voo é preenchido o checklist de missão pré-pouso.

Na etapa de conclusão do relatório são inseridas imagens gerais do canteiro, imagens das não conformidades e comentários. Ao final desta etapa são gerados os PDFs do relatório de segurança e do relatório de não conformidades. O acesso e edição destes relatórios é realizado no menu de “Relatórios de Segurança”.

Figura 4: Principais interfaces e recursos do Smart Inspecs Obras



Fonte: os autores.

IMPLEMENTAÇÃO PILOTO E REFINAMENTO DA PLATAFORMA

Durante as 14 inspeções para implementação piloto da plataforma web foram identificados erros que dificultavam o seu uso. O Quadro 3**Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os problemas identificados e as soluções implementadas.

Quadro 3: Refinamento da Plataforma

Erros	Solução
Imagens inseridas não apareciam na finalização do relatório devido a falhas no envio das imagens para o Cloud Storage do Firebase.	Inserção de uma barra de carregamento para o upload das imagens utilizando ferramentas disponibilizadas pelo Firebase.
Falhas na formatação do relatório de não conformidades, pois o código original estava quebrando os elementos HTML de forma aleatória.	Padronização do tamanho das imagens e inserção dos comandos “page-break-after” e “page-break-inside” apenas ao elemento “table”.
A edição do “status” dos itens do checklist não estava disponível	Inserção de uma página na seção “Editar relatório” que permitisse a edição do status dos itens inspecionados. Para isso, foi utilizado a ferramenta “update” da Cloud Firestore.

Fonte: os autores.

AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA WEB

A avaliação da plataforma Smart Inspecs Obras, segundo o **constructo de colaboração**, e em comparação ao protótipo [9] é apresentada na Tabela 2.

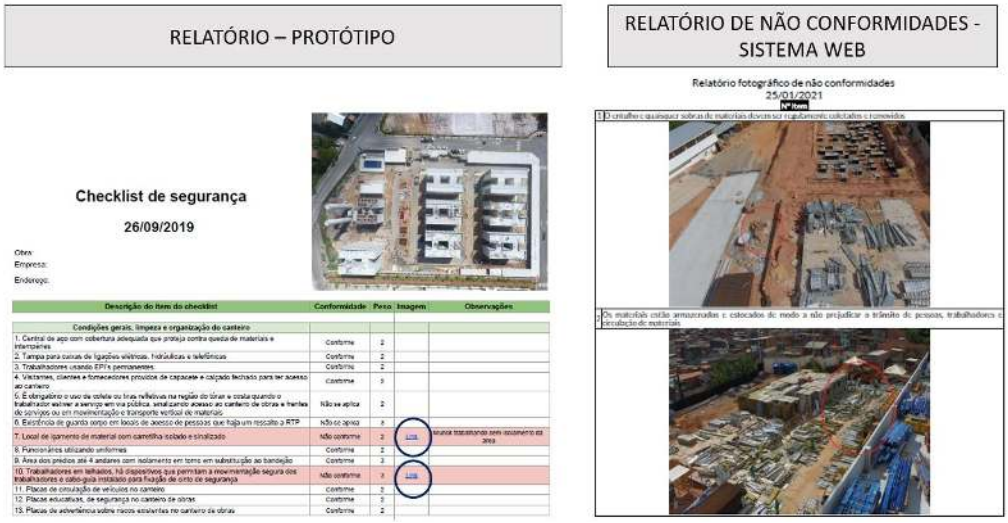
Tabela 2: Constructo Colaboração

Variáveis	Protótipo [9]			Plataforma web				
	Baixo	Médio	Alto	Muito baixo	Baixo	Indife-rente	Alto	Muito alto
Eficiência no compartilhamento de informações								
Relatório de segurança	-	57%	43%	-	-	-	60%	40%
Imagens capturadas com o VANT	-	43%	57%	-	-	-	100%	-
Participação dos intervenientes nas atividades relacionadas à inspeção com VANT								
Tomada de decisão para correção imediata	-	50%	50%	-	-	-	40%	60%
Análise e discussão do relatório de inspeção	14%	43%	43%	-	20%	-	60%	20%
Definição dos planos de ação para tratamento das Não Conformidades	-	57%	43%	-	-	-	80%	20%

Fonte: os autores.

Os resultados indicam que os produtos gerados pelo *Smart Inspecs* Obras têm alta eficiência no compartilhamento de informações de segurança, principalmente o relatório gerado. Quando comparado com os dados do protótipo [9], houve uma melhoria na percepção dos entrevistados quanto a eficiência das imagens capturadas com o VANT para o compartilhamento das informações. Esta melhoria pode ser justificada pela nova forma de apresentação das não conformidades. No relatório apresentado pelo protótipo era necessário acessar um link para visualizar as imagens de cada não conformidade e não era possível dar zoom para analisá-las melhor. No novo modelo de relatório todas as imagens são apresentadas em um único arquivo PDF. A Figura 5 apresenta a evolução do relatório após o desenvolvimento da plataforma web.

Figura 5: Relatório do Protótipo x Relatório da Plataforma Web



Fonte: os autores.

Segundo a percepção dos entrevistados, o maior envolvimento da equipe da obra foi na utilização dos produtos para a tomada de decisão imediata e existe potencial de melhoria nas discussões sobre os relatórios e definição dos planos de ação. Este resultado corrobora com as conclusões de estudos anteriores [8][9] que indicam deficiências na utilização das informações fornecidas pela tecnologia para planejar e controlar a segurança no canteiro. Esta compreensão por parte da equipe de que o sistema é uma ferramenta de apoio é discutida na literatura [8][9] e indicada pelo engenheiro de segurança da empresa participante como principal dificuldade para implementação do sistema. Durante este estudo, foi incorporado ao processo de inspeção a elaboração de planos de ação para tratamento das não conformidades. Essa melhoria de processo evidencia a relevância da implementação de práticas de gestão em conjunto com a tecnologia para melhoria das condições de segurança no canteiro.

Quanto ao **constructo utilidade**, as imagens contidas no relatório e o indicador de conformidade foram os recursos do relatório de inspeção que melhor atenderam a necessidade informação dos usuários, conforme apresentado na Tabela 3.

Ao comparar os dois estudos, houve um ganho em relação aos requisitos do checklist e do indicador de conformidade. No estudo anterior [9], os entrevistados discutiram que por não incluir os itens externos, estes produtos sozinhos não representavam a realidade do canteiro. No entanto, nenhum entrevistado levantou essa discussão no estudo da Obra A. Isso pode ser justificado pela etapa de execução da obra (fundação das torres e montagem de estrutura pré-moldada) na qual os serviços em execução eram majoritariamente externos e, consequentemente, inspecionáveis com o VANT.

Tabela 3: Constructo Utilidade

Variáveis	Protótipo [9]			Plataforma web				
	Baixo	Médio	Alto	Muito baixo	Baixo	Indife-rente	Alto	Muito alto
Atendimento às necessidades de informação								
Requisitos do Checklist de segurança	14%	57%	29%	-	-	-	60%	40%
Apresentação geral do relatório	-	29%	71%	-	-	-	60%	40%
Imagens contidas no relatório	-	29%	71%	-	-	-	40%	60%
Indicador de não conformidade	-	43%	57%	-	-	-	40%	60%
Mudanças na inspeção promovidas pela aplicação do VANT e do Smart Inspecs								
Possibilidade de realizar inspeção de segurança em menos tempo	-	14%	86%	-	-	-	40%	60%
Ter informações das condições de segurança armazenadas e de fácil acesso	-	-	100%	-	-	-	80%	20%
Fazer inspeção em locais de difícil acesso de forma segura	-	-	100%	-	-	-	20%	80%
Ficar ciente das condições de segurança no canteiro mesmo não estando presente na obra	-	-	100%	-	-	-	20%	80%

Fonte: os autores.

As principais melhorias para a inspeção decorrentes da aplicação da inspeção com VANT e da plataforma *Smart Inspecs* Obras foram realizar a inspeção em áreas de difícil acesso e a possibilidade acompanhar as condições de segurança da obra remotamente, conforme encontrado no estudo anterior [9]. Os resultados indicam que apesar das melhorias de sistema promovidas no desenvolvimento da plataforma web em relação ao protótipo, tais avanços foram pouco perceptíveis pelo usuário final, uma vez que a equipe é diferente dos estudos anteriores.

Para avaliação do **constructo funcionalidade** foi realizada a comparação do tempo gasto durante as atividades de inspeção com VANT sem o uso do *Smart Inspecs* Obras [8], utilizando o protótipo do sistema [9] e com a Plataforma Web, cujos resultados são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Tempo para inspeção de segurança com VANT

Sem sistema – relatório manual [8]	Tempo médio (min)	Protótipo do sistema [9]	Tempo médio (min)	Sistema finalizado	Tempo médio (min)
Coleta de imagens com VANT	20	Coletar imagens com VANT e preencher a lista de verificação digital	20	Coletar imagens com VANT e preencher a lista de verificação digital	20
Análise de imagem e preenchimento de lista de verificação manual	90	Análise de imagens e upload das imagens para o relatório	30	Análise de imagens e upload das imagens para o relatório	15
Preparação de relatório	90	Entrega de relatório por e-mail	5	Entrega de relatório por e-mail	5
Entrega de relatório por e-mail	5	-	-	-	
Tempo total	205	Tempo total	55	Tempo total	40

Fonte: os autores.

A adoção da plataforma web permitiu uma redução de 80% do tempo necessário para o processamento dos dados e entrega do relatório quando comparado à proposta

inicial, que envolvia a aquisição de imagens com VANT, porém com processamento e análise manual. A redução e a simplificação das etapas proporcionada pela implementação da plataforma web reduziu em 50% o tempo necessário para a finalização do relatório quando comparado ao protótipo. No estudo anterior, os relatórios eram desenvolvidos no Google Planilhas e era necessário gerar um link em um site de hospedagem de imagens para cada foto de não conformidade. No sistema atual estas etapas foram simplificadas, por exemplo, as fotos são inseridas diretamente no relatório, conforme indicado no campo “Concluir último relatório” apresentado na Figura 4.

CONCLUSÕES

A simplificação de etapas do processo de inspeção de segurança no canteiro proporcionada pela plataforma web *Smart Inspecs* Obras, desenvolvida e implementada neste trabalho, reduziu em média 80% do tempo de inspeção quando comparado ao uso do VANT sem sistema e 50% do tempo necessário para a conclusão do relatório quando comparado ao protótipo.

Sob a perspectiva de colaboração para a gestão da segurança, percebeu-se uma melhoria no compartilhamento de informações, que pode ser justificada pela nova forma de apresentação do relatório. Com relação à utilidade, identificou-se que a fase da obra influencia na percepção do usuário quanto ao uso do sistema informatizado de inspeção com VANT. Em fases iniciais, como fundações, nas quais as atividades são majoritariamente externas, as inspeções com VANT tem uma melhor representatividade das condições gerais de segurança do canteiro.

Como implicações práticas deste trabalho, a partir da implementação desta plataforma web, espera-se melhores condições de segurança nas obras, mais empresas estimuladas a investir para melhorar a segurança de suas obras e introduzir melhorias contínuas, menos acidentes, maior produtividade, menor custo e cumprimento de prazos. Neste sentido, entende-se como futuros trabalhos, a necessidade de mensurar estes impactos para o setor da construção.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação do Brasil, por meio do CNPq (Número de concessão 421262 / 2018-4) e pela construtora MRV Engenharia. Os autores também agradecem ao Ministério da Educação do Brasil por meio da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio com as bolsas de estudos dos alunos.

REFERÊNCIAS

[1] AWOLUSI, I.; MARKS, E.; HALLOWELL, M. Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices. **Automation in Construction**, v. 85, p. 96-106, 2018.

[2] LIN, K.Y.; TSAI, M.-H.; GATTI, U.C.; LIN, J.J.-C.; LEE, C.-H.; KANG, S.-C. A user-centered Information and Communication Technology (ICT) tool to improve safety inspections. **Automation in Construction**. v. 48, p. 53-63, 2014.

[3] ZHOU, Z.; IRIZARRY, J.; LI, Q. Applying advanced technology to improve safety management in the construction industry: a literature review. **Construction Mangement and Economics**, v. 31, n. 6, p. 606-622, 2013.

[4] 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.

[5] ZHANG, H.; CHI, S.; YANG, J.; NEPAL, M.; MOON, S. Development of a safety inspection framework on construction sites using mobile computing**. Journal of Management in Engineering**, v. 33, n. 3, 2016.

[6] GUO, S.; LI, J.; LIANG, K.; TANG, B. Improved safety checklist analysis approach using intelligent video surveillance in the construction industry–a case study. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, p. 1-26, 2019.

[7] 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.

[8] MELO, R. R. S. **Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)**. 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

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

[10] BRASIL. Ministério da Economia. Norma Regulamentadora nº 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Rio de Janeiro: 2020.

[11] MELO, R. R. S. **Modelo para desenvolvimento e aperfeiçoamento dos potenciais para resiliência assistido por meio do monitoramento da segurança com VANT.** 2020. 261f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador.