

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DIRETRIZES PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA EM CANTEIROS DE OBRA POR
MEIO DE IMAGEAMENTO COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Roseneia Rodrigues Santos de Melo

Salvador

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DIRETRIZES PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA EM CANTEIROS DE OBRA POR
MEIO DE IMAGEAMENTO COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Roseneia Rodrigues Santos de Melo

Dissertação apresentada ao **PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**
como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dayana Bastos Costa

Agência Financiadora: CNPq

Salvador

2016

DEDICATÓRIA

Dedico o resultado desse trabalho aos meus pais, José (*in memoriam*) e Rosa Melo, por sempre acreditarem no meu potencial, a minha adorada avó, Maria José (*in memoriam*) pelas preces e orações, ao meu esposo, Ricardo Fernandes, pelo carinho e companheirismo. Enfim, a família, pois ela é a base de tudo.

FORMAÇÃO DO CANDIDATO

Engenheira Civil, formada pela Universidade Federal da Bahia, UFBA (2014).

“Não ande apenas pelo caminho traçado, pois ele conduz somente até onde os outros já foram. ”

Alexander Graham Bell

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE ROSENEIA RODRIGUES SANTOS DE MELO APRESENTADA AO MESTRADO
EM ENGENHARIA CIVIL, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, EM 25 DE
OUTUBRO DE 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof.(a) Dr.(a) Dayana Bastos Costa
Orientadora
PPEC – UFBA

Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin
PPEC - UFRGS

Prof. Dr. Mauro José Alexandrini Junior
PPEC – UFBA

AGRADECIMENTOS

À Deus, sem o qual o nada seria possível.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos, que proporcionou dedicação exclusiva para o desenvolvimento deste trabalho.

As empresas participantes do projeto, pela atenção e pelo interesse, que tornaram este trabalho executável.

À Professora Dayana Bastos Costa, pela orientação e pelos conselhos que contribuíram de forma positiva para o meu crescimento profissional e pessoal, acreditando na minha capacidade, e por ser um grande exemplo de dedicação.

Aos alunos de iniciação científica do projeto (Ângelo, Carolina e Amanda), e em especial a Juliana Álvares pelo companheirismo, dedicação e apoio no desenvolvimento desta dissertação.

Aos alunos do grupo de pesquisa GETEC pelo carinho e parceria.

Agradeço aos colegas do mestrado, pelo convívio e pela amizade que tornaram os dias mais agradáveis, em especial a Daniela Mousse pelo incentivo nos momentos difíceis.

À D. Rô pelo carinho e pelo cuidado durante esse período.

Agradeço a minha família, a meu pai, José (*in memoriam*), por ter me ensinado a lutar e nunca desistir dos meus objetivos, a minha mãe, Rosa, por estar sempre ao meu lado, com seu amor e compreensão, e aos meus irmãos Rosiane e Rodinei pelo apoio e carinho.

Ao meu esposo, Ricardo Fernandes, pelo apoio e paciência durante as crises de estresse, e pelo incentivo nos momentos de felicidades e tristezas.

A todos, que contribuíram de alguma forma, para o desenvolvimento desta dissertação, eu lhes peço com carinho, muito obrigado!

RESUMO

O uso de tecnologias em canteiros de obras é um dos desafios para a gestão da construção. Estudos recentes relatam o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) aplicados a atividades de infraestrutura de transporte e monitoramento de canteiro, despertando a atenção da indústria da construção. Apesar do alto potencial dessa tecnologia, novos estudos ainda são necessários para orientar o desenvolvimento de procedimentos operacionais para o uso efetivo desta tecnologia, principalmente para o monitoramento da segurança em canteiros. Este estudo tem por objetivo propor diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com VANT. Para tal, foram realizados dois estudos de caso, conduzidos através do protocolo de inspeção desenvolvido, incluindo as etapas de planejamento da missão, coleta de dados com VANT, processamento e análise dos ativos visuais (fotos e vídeos). Os dados foram coletados a partir de voo exploratórios em canteiro de obras para reunir ativos visuais, aplicação de questionários e entrevistas com os envolvidos no projeto. A avaliação do processo de inspeção da segurança em canteiros com VANT baseou-se nos constructos: utilidade, desempenho do equipamento e riscos associados ao uso da tecnologia. Em vista disso, os dados foram analisados com base no protocolo de inspeção e indicadores desenvolvidos através da aplicação do *checklist* de segurança, tais como percentual dos itens visualizados e grau de não conformidades das condições de trabalho. Como resultado, os ativos visuais coletados com VANT proporcionou a visualização de 87% (Estudo A), e 60% (Estudo B) dos itens de inspeções de segurança avaliados, além de fornecerem informações para a identificação de atos e condições inseguras em ambos os estudos. Dentre as principais barreiras para uso da tecnologia, destacam-se o tamanho e a localização do projeto, fatores meteorológicos, treinamento de pilotos e observador. A principal contribuição desta pesquisa é o desenvolvimento de um conjunto de procedimentos e diretrizes para coletar, processar e analisar os requisitos de segurança através dos ativos visuais coletados com VANT, a fim de identificar o potencial de incorporação dessa tecnologia na rotina de gerenciamento de segurança dos projetos.

Palavras Chaves: Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); Monitoramento de Canteiro; Gestão da Construção e Inspeção de Segurança.

GUIDELINES FOR SAFETY INSPECTION ON JOBSITES BY MEANS OF IMAGING WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES/SYSTEMS

ABSTRACT

The use of technologies on construction sites is one of the challenges for the management of construction. Recent studies report the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) applied to transport infrastructure and construction sites monitoring, calling the attention of the construction industry. Despite the high potential of this technology, new studies are still required to orient the development of operational procedures for the effectively use of this technology, mainly for on-site safety monitoring and inspection. This study aims to propose guidelines for safety inspection on construction sites through UAV imaging. Therefore, two case studies were carried out, conducted by means of an inspection protocol developed for mission planning, UAV data collection, processing, and analysis of the visual assets (photos and video recording). The data were collected from exploratory flights on jobsite to gather visual assets, and for further application of questionnaires and interviews with potential users. The evaluation of safety inspection on jobsites with UAV was based on its constructs: utility, equipment performance and risks associated with the use of the technology. In view of this, the data were analyzed on the basis of the inspection protocol and indicators developed through the application of the safety checklist, such as percentage of the items visualized and degree of non-compliance of the work conditions. As a result, the UAV visual assets provided the visualization of 87% (Project A) and 60% (Project B) of the safety inspection items evaluated and also provided detailed information for identification of acts and unsafe conditions in both cases. One of the main barriers to use this technology for such purposes includes the size and location of the project, meteorological conditions and pilots and observer training. The main contribution of this research is the development of a set of procedures and guidelines for collecting, processing and analyzing safety requirements from UAS visual assets on jobsite to identify the potential to incorporate this technology into the project's safety management routine.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles/Systems; Jobsite Monitoring; Construction Management and Safety Inspection.

SUMÁRIO

BANCA EXAMINADORA.....	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
SUMÁRIO.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xii
ÍNDICE DE QUADROS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xvi
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Justificativa do trabalho	18
1.2 Problema de pesquisa	20
1.3 Objetivos.....	23
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	23
1.3.2 <i>Objetivos secundários</i>	23
1.4 Delimitação da pesquisa.....	23
1.5 Estrutura do trabalho	23
2 VEÍCULO ÁEREO NÃO TRIPULADO (VANT)	25
2.1 Definição e características gerais	25
2.2 Panorama regulatório do uso do VANT	27
2.2.1 <i>Brasil</i>	27
2.2.2 <i>Internacional</i>	30
2.3 Aplicações dos VANTs na Engenharia	34
2.3.1 <i>Infraestrutura de transportes</i>	34
2.3.2 <i>Inspeção de estruturas</i>	35
2.3.3 <i>Mapeamento e modelagem 3D</i>	38
2.3.4 <i>Monitoramento de canteiro de obras</i>	40
2.4 Considerações sobre os estudos com VANT	43
2.5 As barreiras e benefícios associados ao uso do VANT	45
2.5.1 <i>Barreiras</i>	45
2.5.2 <i>Benefícios</i>	46
3 SEGURANÇA DO TRABALHO	48

3.1	Conceitos básicos.....	48
3.1.1	<i>Acidente.....</i>	48
3.1.2	<i>Quase acidente.....</i>	48
3.1.3	<i>Risco e perigo.....</i>	49
3.2	Principais causas de acidentes na indústria da construção.....	50
3.3	Normas e regulamentações de segurança no Brasil.....	51
3.4	Gestão da Saúde e Segurança do Trabalho.....	53
3.4.1	<i>Política de SST.....</i>	54
3.4.2	<i>Planejar.....</i>	55
3.4.3	<i>Implementar e operar.....</i>	56
3.4.4	<i>Verificação e ação corretiva.....</i>	57
3.5	Inspeção de segurança.....	57
3.5.1	<i>Uso de tecnologias emergentes para inspeção e monitoramento da segurança.....</i>	63
4	MÉTODO DE PESQUISA.....	65
4.1	Estratégia de pesquisa.....	65
4.2	Etapas da pesquisa.....	66
4.2.1	<i>Revisão da literatura.....</i>	66
4.2.2	<i>Adaptação dos protocolos VANT Georgia Tech.....</i>	67
4.2.3	<i>Estudos exploratórios e treinamento VANT.....</i>	71
4.2.4	<i>Estudos de Caso.....</i>	72
4.2.5	<i>Avaliação do desempenho do processo de inspeção de segurança com VANT.....</i>	80
4.2.6	<i>Fontes de evidência complementar.....</i>	82
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	85
5.1	Estudo de Caso – Obra A.....	85
5.1.1	<i>Análise de reação.....</i>	87
5.1.2	<i>Análise do potencial de visualização.....</i>	88
5.1.3	<i>Análise do potencial de visualização por tipo de captura.....</i>	90
5.1.4	<i>Análise de conformidade da segurança do trabalho.....</i>	91
5.2	Estudo de Caso – Obra B.....	99
5.2.1	<i>Análise de reação.....</i>	100
5.2.2	<i>Análise do potencial de visualização.....</i>	100
5.2.3	<i>Análise do potencial de visualização por tipo de captura.....</i>	102

5.2.4	<i>Análise de conformidade da segurança do trabalho</i>	103
5.3	Análise cruzada dos estudos de caso.....	110
5.3.1	<i>Comparativo entre Estudos A e B</i>	110
5.4	Avaliação de desempenho do processo de inspeção com o VANT...	114
5.4.1	<i>Utilidade</i>	114
5.4.2	<i>Desempenho do equipamento</i>	117
5.4.3	<i>Riscos associados com o uso da tecnologia</i>	119
5.5	Diretrizes para o uso de VANT para inspeção de segurança em canteiros....	121
5.5.1	<i>Planejamento</i>	122
5.5.2	<i>Coleta e processamento de dados com VANT</i>	123
5.5.3	<i>Análise e proposição de melhorias</i>	125
6	CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS	127
6.1	Conclusões	127
6.2	Recomendações para estudos futuros	133
	REFERÊNCIAS	135
	APÊNDICE 1- FORMULÁRIO PARA REUNIÃO DE PLANEJAMENTO.....	143
	APÊNDICE 2: CHECKLIST PARA MISSÃO.....	147
	APÊNDICE 3: CHECKLIST DE SEGURANÇA SEGUNDO TIPOS DE CAPTURA	150
	APÊNDICE 4: CHECKLIST DE SEGURANÇA SEGUNDO TIPOS DE CAPTURA - VERSÃO CAMPO	154
	APÊNDICE 5: ROTEIRO DA ENTREVISTA COM ENVOLVIDOS NO PROJETO	156
	APÊNDICE 6: ROTEIRO DE ENTREVISTA COM COLABORADORES.....	157
	ANEXO 1: SAFETY CHECKLIST BY SNAPSHOT TYPES	158

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Percentual de não conformidades por inspeção – Estudo A	99
Tabela 2: Percentual de não conformidades por inspeção – Estudo B	110
Tabela 3: Comparativo do Potencial de Visualização	111
Tabela 4: Comparativo do % de não conformidades.....	113
Tabela 5: Índice de importância relativa	115
Tabela 6: Percepção dos Gestores acerca dos riscos associados ao VANT	119
Tabela 7: Percepção dos trabalhadores acerca dos riscos associados ao VANT...	120

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Principais requisitos legais para o uso de VANT (Classe 3).....	30
Quadro 2: Principais requisitos para o uso de VANT em nível Internacional	33
Quadro 3: Potenciais fatores que influenciam no desempenho do VANT	41
Quadro 4: Potenciais benefícios.....	42
Quadro 5: Lista com os itens de segurança avaliados (24 itens)	69
Quadro 6: Planilha Flight Log (Fase de treinamento).....	71
Quadro 7: Descrição das visitas realizadas na Obra A	77
Quadro 8: Dados Coletados com VANT durante as visitas na Obra A.....	77
Quadro 9: Descrição das visitas realizadas na Obra B	79
Quadro 10: Dados Coletados com VANT durante as visitas na Obra B.....	79
Quadro 11: Variáveis e fontes de evidência para análise dos constructos	81
Quadro 12: Análise de conformidade - Overview (Estudo A)	91
Quadro 13: Análise de conformidade - Medium View (Estudo A).....	93
Quadro 14: Análise de conformidade – <i>Close Up</i> Cobertura (Estudo A).....	94
Quadro 15: Análise de conformidade – <i>Close Up</i> Concretagem e Alv. (Estudo A) ...	96
Quadro 16: Análise de conformidade – <i>Close Up</i> Operação e Equipamento (Estudo A)	97
Quadro 17: Análise de conformidade – <i>Close Up</i> Fachada (Estudo A).....	98
Quadro 18: Análise de conformidade - Overview (Estudo B)	103
Quadro 19: Análise de conformidade – <i>Medium View</i> (Estudo B).....	104
Quadro 20: Análise de conformidade – <i>Close Up</i> concretagem e alvenaria (Estudo B)	106
Quadro 21: Análise de conformidade – <i>Close Up</i> Operação e equipamento (Estudo B)	107
Quadro 22: Análise de conformidade – <i>Close Up</i> fachada (Estudo B).....	108
Quadro 24: Barreiras e benefícios das inspeções de segurança com VANT	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Exemplos de estações de pilotagem remota (RPS).....	25
Figura 2: Tipos de VANT (a) asa fixa; (b) asas rotativas; (c) dirigíveis; (d) asas batedoras.	26
Figura 3: Classificação das RPAs baseada no seu PMD	28
Figura 4: Operação em Linha de Visada Visual	29
Figura 5: Panorama da Regulamentação do VANT no mundo	31
Figura 6: Esquema de mapeamento de fachada horizontal e vertical.....	36
Figura 7: Modelo conceitual de fatores	41
Figura 8: Perigos/riscos mais frequentes na indústria da construção	50
Figura 9: Modelo de sistema de gestão da SST, segundo a OHSAS.	54
Figura 10: Processo de inspeção de segurança	61
Figura 11: Sistematização de etapas do processo de inspeção.....	62
Figura 12: Delineamento da Pesquisa	66
Figura 13: Modelo de captura de imagens. (a) Overview; (b) Medium View e (c) Close Up	69
Figura 14: DJI Phantom 3 Advanced.....	71
Figura 15: Ativos visuais coletados durante o treinamento com VANT no IHAC.....	72
Figura 16: Protocolo de inspeção de segurança com VANT.....	73
Figura 17: Imagem do canteiro (<i>overview</i>).....	76
Figura 18: <i>Close Up view</i> da fachada da Obra B	78
Figura 19: Processos Críticos do processo de estrutura em parede de concreto: (a) platibanda;(b) plataforma externa;(c) cobertura e (d) concretagem	87
Figura 20: Resultado da análise do Checklist de Segurança – Estudo A.....	88
Figura 21: Análise por Tipo de Captura - Obra A	90
Figura 22: Resíduos não protegidos da chuva ou intempéries.....	92
Figura 23: Plataforma primária com falhas na forração do piso	94
Figura 24: Trabalhadores sem EPI executando platibanda.....	95
Figura 25: Trabalhadores sem EPI executando telhado	95
Figura 26: <i>Close Up</i> do serviço de concretagem.....	97
Figura 27: Operação de descarga do concreto	98
Figura 28: Resultado da análise do Checklist de Segurança – Estudo B.....	101
Figura 29: Análise por tipo de captura – Obra B	102

Figura 30: Representação do acúmulo de resíduos na área de trabalho	104
Figura 31: Plataforma com forração do piso irregular	105
Figura 32: Plataforma de proteção com sobrecarga	105
Figura 33: Condições de trabalho inseguras	106
Figura 34: Operação de carga e descarga	108
Figura 35: <i>Close Up</i> - serviço de fachada	109
Figura 36: Falhas no fechamento da periferia dos pavimentos	109
Figura 37: Composição amostral do Questionário de Importância	114
Figura 38: Protocolo de inspeção de segurança com VANT	122

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BVLOS	<i>Beyond Visual Line of Sight</i>
CAA UK	<i>Civil Aviation Authority-United Kingdom</i>
CAVE	Certificado de Autorização de Voo Experimental
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CSCMP	<i>Council of Supply Chain Management Professionals</i>
CTA	Centro Tecnológico Aeroespacial
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DGAC	<i>Dirección General de Aeronautica Civil</i>
DIAM	<i>Declaração de Inspeção Anual de Manutenção</i>
DOTs	<i>Departments of Transportation</i>
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i>
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
EVLOS	<i>Extended Visual Line of Sight</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GIS	<i>Geographical Information System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
LIDAR	<i>Light Detecting and Ranging</i>
MCTI	Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação
NR	Normas Regulamentadoras
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Services</i>
PMD	Peso Máximo de Decolagem
RFID	<i>Identificação por Radiofrequência</i>
RPA	<i>Remotely-Piloted Aircraft</i>
RPAS	<i>Remotely-Piloted Aircraft System</i>

RPS	<i>Remote Pilot Station</i>
SGSST	Sistema de Gestão da Saúde e Segurança do Trabalho
SSO	Saúde e Segurança Ocupacional
SUA	<i>Small Unmanned Aircraft</i>
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UAS	<i>Unmanned Aircraft/Arial System</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VLOS	<i>Visual Line of Sight</i>
VR	<i>Virtual Reality</i>

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa do trabalho

Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como *drones* e, em inglês, denominado como *Unmanned Aerial Vehicles/Systems* (UAV/UAS), são definidos como toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, e que não seja de caráter recreativo (ANAC, 2015).

Inicialmente, os VANTs foram utilizados para fins militares, no entanto, seu uso tem se tornando cada vez mais atraente para aplicações comerciais e governamentais devido ao enorme potencial de monitoramento e inspeção (PURI, 2005). Isso se deve, aos avanços tecnológicos nos setores de processamento de imagens e miniaturização de componentes eletrônicos impulsionado pelo mercado de telecomunicações nas últimas décadas.

A evolução contínua das plataformas VANT tem possibilitado a utilização desta tecnologia emergente em diversas aplicações, tais como: agricultura e pecuária, vigilância e controle de tráfego, monitoramento de situações de emergência, como incêndios e desastres naturais, campanhas publicitárias, mercado imobiliário, além dos diferentes domínios da engenharia civil. Tal potencial de uso está diretamente relacionado ao baixo custo, à alta mobilidade, à segurança oferecida e à velocidade de aquisição e transferência de dados, como imagens e vídeos (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014; KIM; IRIZARRY, 2015). Além disso, o VANT pode ser utilizado em situações em que uma inspeção tripulada não seja possível (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

Na engenharia civil, os estudos são recentes, tendo como destaque: as áreas de infraestrutura de transportes, para monitoramento e manutenção de pavimentos, rodovias (ZHANG, 2008; THEMISTOCLEOUS *et al.*, 2014); inspeção e monitoramento de pontes (METNI; HAMEL, 2007; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014); inspeção de edificações, para monitoramento de patologias, manutenção de fachadas e mapeamento de monumentos históricos (ESCHMANN *et al.*, 2012; EMELIANOV; BULGAKOW; SAYFEDDINE, 2014; TOROK; GOLPARVAR-FARD; KOCHERSBERGER, 2014; ELLENBERG *et al.*, 2015); modelagem 3D para reconstrução de edificações (KÜNG *et al.*, 2011; WEFELSCHEID; HÄNSCH; HELLWICH, 2011), aerofotogrametria (REMONDINO *et al.*, 2011; HUDZIETZ;

SARIPALLI, 2011) e cálculo de medição de volume através de modelo digital de terreno (HUGENHOLTZ *et al.*, 2015); além de aplicação específicas em monitoramento de canteiro de obras, principalmente as áreas relacionadas à segurança do trabalho e logística (IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012; KIM; IRIZARRY, 2015; IRIZARRY; COSTA, 2016; BLINN; ISSA, 2016; GHEISARI; ESMAEILLI, 2016).

Embora haja grandes expectativas quanto ao impacto econômico do crescimento da indústria dos VANTs no Brasil e no mundo, a falta de regulamentação para o uso comercial do VANT é um dos grandes entraves para a sua disseminação. Segundo Herrmann (2016), as políticas e regulamentos em vigor têm atuado como barreiras no processo de implantação dos VANTs em canteiros de obras.

No Brasil, as atividades de aviação comercial são reguladas e monitoradas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Segundo a ANAC (2015), os critérios exigidos para a operação legal do VANT variam de acordo com a classificação das aeronaves, baseado em seu Peso Máximo de Decolagem (PMD) e com os tipos de operação (remotamente pilotada ou autônoma), de acordo com o propósito (experimental, comercial e corporativa) e os critérios visuais (linha de visada visual e além da linha de visada visual).

Em nível internacional, alguns países estão na vanguarda do processo regulatório, visto a importância da regulamentação para o mercado econômico, assim como para o uso do espaço aéreo com segurança. Dentre os países pioneiros destacam-se a Austrália, o Canadá e a França, entretanto os critérios variam para cada país (SCHREIBER; OSTIARI, 2014).

Apesar das barreiras encontradas para a implementação da tecnologia, estudos vêm sendo desenvolvido para avaliar o potencial de uso da tecnologia aplicado à gestão de obra. Dentre os estudos de maior impacto destacam-se: Irizarry, Gheisari e Walker (2012), que realizaram uma avaliação inicial da utilização do VANT como uma ferramenta para auxiliar na gestão da segurança dentro do canteiro de obras; Irizarry, Costa e Kim (2015), que identificaram por meio de estudos exploratórios potenciais aplicações para os ativos visuais (fotos e vídeos) obtidos com o VANT, e Kim e Irizarry (2015), que identificaram fatores que influenciam no desempenho do VANT para monitoramento segurança em canteiros de construções de estradas, com destaque para redução do tempo em atividades de monitoramento.

Dentre as potencias áreas de aplicação do VANT, Irizarry e Costa (2016) identificaram a segurança do trabalho como uma área com necessidade de aplicação latente. Tal condição pode ser atribuída ao desprovimento de informações relativo às condições de segurança nos canteiros de obra. Shrestha, Yfantis e Shrestha (2011) afirmam que as condições inseguras sob as quais os trabalhadores estão submetidos são consideradas uma das principais causas de acidentes na indústria da construção. Dessa forma, Enshassi e Zaiter (2014) argumentam que existe uma forte relação entre a ocorrência de acidentes e a carência de informações relativa às condições de trabalho nos canteiros de obras.

Em vista disso, Saurin *et al.* (2005) afirmam que novos mecanismos são necessários para garantir a execução do trabalho em zonas de riscos, especialmente em locais de difícil acesso, por não ter ferramentas que permitam avaliar o risco de forma realística.

Nesse sentido, estudos recentes em outros domínios da engenharia apontam que o uso do VANT pode suprir a necessidade de informações visuais e monitoramento em tempo real (ZHANG, 2008; THEMISTOCLEOUS *et al.*, 2014). Quanto à gestão da segurança, Irizarry, Gheisari e Walker (2012) complementam a importância da adoção de tecnologias emergentes no Sistema de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho (GSST). Dessa forma, busca-se por meio do uso do VANT, apoiar em atividades da gestão da segurança, corroborando na identificação e correção de condições e/ou atos inseguros, conseqüentemente, contribuindo com a prevenção de acidentes.

1.2 Problema de Pesquisa

O planejamento e controle da produção são essenciais na prevenção de acidentes de trabalho, principalmente em processos que envolvem elevados riscos (CAMBRAIA; SAURIN; FORMOSO, 2010). Para tal, a gestão da segurança e a análise de risco devem ser trabalhadas de forma associadas, levando em conta a investigação das causas e fenômeno dentro de uma rede interativa (WEHBE; HATTAB; HAMZEH, 2016).

Em vista disso, o sistema da gestão da segurança, usualmente, deve compor as etapas de: políticas de GSST, planejamento, implementação e operação, inspeção e ação corretiva, além da análise crítica dos resultados (OHSAS 18001, 2007). Para

que haja melhoria contínua do processo, todas as etapas devem atuar de forma eficiente.

Devido ao fato da indústria da construção ser conhecida pela alta ocorrência de acidentes e pela negligência quanto às condições de trabalho, as medidas de controle e prevenção de acidentes em canteiros de obras são imprescindíveis (SAURIN, 2002; DIAS, 2009; IRIZARRY; GHEISARI e WALKER, 2012).

Segundo Lingard (2013), a Organização Internacional do Trabalho (OIT) estima que a construção civil em países industrializados emprega de 6% a 10% da força de trabalho, porém é responsável por 25% a 40% das mortes relacionadas com trabalho. A OIT estima ainda que pelo menos 60.000 acidentes fatais ocorram a cada ano em construções em todo o mundo (LINGARD, 2013). No Brasil, segundo dados divulgados pelo Anuário Estatístico da Previdência Social do ano de 2013, foram registrados um total 61.899 acidentes fatais relacionados à indústria da construção civil. Tais dados são chocantes e explicitam a necessidade de um esforço coordenado e focado para desenvolver, implantar e avaliar novas abordagens em prol da resolução desse problema (LINGARD, 2013).

Embora seja perceptível o crescimento das iniciativas por parte de empresas de construção, entidades setoriais e governamentais com o intuito de melhorar o desempenho da segurança na construção, tais avanços são oriundos principalmente pelo cumprimento de exigências legais (CAMBRAIA, SAURIN e FORMOSO, 2010).

Além disso, percebem-se poucos investimentos por parte das empresas construtoras para a identificação dos riscos de segurança na sua origem, bem como para a inspeção adequada dos processos construtivos e equipamentos ao longo do processo de execução (CAMBRAIA, SAURIN e FORMOSO, 2010). Por consequência, segundo Saurin (2002), a ausência de garantia das condições de segurança nos canteiros de obra é uma das carências enfrentada pelo setor da construção.

Tais problemas são provenientes da ineficiência e ineficácia da gestão, no qual os requisitos de segurança são normalmente trabalhados de forma independente da gestão da produção (SAURIN; FORMOSO; GUIMARÃES, 2002). Assim, medidas são necessárias para corrigir a falta de postura na promoção da segurança em canteiro, assim como medidas relativas à melhoria da visualização para o monitoramento eficiente das condições de trabalho, no qual a falta de transparência propaga a ocorrência de erros, além de impedir a proposição de melhoria.

Apesar da inspeção de segurança ser uma das atividades que compõe a gestão da segurança, cuja atuação está diretamente relacionada à detecção de perigo e correção de condições inseguras que podem vir a provocar danos ou lesões aos trabalhadores (WOODCOCK, 2014; LIN *et al.*, 2014). Ainda é possível identificar algumas falhas no processo, especialmente relacionada à falta de procedimento estruturado para condução da rotina de inspeção, as dificuldades de acesso em áreas remotas e a gestão em tempo real (LIN *et al.*, 2014; SAURIN; FORMOSO; GUIMARÃES, 2002).

Segundo Irizarry, Gheisari e Walker (2012), devem-se estabelecer rotinas de inspeção alinhadas com a gestão de segurança do canteiro, a fim de avaliar as condições de trabalho baseando-se em critérios ou requisitos de segurança estimulados por normas e regulamentações. No entanto, o tamanho do canteiro e a quantidade de atividades a serem observadas influem no tempo gasto para a avaliação, o que pode vir a comprometer a eficiência e eficácia do processo de inspeção (CAMBRAIA; SAURIN; FORMOSO, 2010; IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012).

Novas tecnologias são imprescindíveis para facilitar as atividades de inspeção e tornar os processos mais eficientes (SAURIN *et al.*, 2005). Segundo Irizarry e Costa (2016) e Irizarry e Kim (2015), o uso do VANT pode contribuir no processo de monitoramento da segurança, na detecção e correção de erros, corroborando com a redução dos acidentes.

Apesar dos avanços, ainda se desconhece qual o impacto do VANT quanto à redução da variabilidade do processo, simplificação e minimização das etapas e o aumento da transparência. Tais princípios devem ser investigados devido a uma série de problemas, que reduzem a eficiência e eficácia das inspeções (KIM *et al.*, 2008; PARK; LEE; WANG, 2013).

Neste sentido, o estudo proposto se justifica pelo caráter inovador do uso de uma tecnologia emergente, mas que carece de estudos sistemáticos sobre as suas possíveis aplicações, benefícios e dificuldades de uso na construção civil, em especial para gestão da segurança em canteiros de obra.

O presente projeto de pesquisa faz parte de um projeto maior denominado de “Uso de Dispositivos Móveis para Monitoramento Integrado de Obras: Ênfase no Planejamento e Controle, Qualidade, Segurança e Sustentabilidade Ambiental”, financiado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Conselho

Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Este projeto vem sendo coordenado pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC) em parceria com a *Georgia Institute of Technology* nos Estados Unidos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

1.3.2 Objetivos Secundários

Dentre os objetivos secundários tem-se:

- a) Estabelecer um conjunto de procedimentos para sistematizar o processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT.
- b) Definir constructos para a avaliação do processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT.
- c) Avaliar o processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT.
- d) Identificar os fatores positivos e barreiras para inspeção de segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT.

1.4 Delimitação da Pesquisa

Para o presente trabalho, a tecnologia será aplicada apenas em canteiros de obras de edificações, no qual, serão avaliados apenas os itens de segurança que estão situados na área externa da edificação. Tal condição justifica-se pelo risco de operação do VANT dentro das edificações. Além disso, seguindo os requisitos de segurança do espaço aéreo, os canteiros selecionados são localizados em zonas permitidas para voo pela ANAC.

1.5 Estrutura do trabalho

Este projeto de pesquisa está organizado em seis capítulos visando apresentar os aspectos relevantes relacionados à tecnologia VANT- Veículo Aéreo Não Tripulado e a Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho, especialmente inspeção das condições de trabalho em canteiro.

O capítulo 2 tem por objetivo apresentar os conceitos relativos ao VANT, assim como suas aplicações para fins civis. Além disso, conta com um breve panorama sobre os requisitos legais para o uso do VANT em nível nacional e internacional.

O capítulo 3 aborda o Sistema de Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho, dando ênfase à atividade de inspeção de segurança em canteiro.

No capítulo 4 são apresentadas as informações relativas ao método de pesquisa utilizado, definições, estratégia e coleta de dados.

O capítulo 5 apresenta as análises dos resultados e discussões sobre os estudos de casos realizados.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões dos estudos e proposição para futuros trabalhos.

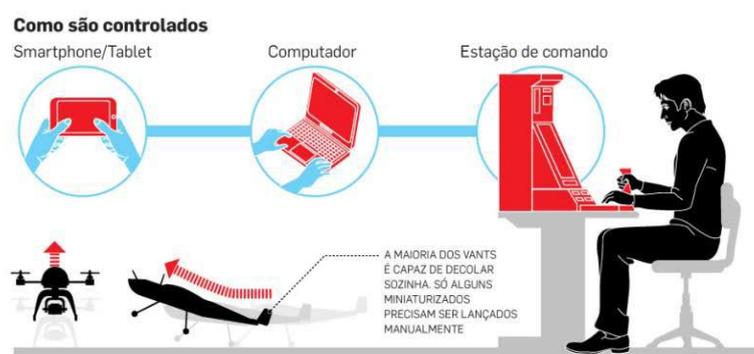
2 VEÍCULO ÁEREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Neste capítulo será abordada uma breve revisão da literatura sobre Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), tais como, definições e características dos VANTs, regulamentação proposta para o Brasil, e uma visão geral dos requisitos exigidos nível em internacional. Também serão apresentadas as principais aplicações de VANT na engenharia civil, os principais benefícios e barreiras identificados no processo de aplicação da tecnologia na engenharia.

2.1 Definição e Características Gerais

De acordo com a ANAC (2015), as aeronaves remotamente pilotadas são denominadas RPA (*Remotely-Piloted Aircraft*), as estações de pilotagem remota são chamadas RPS (*Remote Pilot Station*) (Figura 1) e todo o sistema de aeronaves remotamente pilotadas é denominado de RPAS (*Remotely-Piloted Aircraft System*), o qual significa todo o conjunto de elementos abrangendo uma RPA, o RPS correspondente, os dispositivos de comando e controle e quaisquer outros elementos envolvidos na operação.

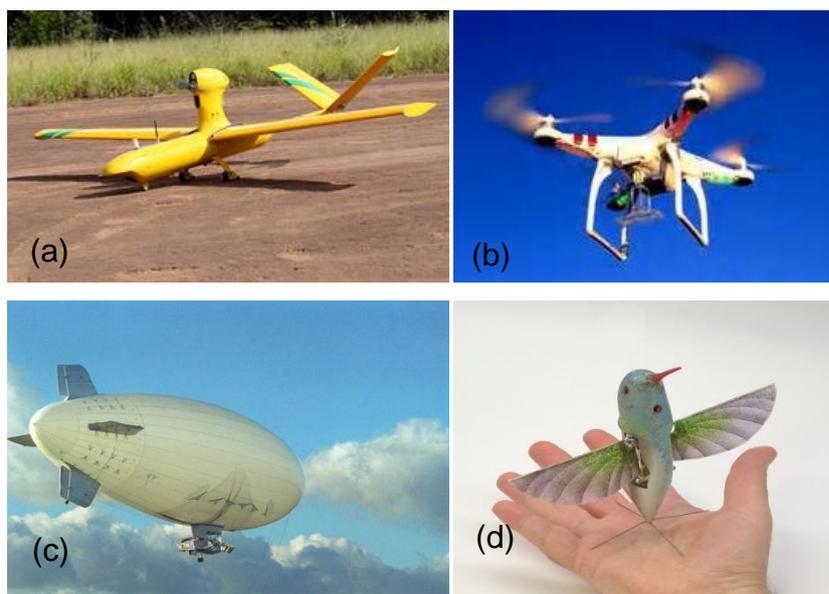
Figura 1: Exemplos de estações de pilotagem remota (RPS)



Fonte: (FERNANDES, 2015).

Segundo Angelov (2012), os VANTs podem ser classificados de acordo com as características aerodinâmicas, tais como, asa fixa, asa rotativa, dirigíveis e asas batedoras (*flapping-wing*), conforme a Figura 2.

Figura 2: Tipos de VANT (a) asa fixa; (b) asas rotativas; (c) dirigíveis; (d) asas batedoras.



Fonte:(a) <http://www.propertydrone.org>; (b) <http://democraciapolitica.blogspot.com.br>; (c) <http://www.eba.ufrj.br>; (d) <http://www.hightech-edge.com>

Segundo Puri (2005), as aeronaves de asa fixa necessitam de pistas para decolagem e pouso, em alguns casos, são utilizadas catapultas para lançamento, e geralmente são capazes de realizar voos de longa duração. As aeronaves de asa rotativa realizam pouso e decolagem verticalmente, tendo como vantagens a capacidade de manter-se estável no ar e a alta manobrabilidade. Tais características tem impulsionado o crescimento das aplicações com drones de asas rotativas.

Os dirigíveis são mais leves que o ar e realizam voos de longa duração, voam em baixa velocidade e normalmente são grandes em tamanho. Os VANTs de asa batidora possuem pequenas asas flexíveis inspiradas em pássaros e insetos voadores (ANGELOV, 2012).

A operação dos VANTs pode ser exercida diretamente por um piloto localizado em uma estação remota de pilotagem, o que significa que é possível à intervenção do piloto em qualquer fase do voo; ou pode ser exercido indiretamente através de programação, conhecido como operação autônoma, não sendo possível a intervenção do piloto remoto durante o voo; ou ainda pode ocorrer de maneira semiautônomas, funcionando como uma combinação das duas primeiras modalidades (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014). A operação autônoma de VANT ainda é proibida no Brasil (ANAC, 2015).

Segundo Morgenthal e Hallermann (2014), os VANTs apresentam certas limitações, principalmente os menores e mais leves. Devido ao seu tamanho reduzido,

apenas dispositivo pequeno e com pesos compatíveis podem ser acoplados aos VANTs. Além disto, a limitação quanto ao peso transportado exige pequenas baterias, o que reduz o tempo de voo; por fim, o sistema de voo é bastante sensível às mudanças meteorológicas, como chuvas e ventos mais fortes, justamente por conta do baixo peso da aeronave. Dentre as vantagens ressalta-se a capacidade de transferência dados em tempo real entre o VANT e a estação de controle, além do armazenamento de dados a bordo durante todo o voo (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

2.2 Panorama regulatório do uso do VANT

A regulamentação do VANT é necessária para que o mercado possa expandir sem ameaçar a segurança ou privacidade de indivíduos, controlando o risco de pirataria ou colisão com outros objetos, além de evitar o uso destes dispositivos para fins ilegais (SCHREIBER; OSTIARI, 2014). A seguir, apresenta-se uma breve explanação acerca da regulamentação do uso do VANT para fins civis, abordando os requisitos principais no contexto nacional e internacional.

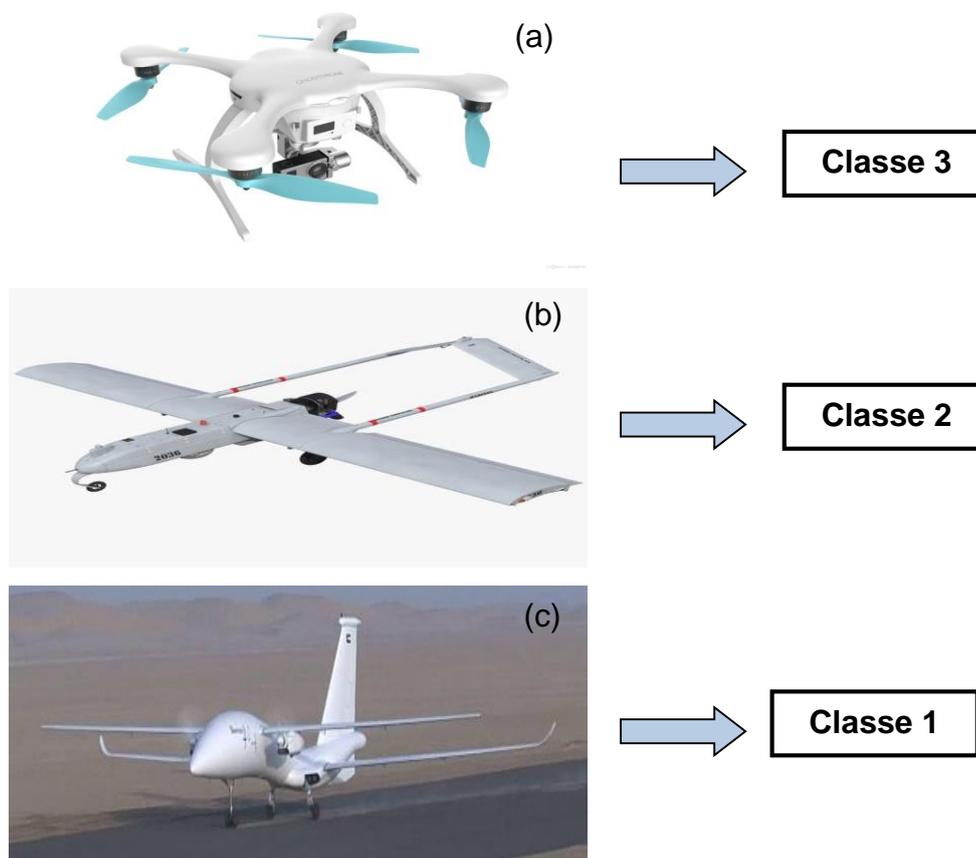
2.2.1 Brasil

A operação e uso civil de VANTs no Brasil são regulados e monitorados pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). Porém, devido ao fato da popularização desta tecnologia ser relativamente recente, no qual a sua utilização no Brasil está tomando proporções cada vez maiores, a ANAC publicou no dia 3 de Setembro de 2015 no Diário Oficial da União a sua proposta de regulamentação intitulada: Requisitos Gerais para Veículos Aéreos Não Tripulados e Aeromodelos, através do documento RBAC-E nº 94 (Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial), a qual foi aberta para audiência pública no período de 3 de Setembro a 2 de Novembro de 2015, aguardando a deliberação final pelo conselho da ANAC.

De acordo com a proposta de regulamentação da ANAC (2015), os critérios exigidos para a operação legal do VANT variam de acordo com a classificação das RPAs, baseada em seu PMD; e com os tipos de operação, de acordo com o propósito e os critérios visuais.

As RPAs são divididas em três classes: classe 1 são aquelas com PMD maior que 150Kg, classe 2 são as RPAs com PMD maior que 25Kg e menor ou igual a 150Kg, já a classe 3 são as RPAs com PMD menor ou igual a 25Kg. A Figura 3 apresenta alguns exemplos de RPA.

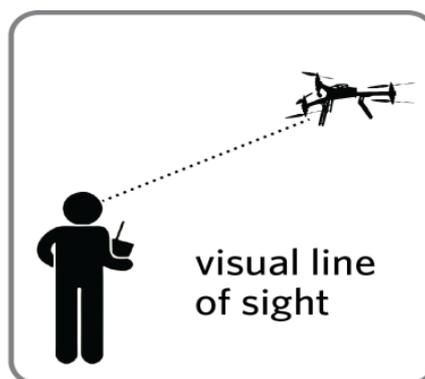
Figura 3: Classificação das RPAs baseada no seu PMD



Fonte:(a)<http://www.ehang.com/product/specs/>;(b)<http://www.militaryfactory.com/aircraft/unmanned-aerial-vehicle-uav.asp>; (c) <http://www.militaryfactory.com/aircraft>

Segundo a ANAC (2015), os VANTs podem operar, de acordo com os critérios visuais, de três maneiras: em Linha de Visada Visual (VLOS – *Visual Line of Sight*), na qual o piloto mantém constante o contato visual com o VANT (Figura 4); em Linha de Visada Visual Estendida (EVLOS – *Extended Visual Line of Sight*), que significa a operação na qual um observador, que auxilia o piloto, mantém constante o contato visual com o VANT; ou Além da Linha de Visada Visual (BVLOS – *Beyond Visual Line of Sight*), onde não são atendidos os critérios para operação em VLOS ou EVLOS.

Figura 4: Operação em Linha de Visada Visual



Fonte: <https://3dr.com/kb/safety/>

Segundo a ANAC (2015), as operações são classificadas de acordo com o propósito de uso do VANT, em que as operações dos VANTs são classificadas como experimentais, ou seja, sem fins lucrativos; as operações comerciais, quando há contratação de terceirizados para realizar serviços com VANT; e as operações corporativas, quando a própria empresa ou instituição utiliza o VANT sem fins experimentais.

Requisitos gerais são estabelecidos pela ANAC (2015), tais como a idade exigida ao piloto e observadores, que devem ser maiores de 18 anos, o porte do manual de voo durante a operação, a proibição da operação autônoma, a exigência de seguro com cobertura de danos a terceiros (exceto para órgão de segurança pública ou defesa civil), a proibição de cruzamento de fronteiras com o VANT, a permissão de voo apenas quando em áreas distantes de terceiros (exceto para órgão de segurança pública ou defesa civil) e o cadastro da aeronave junto a Anatel, independente das classificações.

Porém, critérios como, a exigência de registros dos voos junto ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), limitações em relação a voos sobre áreas urbanas e aglomerados rurais, tipo de registro da aeronave (Certificado de Matrícula Experimental, Certificado de Matrícula ou apenas Cadastro junto à ANAC), aprovação do projeto de RPAS, necessidade de Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE), necessidade de Certificado de Aeronavegabilidade Especial e necessidade de apresentar à ANAC uma Declaração de Inspeção Anual de Manutenção (DIAM), variam de acordo com o tipo da operação e a classe da RPA (ANAC, 2015).

O resumo dos principais critérios quanto aos requisitos legais quanto ao uso do VANT classe 3 e para fins experimentais está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Principais requisitos legais para o uso de VANT (Classe 3)

REQUISITOS	VLOS		BVLOS	
	Até 120m	> 120m	Até 120m	> 120m
Aeronavegabilidade	Cadastro	Registro	Registro	Registro
Licença/ habilitação piloto	Não	Sim	Não	Sim
CAVE - Certificado de Autorização de Voo Experimental	Não	Sim	Não	Sim
Homologação e cadastro da aeronave na ANATEL	Sim	Sim	Sim	Sim
Certificado Médico	Não	Não	Não	Não
Pilotos e observadores >18 anos	Sim	Sim	Sim	Sim
Pilotos e observadores com no mínimo, ensino médio completo	Sim	Sim	Sim	Sim
Operação autônoma	Não	Não	Não	Não
Seguro contra danos a terceiros	Sim	Sim	Sim	Sim
Operar a uma distância > 5 Km (raio) de aeroportos, aeródromos	Sim	Sim	Sim	Sim
Operar a uma distância de 30m de terceiros (exceto pessoas envolvidas e anuentes)	Sim	Sim	Sim	Sim
Operar em área urbana (até 60 m)	Sim	Não	Sim	Não

Fonte: Adaptado de ANAC (2015)

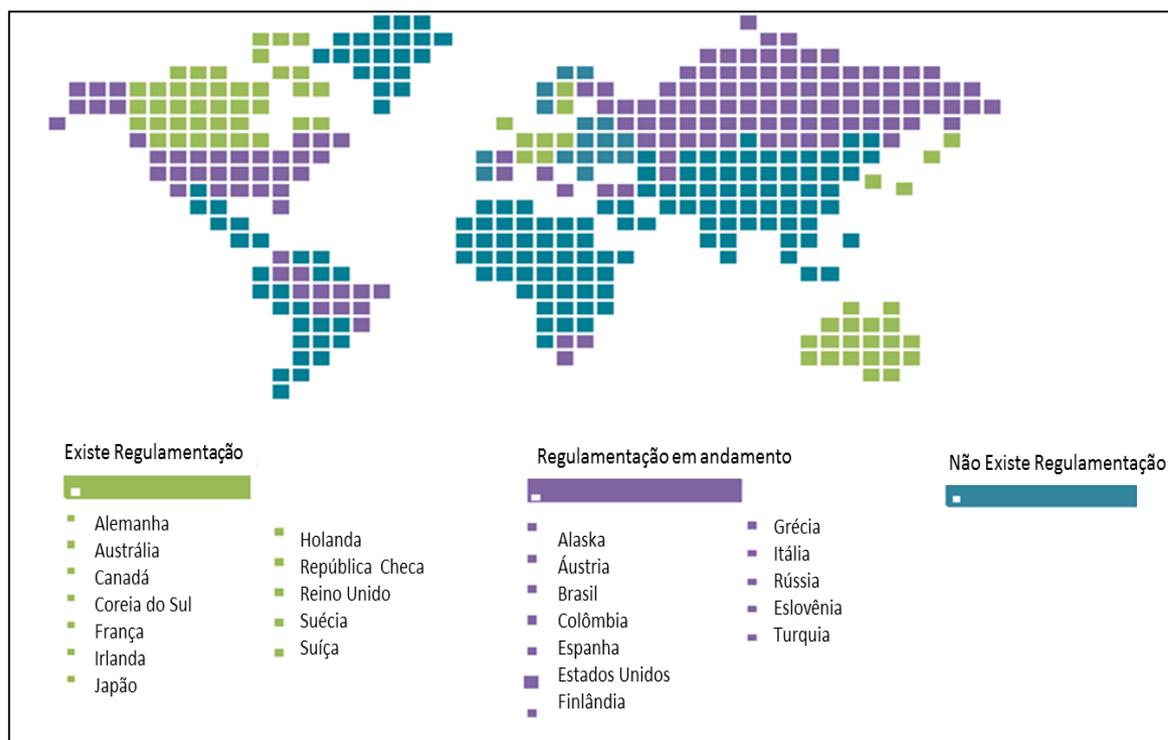
2.2.2 Internacional

Apesar da utilização do VANT para fins civis ser recente e ainda em processo de desenvolvimento em todo o mundo, ela se encontra em estágios diferentes a depender do país. A maioria dos países tem se visto obrigado a regular o uso do drone para fins civis, dado ao crescimento do mercado econômico.

Segundo Schreiber e Ostiari (2014), a França foi o terceiro país a regular o uso do VANT, depois da Austrália e do Canadá, sendo o pioneiro da regulamentação do VANT na Europa. A

Figura 5 apresenta um panorama da regulamentação do uso do VANT para fins civis no mundo.

Figura 5: Panorama da Regulamentação do VANT no mundo



Fonte: Adaptado de Schreiber e Ostiari (2014)

Para fins de compreensão das atuais regulamentações, foram selecionadas as regulações dos seguintes países: (a) Estados Unidos, devido à parceria com a *Georgia Technology Institute* na realização de estudos para avaliação do desempenho da tecnologia para monitoramento e inspeção de segurança em canteiros de obras; (b) Reino Unido, visto que representa os países da Europa que opera sobre a jurisdição da Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA) e (c) o Chile, pela proximidade geográfica e por compartilhar problemas políticos e sociais semelhantes ao Brasil.

Nos Estados Unidos, a utilização desta tecnologia é muito mais difundida do que no Brasil, e a instituição que regulamenta a utilização de VANTs é a Administração de Aviação Federal (FAA – *Federal Aviation Administration*). De acordo com a FAA (2016), para operar uma aeronave de até 25 Kg (55 libras), o operador deverá possuir um certificado de piloto remoto para VANT de pequeno porte ou estar sob a supervisão direta de uma pessoa que possuir um certificado de piloto remoto; não será necessário certificação de aeronavegabilidade, no entanto, o piloto deverá realizar uma verificação da aeronave para garantir que ela está em condição de operar com segurança; a aeronave só pode ser operada em linha de visada visual durante o dia; as aeronaves não podem ser operadas, sobre pessoas que não participam da

operação, sob estrutura coberta e dentro de estacionamento coberto; velocidade máxima de 100 milhas por hora (160,9 Km/h); altitude máxima de 400 pés (120 metros); deve ser operado por uma pessoa com pelo menos, 16 anos de idade, que deve passar pelo teste de conhecimentos da FAA e obter o certificado de operador VANT (FAA, 2016).

Embora a EASA (*European Aviation Safety Agency*) seja responsável pela regulamentação do espaço aéreo na Europa, a legislação para o uso do *drone* para fins civis ainda é um quadro fragmentado em toda a União Europeia, visto que as regras são diferentes em cada país. Em dezembro de 2015, a EASA publicou um parecer técnico sobre o funcionamento dos *drones*, que propõe a criação de regras comuns para operação de *drones* na Europa. As novas normas vão abranger a segurança, privacidade, proteção de dados, seguros e responsabilidade.

A operação de VANTs é regulada pela Aviação Civil do Reino Unido (CAA UK – *Civil Aviation Authority-United Kingdom*), e de acordo com a norma CAP 393. Como principais requisitos de segurança destacam que: (1) o uso do *drone* não deve pôr em perigo pessoas ou bens; (2) o piloto apenas pode executar voo se as condições para voo com segurança são satisfeitas; (3) o piloto deve manter a aeronave em contato visual direto, acompanhando sua trajetória e evitando possíveis colisões; (4) aeronaves com peso maior do que 7Kg não podem voar nas classes A,C, D e E do espaço aéreo a não ser que tenham permissão para voo emitidas pelo controle de tráfego, e acima dos 400 pés, equivalente a 120 metros. Os VANTs são classificados em três categorias de acordo com a massa: SUA (*Small Unmanned Aircraft*) com até 20Kg; *Light UAS (Unmanned Aerial System)*, que pesam mais de 20Kg e até 150Kg; e UAS, que pesam mais de 150Kg. Com base em tal classificação, as exigências de alguns requisitos podem variar, como por exemplo, a aprovação da aeronavegabilidade e registro do VANT, que não são exigidos para SUA, ou a permissão de operação e a qualificação do piloto, que são exigidos para todas as categorias (CAA, 2015).

A operação de VANT no Chile é regulada por meio da norma DAN 151, intitulada: Operações de Aeronaves Pilotadas a Distância (RPAS) em Assuntos de Interesse Público, que se efetuam em áreas povoadas; e ministrada pela Direção Geral da Aeronáutica Civil (DGAC – *Dirección General de Aeronautica Civil*). Segundo a referida norma, toda pessoa ou instituição que pretenda realizar operações com qualquer tipo de VANT deve obter a autorização de operação de RPAS outorgada

pela DGAC, a credencial do operador do VANT e um cartão de registro do RPA. Além de tais documentos, alguns critérios são exigidos, como a operação apenas em linha de visada visual e em boas condições meteorológicas, não sendo permitido operar o VANT a noite (exceto em casos de autorizações especiais), ou voos a uma distância menor que 2Km do eixo da pista de aeródromos e só podem ser realizados voos com altura de até 120m da superfície (DGAC, 2015).

O Quadro 2 apresenta o resumo dos requisitos necessários para o uso do VANT de pequeno porte no Brasil denominado de Classe 3 e nos demais países, tais como Estados Unidos, Reino Unido e Chile, pela classe equivalente.

Quadro 2: Principais requisitos para o uso de VANT em nível Internacional

REQUISITOS	BRASIL (ANAC, 2015)	EUA (FAA, 2016)	UK (CAP 393, 2015)	CHILE (DGAC, 2015)
Aprovação de Aeronavegabilidade (cadastro ou registro)	Cadastro da aeronave	Registro online	Necessita de Permissão da CAA	Necessita de Permissão da DGAC
Licença ou habilitação para piloto	Não	Sim	Sim	Sim
Operação autônoma	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido
Distância mínima para operar próximos a aeroportos e aeródromos	5 Km	8,8 Km	5 Km	2Km
Operar a que distância de terceiros e imóveis	30 metros	-	50 metros	30 metros
Restrições para operar em área urbana	Abaixo de 60m	Proibido	Proibido	120m
Operação em BVLOS	Necessita permissão	Necessita permissão	Necessita permissão	Necessita permissão
Voos Noturnos	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido

Fonte: A autora

A legislação proposta para o Brasil assemelha-se as demais regulamentações quanto aos requisitos definidos no modo de operação do VANT, como, operar a distâncias seguras de aeroportos e aeródromos; a proibição de voos autônomos, salvo em condições especiais em locais de baixo risco, proibição de voo sobre locais em que se situam grande quantidade de pessoas, como shows e estádios, entre outros.

Entretanto, embora os requisitos de operação para as aeronaves leves sejam semelhantes, os demais países apresentam um rigor maior quanto à fiscalização das atividades, visto a necessidade de permissão para execução de atividades para fins

civis, mesmo que não haja retorno financeiro direto, e devido a necessidade de registro e licença para o piloto.

2.3 Aplicações dos VANTs na Engenharia

A seguir são apresentados alguns dos estudos desenvolvidos com a proposição ou avaliação da utilização de VANTs em áreas da engenharia civil. Dentre as aplicações, podem-se destacar as aplicações na área de infraestrutura de transportes, inspeção de estruturas e modelagem 3D de prédios.

2.3.1 Infraestrutura de Transportes

Devido ao contínuo aprimoramento, os VANTs têm sido utilizados por agências de transporte e controle de tráfego, como por exemplo, alguns Departamentos de Transporte dos Estados Unidos (DOTs – *Departments of Transportation*). Entre as diferentes aplicações dos VANTs nesta área destacam-se: o monitoramento das condições ambientais do entorno das rodovias, controle de avalanches ao longo das mesmas, monitoramento de acidentes e resgate, mapeamento, inspeção de segurança e monitoramento de estruturas e pavimentos (PURI, 2005; KARAN *et al.*, 2014).

Como forma de avaliar as potenciais aplicações dos VANTs pelos Departamentos de Transporte dos Estados Unidos (DOTs), Karan *et al.* (2014) apresentam em seu estudo uma investigação para determinar os requisitos operacionais exigidos na utilização de VANTs por diferentes divisões dos Departamentos, as quais possuem potencial para implementar essa tecnologia, com o objetivo de ajudar em suas operações diárias. Após uma série de entrevistas com especialistas responsáveis por atividades de gerenciamento e atividades operacionais, análises e investigações, o estudo desenvolvido no Departamento de Transporte do Estado da Georgia (GDOT) culminou na construção de uma matriz com os requisitos tecnológicos e técnicos para o uso do VANT por algumas atividades realizadas pelas diferentes divisões do DOT (KARAN *et al.*, 2014).

Dentre as aplicações de VANTs para monitoramento, estudos realizados por Themistocleous *et al.* (2014) e Zhang (2008) apresentam a utilização desta tecnologia para avaliação de pavimentos e para avaliação das condições de rodovias não pavimentadas. Ambos os estudos destacam que o método comumente utilizado para esses tipos de avaliação baseia-se principalmente em inspeções visuais de campo, sem uma avaliação aprofundada da severidade dos danos. Zhang (2008) afirma que

o VANT, por sua vez, é capaz de coletar imagens com excelente resolução, a baixo custo, de maneira mais rápida e segura, oferecendo detalhamento suficiente para identificar e extrair parâmetros para avaliação de rodovias não pavimentadas, além de posteriores geração de ortoimagens e avaliação e medição automatizada das patologias, através do desenvolvimento de algoritmos e modelagens 3D da superfície da rodovia. Já Themistocleous *et al.* (2014) apresentam em seu estudo a integração entre tecnologias de sensoriamento remoto não-destrutivas e não-invasivas, como diferentes radares e sensores associados a um VANT, utilizadas para obter informações sobre danos presentes na superfície e sub-superfície de pavimentos rodoviários, incluindo rachaduras e falhas profundas.

2.3.2 Inspeção de Estruturas

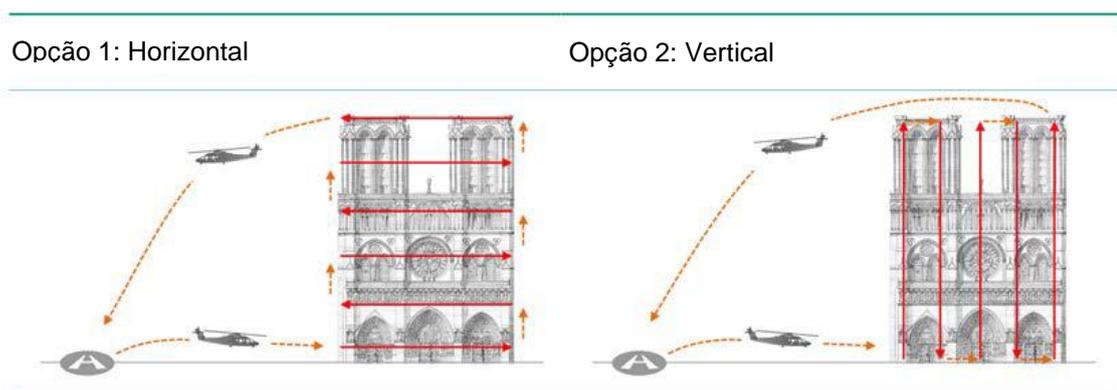
Convencionalmente, o monitoramento e inspeção de estruturas são realizados por meio de investigação visual, o que oferece certas limitações de acesso aos técnicos responsáveis, especialmente em caso de estruturas como barragens, pontes, igrejas, e até mesmo em prédios com muitos andares, no qual são necessários equipamentos de elevação para realizar o serviço. Dessa forma, o uso de VANTs para a realização deste tipo de inspeção se mostra promissor, já que elimina a necessidade de equipamentos de elevação e operadores especializados, além de garantir o aumento da segurança durante o processo de inspeção e realizar a atividade de maneira mais eficiente e econômica (ESCHMANN *et al.*, 2012; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

Eschmann *et al.* (2012) propõe em seu trabalho a utilização de VANTs de asa rotativa para escanear as fachadas de prédios, por meio de uma câmera digital de alta resolução. Para tal, o método utilizado foi dividido em dois processos. No primeiro processo, realiza-se a aquisição de dados, no qual um conjunto de fotos é capturado a fim de garantir o recobrimento de toda a fachada do prédio. Para a aquisição dos dados, foram testados dois tipos de voos para capturas das imagens, um vertical e outro horizontal, apresentado na Figura 6.

Já no segundo processo, é realizado o processamento digital das imagens, em que as fotos obtidas são unidas e montadas de forma a se obter uma completa visualização 2D da fachada, com uma resolução que permite que danos e rachaduras sejam observados em precisão de milímetros. Nesta etapa, optou-se apenas pelas imagens capturas na opção de voo 1 (horizontal), visto que as a opção de voo 2

aumentou os efeitos negativos induzido por lentes durante a costura dos pontos. De acordo com testes realizados, os resultados obtidos mostraram que a utilização de VANTs associados a câmeras de alta resolução geram uma base de dados importante para inspeção visual de prédios, mesmo sendo identificados alguns problemas com a estabilização do *drone* durante o voo (ESCHMANN *et al.*, 2012)

Figura 6: Esquema de mapeamento de fachada horizontal e vertical



Fonte: Eschmann *et al.* (2012)

O estudo desenvolvido por Torok, Golparvar-Fard e Kochersberger (2014) propõe um sistema 3D baseado no processamento de imagens coleta por veículos não tripulados (aéreo e terrestre) associado a um algoritmo de detecção de fissuras 3D. Com base nos resultados os requeridos autores argumentam que o algoritmo de detecção de fissuras 3D realizou a identificação de rachaduras com sucesso, reconstruindo perfis 3D e a medição das características geométricas dos elementos danificados.

Outra importante utilização do VANT na engenharia civil voltada para inspeção é o monitoramento e manutenção de grandes estruturas, como é o caso das pontes. Estudos destacam o uso do VANT para inspeção de pontes, por meio de dispositivos visuais acoplados, trazendo vantagens em comparação a métodos tradicionais, como por exemplo, a redução do risco de acidentes, pois a inspeção é realizada em menor tempo e exige uma logística mais simples; o tráfego ao longo da ponte não precisa ser bloqueado, além da possibilidade de utilizar técnicas não destrutivas para a detecção de danos (METNI; HAMEL, 2007; KHAN *et al.*, 2015; GILLINS; GILLINS; PARRISH, 2016)

Methi e Hamel (2007) realizaram um experimento para avaliar a viabilidade da aplicação proposta no viaduto *Saint Cloud* em Paris, França. Durante o experimento, uma sequência de vídeos foi obtida através da câmera a bordo, e uma série de fotos,

posteriormente extraídas desses vídeos foi mostrada para especialistas nesse tipo de inspeção para que pudessem ser avaliadas. A análise das imagens mostrou o grande potencial do uso de VANTs para a realização de tarefas deste tipo, uma vez que, após um tratamento adicional e devido à boa resolução das fotos, foi possível a identificação de rachaduras de até 0,1mm (METNI; HAMEL, 2007).

O VANT pode ser utilizado remotamente para produzir imagens em *close up* de alta resolução de vários ângulos de visão. Tais recursos de imagens fornecem resolução comparáveis ao que pode ser observado visualmente por um inspetor a uma distância de comprimento de um braço (GILLINS; GILLINS; PARRISH, 2016). Dentre as dificuldades no uso do VANT para inspeção de pontes, destacaram-se a interferência no GPS do VANT provocado pela proximidade com a ponte, o que não permitiu a realização de voo programado, com pontos pré-definidos; e a falta de aumento de zoom no momento da captura da imagem (GILLINS; GILLINS; PARRISH, 2016).

Kumar *et al.* (2013) realizou o mapeamento de uma torre na Índia com 300 metros de altura, em que a estrutura foi examinada de diferentes ângulos. Para tal, optou-se por um voo circular e vertical, durante o voo era realizado filmagem em formato HD, o piloto registrava imagens quando visualizado danos na estrutura. Através dos ativos visuais foi possível visualizar rachaduras, danos estruturais internos, exposição da armadura de aço e ferrugem entre outras manifestações patológicas.

Khan *et al.* (2015) analisaram a viabilidade de realizar inspeção em tabuleiros de pontes concreto armado, bem como pontes de pequeno porte, através de um sistema de varredura multiespectral automatizado acoplado ao VANT. Esse sistema permite a análise das condições do pavimento, tais como, fendas superficiais e o deslocamento do concreto. Tal sistema, além de facilitar as avaliações periódicas em ponte, não impede o tráfego de veículos, e possibilitam registrar pontos específicos.

O estudo desenvolvido por Ellenberg *et al.* (2015) buscou implementar o uso de VANT em aplicações práticas de monitoramento de integridade estrutural de pontes (*Structural Health Monitoring* - SHT). O uso do VANT apresentou resultados promissores na detecção de defeitos e danos de forma automatizada considerando a variação da distância, com erros que podem levar a uma avaliação muito mais quantitativa quando comparado ao método de inspeção visual tradicional (ELLENBERG *et al.*, 2015).

Roca *et al.* (2013) propuseram o uso de uma plataforma VANT para inspeção de edificações, dentre as razões para escolha da plataforma estão a aquisição de dados de áreas inatingíveis, tais quais cobertura e telhado. Neste estudo, optou-se por acoplar um sensor Kinect para coleta de dados geométricos para a geração de modelos 3D. As limitações encontradas nos modelos estão associadas às características do sensor, no qual, as medições realizadas com o Kinect são altamente influenciadas pelas condições dos materiais e de iluminação, não sendo capaz de medir informações de profundidade de objetos altamente reflexivos ou em condições de alta luminosidade, provocando distorções no modelo. Todavia, o modelo 3D final apresenta parâmetros de qualidade que o tornam potencialmente úteis para as mesmas aplicações que o modelo 3D gerado a partir dos dados adquiridos com um laser scanner (ROCA *et al.*, 2013).

Melianov, Bulgakow e Sayfeddine (2014) apresentam a utilização de modelos 3D como ferramenta de inspeção. Para os autores, o uso de VANT automatiza o processo de inspeção, aumenta o alcance de coleta de dados, além de operar em locais de difícil acesso. Dentre as desvantagens, os autores destacaram a instabilidade dos quadricoptero, que além dos riscos de segurança pode comprometer a qualidade dos ativos coletados, e a autonomia da bateria como um limitante para alcançar altas altitudes (EMELIANOV; BULGAKOW; SAYFEDDINE, 2014).

2.3.3 Mapeamento e modelagem 3D

Segundo Küng *et al.* (2011), ainda hoje é comum a reconstrução de modelos 3D de prédios manualmente, por meio de softwares de CAD e uma combinação de imagens terrestres, de dados obtidos com LIDAR¹ e de plantas baixas, tornando isso uma tarefa difícil, longa e onerosa.

O VANT, por ser uma ferramenta de baixo custo, simples de manipular, flexível, rápida e que pode capturar imagens de diversos ângulos, alturas e perspectivas, com alta resolução de detalhes e texturas, e cobrindo todas as partes das edificações, tem se mostrado uma eficiente ferramenta para aquisição de imagens usadas em modelagens 3D de prédios (WEFELSCHEID; HÄNSCH; HELLWICH, 2011; KÜNG *et al.*, 2011; EMELIANOV; BULGAKOW; SAYFEDDINE, 2014). Dessa forma, a utilização

¹ LIDAR (*Light Detecting and Ranging*) é uma tecnologia de sensor remoto capaz de medir a distância através da análise da luz refletida após se iluminar o alvo com um laser.

de VANTs para aquisição de imagens dentro do processo de modelagem 3D torna esse trabalho mais fácil e rápido, já que elimina a necessidade de sensores como o LIDAR e de plantas baixas.

Remondino *et al.* (2011) apresentam métodos de processamento de imagem para mapeamento e modelagem 3D aplicado a fotogrametria. Hudzietz e Saripalli (2011) abordam questões sobre estratégia de planejamento da trajetória para fins de mapeamento de terreno em 3D, utilizando algoritmos para a geração do *grid* ou (malha).

Como forma de avaliar o potencial do VANT para este tipo de aplicação, Wefelscheid, Hänsch e Hellwich *et al.* (2011) propõem o desenvolvimento do processo de modelagem 3D de prédios por meio de uma câmera de alta resolução acoplada a um VANT, para aquisição de toda a base de dados e, posterior, processamento das imagens. Com o resultado, foi realizada uma avaliação de um modelo 3D gerado a partir de imagens obtidas com o *drone*, através de um conjunto de dados de referência, mostrando que a precisão deste modelo compete com a do obtido através de dados gerados pelo sistema LIDAR.

Além da reconstrução de edificações, a modelagem 3D tem sido utilizada em estudos fotogramétricos, como uma ferramenta para medição de volume. Hugenholtz *et al.* (2015) avaliam a precisão do cálculo de medição de volume realizado através de modelo digital de terreno (MDT) realizado com VANT. Para tal, realizou-se um estudo de estimativa de estoque, avaliando o volume antes e depois de uma escavação. No geral, os resultados alcançados apontam que as medições realizadas por meio de VANT são semelhantes às técnicas convencionais. Em alguns casos, eles podem oferecer uma técnica de custo mais eficaz, mais segura, e eficiente para o levantamento de projetos de terraplenagem.

Siebert e Teizer (2014) apresentam uma avaliação de desempenho do VANT para mapeamento 3D, no qual foram desenvolvidos estudos relacionados a movimentação de terra em canteiro. Dentre as vantagens, os autores destacam que o VANT é uma plataforma competitiva em relação ao menor custo e menor tempo quando comparado com a tradicional, além do baixo custo de manutenção. Para a adoção da tecnologia, o modelo, tamanho, carga útil, câmera e modo de operação são os principais critérios a serem definidos pelo usuário. Além disso, algumas limitações são discutidas, tais qual a necessidade de maiores resoluções e a vida útil da bateria (SIEBERT; TEIZER, 2014).

2.3.4 Monitoramento de Canteiro de Obras

Devido ao caráter instável da indústria da construção e a dificuldade de monitoramento das atividades, muitos pesquisadores têm buscado aplicar o uso de VANT a fim de buscar soluções para monitorar os processos, aumentando a confiabilidade das informações coletadas em campo, com o intuito de melhorar as condições no canteiro por meio da melhoria da visualização do mesmo.

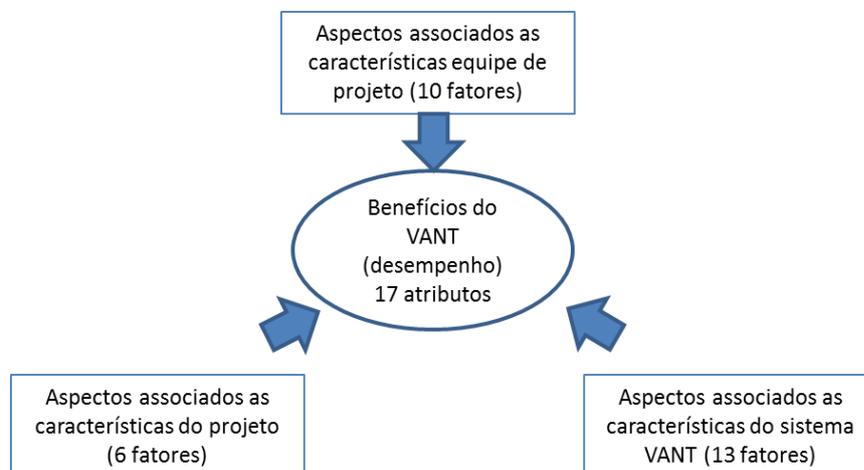
Irizarry *et al.* (2012) realizam uma avaliação inicial da utilização do VANT como uma ferramenta para auxiliar na gestão da segurança dentro do canteiro de obras. Por meio de uma câmera de vídeo acoplada ao VANT, que pode ser remotamente pilotado usando tablete ou smartphone, diversas imagens e vídeos podem ser capturados ao longo do canteiro, de diversos ângulos e perspectivas, como forma de melhorar e facilitar o serviço de inspeção de segurança. No referido estudo, duas análises distintas foram realizadas, a primeira baseia-se na avaliação heurística que visa à análise da interface (*design* e sistema) e a segunda consiste em uma avaliação com participação do usuário para análise da quantidade de capacetes visualizados por meio das imagens, como item de segurança inspecionado. No geral, as avaliações obtiveram bons resultados quanto à eficácia durante o processo de visualização, mostrando-se uma ferramenta eficiente para atuar no processo de inspeção.

Wen e Kang (2014) desenvolveram estudos para o uso integrado de imagens reais e renderização virtual, no qual foi possível identificar problemas em canteiros associados a conflitos de planejamento e logística. Irizarry e Costa (2016) e Irizarry *et al.* (2015) identificaram por meio de estudos exploratórios, potenciais aplicações para os ativos visuais (fotos e vídeos), obtidos com o VANT, envolvendo a coleta de dados em quatro diferentes canteiros de obras, três nos Estados Unidos e um no Brasil. Foram coletadas as percepções dos entrevistados sobre o potencial dos recursos visuais coletados, destacando-se as atividades de acompanhamento do avanço físico do projeto, avaliação da logística do canteiro, monitoramento das condições de segurança, e inspeção da qualidade dos serviços realizados.

Kim e Irizarry (2015) buscaram avaliar o potencial, a utilização e o desempenho do VANT para atividades de monitoramento de canteiros em obras de construções de estradas. Como forma de aprimorar o entendimento inicial do uso desta tecnologia em diferentes ambientes da construção civil, o estudo elenca alguns fatores críticos que contribuem ou influenciam no desempenho de VANT para inspeção de segurança. A

Figura 7 apresenta o modelo conceitual de fatores e benefícios que influenciam no desempenho do uso do VANT para monitoramento de obras levantado por Kim e Irizarry (2015).

Figura 7: Modelo conceitual de fatores



Fonte: Adaptado de Kim e Irizarry (2015)

Ao total foram levantados 29 fatores (Quadro 3) e 17 potenciais benefícios (Quadro 4). Dentre eles destacam-se: a facilidade de interface do usuário, a qualidade dos ativos obtidos e a confiabilidade do sistema, para os aspectos relacionados ao sistema VANT; a localização, o tamanho e o custo para os aspectos relacionados às características do projeto; e a experiência da equipe com VANT, atitudes com relação à aplicação do VANT em projetos, a adequação dos recursos para uso VANT (seja, recurso financeiro, tempo, pessoal, etc.) e o treinamento para o uso do VANT, para os fatores associados à equipe do projeto. Dentre os benefícios, Kim e Irizarry (2015) destacam o monitoramento eficaz do local de trabalho, incluindo áreas de difícil acesso, o controle de tráfego de pessoas, veículos e equipamentos pesados, além da melhoria no desempenho da segurança do projeto e da identificação dos potenciais perigos em canteiros (KIM; IRIZARRY, 2015).

Quadro 3: Potenciais fatores que influenciam no desempenho do VANT

Grupo	Descrição do Fator
Características do sistema do VANT	Interface de fácil uso para operação
	Boa qualidade de recursos visuais (fotos, vídeos)
	Vida útil da bateria do VANT
	Confiabilidade do sistema VANT
	Ângulo de visibilidade máximo da câmera do VANT
	Capacidade de voo autônomo
	Nível de alcance de comunicação para controle do VANT
	Sensores acoplados (ex: GPS, bússola, etc)

Grupo	Descrição do Fator
	Estabilidade de voo
	Funcionalidades da câmera do VANT (filmagem, infravermelho, etc)
	Sensores disponíveis (Bússola, giroscópio, acelerômetro, etc)
	Sistema de resposta emergencial (<i>Failsafe</i> para perda de sinal, etc)
	Sistema do VANT de fácil atualização
Características do Projeto	Local do projeto (urbano x rural)
	Custo do projeto
	Tamanho do projeto
	Duração do projeto
	Complexidade das missões construídas
	Funções dos subempreiteiros envolvidos
Características da Equipe de Projeto	Experiência prévia da equipe com o VANT
	Postura da equipe diante da construção de projetos com o VANT
	Experiência da equipe com sistemas baseados na tecnologia da informação
	Postura da equipe diante do uso da tecnologia da informação em projetos
	Usuário (gestores de segurança ou pilotos contratado)
	Conhecimento do sistema de monitoramento e segurança com o VANT
	Adequação dos recursos para uso do VANT como sistema de monitoramento de segurança (financeiro, tempo, pessoal, etc)
	Habilidade dos usuários para controle do VANT
	Adequação do treinamento para o uso de VANT como sistema de monitoramento de segurança
	Método claro de qualificar o desempenho do VANT como sistema de monitoramento de segurança.

Fonte: Adaptado de Kim e Irizarry (2015)

Quadro 4: Potenciais benefícios

Descrição dos Potenciais Benefícios
1. Reduzir os gargalos na comunicação durante o processo de controle de segurança
2. Gestão do comportamento dos trabalhadores eficaz
3. Inspeção de uso equipamentos de proteção individual
4. Controle efetivo de todo o canteiro
5. Monitoramento eficaz das áreas de difícil acesso do canteiro
6. Monitoramento eficaz do tráfego de veículos no canteiro
7. Controle efetivo dos equipamentos pesados ou de elevação de carga do canteiro
8. Redução do tempo de monitoramento da segurança
9. Fácil identificação dos problemas de segurança
10. Redução do número de acidentes na construção
11. Redução do custo do sistema de gestão da segurança
12. Agilidade na correção dos perigos potenciais
13. Melhoria do desempenho de segurança do projeto
14. Melhoria do desempenho geral do projeto

Descrição dos Potenciais Benefícios
15. Permite a emissão de relatório imediato de situações potencialmente perigosas, facilitando a proposição de medidas corretivas
16. Simplificação do processo de documentação e redução de tempo com documentação
17. Melhoria e identificação de ações relativas aos potenciais perigos o canteiro

Fonte: Adaptado de Kim e Irizarry (2015)

Gheisari e Esmielli (2016) identificaram aplicações práticas de atividades que podem contribuir com a melhoria da segurança, a fim de facilitar o trabalho de técnicos e gestores. As atividades de maior potencial de aplicação do VANT, segundo os entrevistados foram: trabalhadores em áreas próximas a içamento de carga (gruas e guindastes), trabalhadores próximos a bordas desprotegidas (sem guarda-corpos ou outras proteções contra queda), realização de investigação pós-acidente, entre outros. Os autores avaliaram também as características técnicas do sistema VANT requisitadas pelos potenciais usuários em segurança, destacando a comunicação em tempo real de vídeo, precisão durante a navegação (confiabilidade do sistema) e sensor *sense e avoid* (identificar e evitar), para evitar colisões durante o voo.

Segundo Blinn e Issa (2016), o VANT pode ser utilizado como uma ferramenta para gerenciamento de projeto. Para tal, o estudo realizado buscou estabelecer um entendimento sobre o uso de imagens aéreas utilizados na construção civil e com base nisso, avaliar a viabilidade do uso do VANT para tais fins. Os resultados indicaram que o VANT proporciona melhor relação custo-benefício do que os métodos de imagens aéreas tradicionais.

2.4 Considerações sobre os estudos com VANTs

Em geral, ainda que exploratórios, os estudos com VANT têm apresentado bons resultados, e alguns pesquisadores tem investido em sensores acoplados ao VANT (como infravermelho, laser scanner), assim como no desenvolvimento de algoritmos para o processamento de dados (THEMISLOCLEOUS *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2008; EMELIANOV; BULGAKOW; SAYFEDDINE, 2014; ESCHMANN *et al.*, 2012), sendo possível obter resultados precisos, capazes de identificar fissuras em estrutura de concreto (ESCHMANN *et al.*, 2012), desgastes de pavimentos (ZHANG *et al.*, 2008) e vistoriar o uso de equipamento de segurança (capacete) em canteiro (IRIZARRY, COSTA; KIM, 2015a).

Com base nas aplicações estudadas, observa-se que o VANT se apresenta como uma tecnologia inovadora e de fácil uso, no entanto, o tratamento dos dados é

dos grandes paradigmas, visto que grandes quantidades de dados são coletadas num curto período de tempo, exigindo a combinação de algoritmos, software específico (MATLAB) e computadores com alta capacidade de processamento para tratar os ativos coletados. Outro fator relevante é a ausência de método sistemático para análise dos dados, estudos aplicados à inspeção de estruturas e infraestrutura de transportes estão na vanguarda, visto associação de resultados qualitativos e quantitativos, o que garante uma aplicação mais realística da tecnologia.

Estudos com finalidade em modelagem 3D são os que exigem uma maior capacidade de processamento, especialmente pela necessidade de software aplicados, tais como, Photoscan, PIX4D, Photomodeler UAS, Recap 3D, entre outros.

Na construção civil, os estudos aplicados à segurança e monitoramentos ainda possuem uma abordagem mais qualitativa, em razão do desconhecimento da contribuição da tecnologia para a melhoria dos processos e da dificuldade de processamento dos dados, devido à inexistência de software para analisar os dados sob a perspectiva de segurança. Neste sentido, os pesquisadores têm buscado explorar os recursos visuais fornecidos pelos ativos para compreender o potencial da tecnologia para aplicação em gestão, isso ocorre principalmente através da análise da percepção dos potenciais usuários baseado em estudos exploratórios e na literatura.

De acordo com os resultados da pesquisa realizada por Kim e Irizarry (2015), 80% dos potenciais usuários da tecnologia VANT apresentam expectativas positivas quanto ao uso de VANT para monitoramento de segurança, entretanto, devido ao caráter inovador, algumas limitações foram observadas, a grande influência que as características do sistema do VANT e da equipe envolvida em sua operação exercem sobre seu desempenho, como a falta de experiência para avaliar os benefícios envolvidos na atividade, uma vez que, ainda não se tem aplicações reais da tecnologia para este propósito.

Outras questões ainda desconhecidas foram levantadas por Irizarry; Costa e Kim (2015), como os impactos do ambiente regulatório sobre o uso dos VANT para a construção civil, a influência do uso do VANT sobre as atividades desenvolvidas em campo, a preocupação quanto à privacidade dos trabalhadores e terceiros, além dos riscos que podem estar relacionados ao uso do VANT em canteiros de obra.

Contudo, embora Teizer (2008) discuta que o desenvolvimento de métodos de processamento de dados de imagem tem alcançado um nível de precisão, devido à

alta resolução dos ativos que lhes permite fornecer informações necessárias à tomada de decisões. No que se refere à aplicação do VANT, o desenvolvimento de procedimento sistemático para coleta e processamento de dados é imprescindível para a adoção da tecnologia em canteiro.

2.5 As barreiras e benefícios associados ao uso do VANT

A revisão da literatura possibilitou a identificação de um conjunto de barreiras e benefícios que podem influenciar na avaliação do VANT para monitoramento de canteiro de obra, conforme apresentado a seguir.

2.5.1 Barreiras

- (a) interferência na comunicação devido a obstruções, tais como materiais equipamentos, e estruturas no canteiro e congestionamento da rede afetam a confiabilidade da transmissão de dados em canteiro (JANG; LEE; CHOI, 2012), o alcance da comunicação (KIM; IRIZARRY, 2015).
- (b) a autonomia da bateria (SIEBERT; TEIZER, 2014; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014; KIM; IRIZARRY, 2015).
- (c) devido ao baixo peso, o sistema de voo é muito sensível as condições meteorológicas, especialmente em situações de vento críticos segundo (REMONDINO *et al.*, 2011; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014); as condições meteorológicas podem comprometer a estabilidade do voo (KIM; IRIZARRY, 2015).
- (d) o impacto do processo regulatório na adoção da tecnologia (IRIZARRY, COSTA; KIM, 2015a), sendo muitas vezes necessário solicitar permissão para voo, além da proibição de voos autônomos (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).
- (e) o respeito ao limite da privacidade dos indivíduos (IRIZARRY, COSTA; KIM, 2015a). Para Herrmann (2016), a preocupação com a privacidade pode ser ainda mais problemática para os empreiteiros residenciais que operam em bairros residenciais onde a expectativa de privacidade é muito maior, além disso, mesmo dentro dos limites do canteiro, ainda não está claro se os empregados que estão trabalhando têm expectativas razoáveis de privacidade e se sim, qual será a extensão dos direitos.
- (f) o conhecimento prévio da plataforma e habilidade de controle do usuário (IRIZARRY, COSTA; KIM, 2015a).

- (g) a compatibilidade entre o tipo de aeronave e as características do projeto (área a ser coberta, área disponível para decolagem e pouso, altitude máxima, existência de obstáculos, necessidade de observador, entre outros) (SIEBERT; TEIZER, 2014).

2.5.2 Benefícios

- (a) a facilidade de uso do equipamento (JANG; LEE; CHOI, 2012; KIM; IRIZARRY, 2015).
- (b) agilidade no processo de coleta e eficiência no processamento de dados de grandes quantidades de informações (JANG; LEE; CHOI, 2012).
- (c) a alta resolução das imagens ajuda a fornecer uma visão mais próxima, colaborando no processo de tomada de decisão (REMONDINO *et al.*, 2011; JANG; LEE; CHOI, 2012); a capacidade de zoom interativo permite a análise remota dos processos (GOLPARVAR-FARD *et al.*, 2011); geração de modelos 3D com maior precisão (SIEBERT; TEIZER, 2014).
- (d) a maioria dos sistemas de voo tem com base tecnologias de baixo custo (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014);
- (e) a utilização de diferentes meios de transmissão de dados (wireless, rádio frequência, entre outros) (JANG; LEE; CHOI, 2012);
- (f) a capacidade de aquisição e armazenamento rápido de dados em tempo real (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014); a possibilidade de inserir novos sensores (THEMISLOCLEOUS *et al.*, 2014);
- (g) a presença de dispositivos de controle contra falhas (KIM; IRIZARRY, 2015); os problemas de segurança associado ao uso do da tecnologia ainda são desconhecido (IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b);
- (h) o fornecimento de recursos para apoiar os processos de engenharia e gestão de canteiro na tomada de decisão (GOLPARVAR-FARD *et al.*, 2009);
- (i) a redução do tempo e agilidade na disponibilidade das informações quando adotadas as tecnologias de informação (IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012);
- (j) a agilidade no processo de identificação e informação dos riscos relacionados a problemas de segurança (HAN *et al.*, 2009; GOLPARVAR-FARD *et al.*, 2009);
- (k) plataforma VANT de asa rotativa pode decolar e pousar verticalmente, assim, nenhuma área da pista é necessária (REMONDINO *et al.*, 2011);

- (l) os VANTs podem ser usados em situações de alto risco sem pôr em perigo vidas humanas (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014);
- (m) o planejamento de voo é bastante simples, com exceção do planejamento para mapeamento de objetos 3D, pois esta exige imagens convergentes e, talvez, faixas verticais (REMONDINO *et al.*, 2011).

3 SEGURANÇA DO TRABALHO

Este capítulo apresenta uma breve revisão da literatura sobre Gestão da Saúde e Segurança do Trabalho (GSST), com ênfase ao processo de inspeção de segurança, assim como as tecnologias emergentes utilizadas para tal.

3.1 Conceitos básicos

3.1.1 *Acidente*

O acidente é um acontecimento inesperado, não planejado e não controlado. A ocorrência destes eventos indesejados resulta em lesões corporais, danos à propriedade, falha de equipamento, ou alguma combinação destes (SAURIN, 2002).

Segundo a Legislação Brasileira de nº 8213/91, em seu artigo 19º, “acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho ou serviço de empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho” (BRASIL, 1991).

Acidentes não acontecem por acaso, eles são causados por atos inseguros, condições inseguras ou ambos. O ato inseguro é uma violação de um procedimento seguro que poderia permitir a ocorrência de um acidente, enquanto que, a condição insegura é uma condição física perigosa ou circunstancial que possam permitir diretamente a ocorrência de um acidente (RAHIM *et al.*, 2008).

3.1.2 *Quase acidente*

Cambráia, Saurin e Formoso (2010) conceituam quase acidentes como um evento imediato, que tem potencial para gerar um acidente. Hinze (1997) define os quase acidentes como eventos que não envolveram lesão aos trabalhadores ou dano à propriedade, mas que apresentaram potencial para tanto.

Reason (1997), os quase acidentes podem gerar feedbacks positivos ou negativos. O positivo refere-se às medidas preventivas que funcionaram conforme planejadas ou o operador consegue recuperar o controle em uma situação de risco. Já o *feedback* negativo ocorre quando as medidas preventivas não funcionaram ou não existiam.

3.1.3 Risco e Perigo

Segundo a OSHAS 18001 (2007), o perigo é uma fonte ou situação com potencial para dano em termos de lesões humanas ou problemas de saúde; dano à propriedade; dano ao ambiente de trabalho ou uma combinação destes.

Para Dias (2009), os perigos/riscos mais frequentes encontrados na indústria da construção se dividem em duas categorias principais:

- a) perigos / riscos que podem causar acidentes de trabalho, por vezes fatal, imediatamente ou logo depois que eles ocorrem;
- b) perigos / riscos que podem causar doença ocupacional, por vezes, também fatal, a médio ou em longo prazo.

De acordo com Miguel (2010), dois aspectos importantes de perigos devem ser considerados: (1) a probabilidade de ocorrência e (2) a severidade das consequências. Mesmo quando a probabilidade de perigo é remota, se o risco de dano causado for grave, o perigo deve ser eliminado ou devem-se fornecer proteções físicas que forneçam condições seguras de trabalho (MACCOLLUM, 1995).

Após a identificação do perigo, o foco deve ser no uso da informação para o planejamento da segurança. MacCollum (1995) apresenta as cinco maneiras de redução do risco, denominado de ordem de precedência, quais sejam:

- a) Eliminar ou reduzir o perigo em projeto – os esforços devem ser na seleção de dispositivos de segurança apropriados para eliminar os perigos, tornando-o "fail-safe".
- b) Proteção do perigo - os perigos que não podem ser totalmente eliminados na fase de projeto devem ser reduzidos em níveis aceitáveis através de dispositivos de segurança, isolamento ou caso contrário, torná-lo efetivamente inerte.
- c) Dar um aviso – quando um perigo não pode ser eliminado através da aplicação dos dois métodos descritos acima, deve-se instalar dispositivo de alarme ativo capaz de detectar perigo e emitir um sinal de advertência sonoro e/ou visual para que as pessoas possam evitá-lo.
- d) Fornecer treinamento e procedimentos especiais – em casos de falha ou impossibilidade de aplicação dos demais métodos, a gestão deve garantir que auditorias, treinamentos e procedimentos operacionais serão desenvolvidos

para certificar-se que é viável, no qual um regime permanente deve ser estabelecido para evitar os perigos.

- e) Fornecer equipamento de proteção individual – embora tenha função de proteger o trabalhador contra lesões, o equipamento de proteção individual é considerado o último método, pois o perigo não está totalmente controlado.

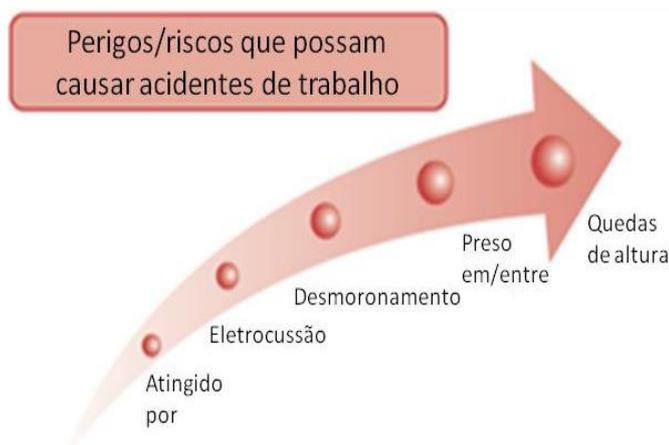
3.2 Principais causas de acidentes na indústria da construção

Segundo Toole (2002), as principais causas dos acidentes na construção civil estão associadas à: falta de treinamento adequado, execução ineficiente das práticas de segurança, definição de métodos ou sequenciamento de atividades inseguras, condições de espaço inseguro, não utilização dos EPI (Equipamentos de Proteção Individual) pelos operários, falta de postura adequada relacionada à segurança e desvio de comportamento quanto às práticas de segurança.

Shrestha, Yfantis e Shrestha (2011) argumentam que as principais causas de acidentes são as condições inseguras, provenientes da supervisão inadequada e baixo nível de visualização das condições de trabalho, além disso, muitos acidentes são provenientes dos resíduos e caos instalados no canteiro.

No estudo realizado por Rahim *et al.* (2008), os tipos de acidentes comumente encontrados em canteiros de obra, são: queda (22,2%), pisando em objetos (18,2%) e atingido por objetos em queda (17,1%). Para os autores, isso pode ser atribuído à proteção contra quedas deficientes, condições precárias de limpeza e organização e método de trabalho ineficiente. A Figura 8 representa os principais perigos/riscos de acidentes na indústria da construção segundo Dias (2009).

Figura 8: Perigos/riscos mais frequentes na indústria da construção



Fonte: Adaptado de Dias (2009)

No Brasil, segundo o SESI (2015), dos 278 casos de acidentes do Trabalho fatal na indústria da construção entre 2007 e 2012, a causa de morte mais comum foi acidente de transporte, envolvendo veículos terrestres automotores (27%), seguido pelas quedas (24%), e eletrocussões (18%). No qual, entre as situações comumente encontradas em canteiros de obras, destacam-se o uso de materiais inadequados nos andaimes, na proteção de fossos de elevadores, a falta de manutenção dos equipamentos, a não substituição das partes desgastadas, e a falta ou inadequado escoramento durante as escavações.

Embora esforços estejam sendo conduzidos para reduzir os acidentes fatais em canteiros de obras, tais acidentes continuam a ocorrer. Neste sentido, Lingard (2003) argumenta que a indústria da construção necessita integrar a Saúde e Segurança do Trabalho a gestão da produção de forma eficiente, visto sua importância na tomada de decisão, no qual, cada tentativa é feita para eliminar os perigos ou minimizar os riscos usando soluções tecnológicas.

3.3 Normas e Regulamentações de Segurança no Brasil

O Ministério do Trabalho publicou a Portaria n. 3214, de 08 de junho de 1978, na qual estabelece Normas Regulamentadoras. As Normas têm como funcionalidade estabelecer uma série de obrigatoriedade relativa à medicina, higiene e segurança do trabalho para empresas, ou seja, tem a função de dar o direcionamento para o desenvolvimento das ações e obrigações das empresas, especialmente, no que se refere às ações relativas às medidas de prevenção, controle e eliminação de riscos, inerentes ao trabalho e à proteção da saúde do trabalhador (BRASIL, 1978).

Dentre as normas mais representativas em termos de prevenção de acidentes e as relacionadas diretamente com as atividades da construção civil, destacam-se: a NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 2015) e a NR 35- Trabalho em Altura (BRASIL, 2014).

Como mencionado, a NR-18 tem como finalidade estabelecer diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e nos meios ambiente de trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 2015). Com base na mesma, é vedado o ingresso ou a permanência de trabalhadores no canteiro de obras, sem que estejam assegurados pelas medidas previstas nesta NR e compatíveis com a fase da obra.

Entende-se então, que é da responsabilidade da obra, cumprir os requisitos expostos nesta NR, a fim de preservar a saúde e segurança do trabalhador, para isso é necessário promover o planejamento da segurança associado com o planejamento das atividades a serem realizadas em canteiro (SAURIN, 2002), no qual é indispensável à realização de visitas e inspeções periódicas ao canteiro a fim de assegurar os requisitos estabelecidos pela norma e pela Gestão da Saúde e Segurança do Trabalho da obra (AKSORN; HADIKUSUMO, 2008).

Dentre as competências da NR-18 (BRASIL, 2015), nota-se que durante o processo de inspeção alguns itens acabam por passar despercebidos, seja pela dificuldade em observá-los, ou seja, pelo tempo corrido que acarreta na definição de prioridades na coleta das informações. Alguns critérios de segurança podem ser verificados através de simples observação, não exigindo inspeção mais criteriosa, tais como:

- a) as instalações provisórias em perfeito estado de conservação;
- b) as instalações sanitárias situadas em locais de fácil e seguro acesso;
- c) as áreas de trabalho previamente limpas, devendo ser retirados os detritos, resíduos, ou materiais que possam provocar condições inseguras aos trabalhadores;
- d) sinalização e isolamento da área para atividades de carga e descarga;
- e) as escadas de uso coletivo, rampas e passarelas para a circulação de pessoas e materiais devem ser dotadas de corrimão e rodapé;
- f) o uso de equipamento de proteção individual, é obrigatório;
- g) instalação obrigatória de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção e materiais
- h) na periferia da edificação é obrigatória a instalação de proteção contra queda de trabalhadores e projeção de materiais a partir do início dos serviços necessários à concretagem da primeira laje.

Dessa forma, como a NR-18 (BRASIL, 2015) exige que o Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho (PCMAT) contemple obrigatoriamente a identificação prévia de perigos e riscos existentes nos ambientes de trabalho, indicando as proteções coletivas e individuais a serem utilizadas, também se faz necessário o monitoramento das condições de trabalho e verificação dos itens perante o estabelecido no PCMAT. A norma é clara quanto à necessidade de inspeção regular dos equipamentos e proteções coletivas.

Conforme discutido anteriormente, os acidentes provenientes de queda é uma das principais causas de fatalidades e lesões na indústria da construção. Em vista disso, em 2012 passou a vigorar a NR 35 (BRASIL, 2014) que tem como função estabelecer requisitos mínimos e medidas de proteção para o trabalho em altura. De acordo com a NR 35 (BRASIL, 2014), destaca-se que o empregador tem as seguintes principais responsabilidades:

- a) assegurar a realização de avaliação prévia das condições no local do trabalho em altura, pelo estudo, planejamento e implementação das ações e das medidas complementares de segurança aplicáveis;
- b) adotar as providências necessárias para acompanhar o cumprimento das medidas de proteção estabelecidas nesta Norma pelas empresas contratadas;
- c) garantir aos trabalhadores informações atualizadas sobre os riscos e as medidas de controle;
- d) garantir que qualquer trabalho em altura só se inicie depois de adotadas as medidas de proteção definidas nesta Norma;
- e) assegurar a suspensão dos trabalhos em altura quando verificar situação ou condição de risco não prevista, cuja eliminação ou neutralização imediata não seja possível.

3.4 Gestão da Saúde e Segurança do Trabalho

A *Occupational Health and Safety Assessment Services* (OHSAS) 18001 é a principal norma aplicada a gestão da saúde e segurança do trabalho. A OHSAS é uma norma internacional, que tem como principal propósito apresentar os principais requisitos para a implantação de um sistema em saúde e segurança do trabalho, permitindo a uma organização controlar seus riscos e melhorar seu desempenho, podendo vir a ser aplicada a qualquer organização que deseje (OHSAS 18001, 2007):

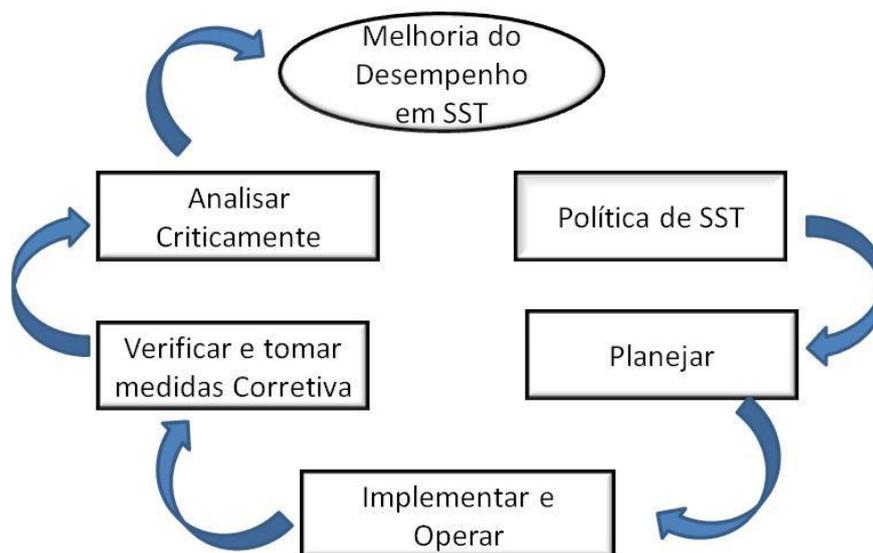
- a) estabelecer um sistema de gestão da SST para eliminar ou minimizar os riscos aos funcionários e outras partes interessadas que possam estar expostos a riscos de Segurança e Saúde Ocupacional (SSO) associados a suas atividades;
- b) implementar, manter e melhorar continuamente um sistema de gestão da SST;
- c) assegurar-se de sua conformidade com sua política de SST;
- d) demonstrar tal conformidade a terceiros;

e) buscar certificação/registro do seu sistema de gestão da SST por uma organização externa;

f) fazer uma autodeterminação e declaração de conformidade com esta especificação OHSAS.

O modelo de gestão proposto pela OHSAS 18001 (2007) é dividido em cinco principais fases, sendo elas: políticas de GSST, planejamento, implementação e operação, verificação e ação corretiva e análise crítica pela direção, conforme apresentado na Figura 9. No qual, todas essas etapas em conjunto buscam promover a melhoria contínua do sistema de gestão.

Figura 9: Modelo de sistema de gestão da SST, segundo a OHSAS.



Fonte: Adaptado de Benite (2004)

Reese (2011) sugere que algumas condições devem existir para assegurar que um programa de gestão da segurança seja bem sucedido, tais quais:

- a) compromisso de gestão e liderança;
- b) fornecer condições de trabalho seguras;
- c) treinar e incentivar hábitos de trabalho seguros por todos os funcionários.

3.4.1 Política de SST

A política de saúde e segurança do trabalho tem como propósito definir um direcionamento geral para a empresa, assim como os princípios e sua atuação em relação à segurança e saúde do trabalho (BENITE, 2004). Esta política deve contemplar os requisitos de segurança a ser efetivamente cumpridos pela empresa.

Segundo a OHSAS 18001 (2007), a política de Gestão de Segurança do Trabalho deve:

- a) ser apropriada à natureza e dimensão dos riscos de Segurança e Saúde ocupacional da organização;
- b) cumprir o compromisso de melhoria contínua;
- c) estabelecer o compromisso de, pelo menos, cumprir com a legislação vigente aplicável e com outros requisitos que a organização subscreva;
- d) ser documentada, implementada e mantida;
- e) ser comunicada a todos os funcionários com a intenção de que os empregados estejam conscientes das obrigações de SSO individuais;
- f) estar disponível para as partes interessadas;
- g) ser revistos periodicamente para garantir que ele continua a ser pertinente e adequada à organização.

Dessa forma, um programa de gestão da segurança deve contar com a participação de gestores e trabalhadores na formulação de políticas condizentes com as necessidades do projeto e no estabelecimento de um sistema de *feedback* que promova a melhoria contínua (ABUDAYYEH *et al.*, 2006).

3.4.2 Planejar

O planejamento e controle da segurança é um requisito obrigatório segundo as normas de segurança, além de ser prática frequente por empresas líderes em gestão de segurança (SAURIN, 2002; CAMBRAIA, SAURIN e FORMOSO, 2010). Na construção civil, embora a segurança esteja diretamente relacionada à produção, ainda se observa o planejamento da segurança sendo desenvolvido de forma totalmente isolada da gestão da produção (SAURIN; FORMOSO; GUIMARÃES, 2002). Fato este, que confirma que o planejamento da segurança, é por natureza deficiente, podendo-se observar a necessidade de estratégias de gerenciamento que explorem as interfaces da segurança com a gestão da produção.

O planejamento deve ser fundamentado, com base na política de SST estabelecida pela empresa, os objetivos e os respectivos meios para atingi-los. Além disso, é de competência do planejamento da SST, a identificação de perigos, a avaliação e controle dos riscos e o cumprimento das exigências legais (BENITE, 2004).

Segundo a OHSAS 18001 (2007), a organização é responsável por estabelecer e manter procedimentos para a contínua identificação dos perigos, avaliação de riscos, e a implementação das medidas de controle necessárias. A organização deve

garantir que os resultados dessas avaliações e os efeitos dos controles sejam considerados para o estabelecimento dos objetivos de SST, além disso, deve se manter um banco de dados atualizado com todas as informações. Para Wehbe, Hattab e Hamzeh (2016), a gestão da segurança deve ser trabalhada de forma integrada com a análise de risco, levando em consideração a investigação das causas ou fenômeno dentro de uma rede interativa.

3.4.3 Implementar e Operar

A Engenharia de Resiliência (ER) tem se destacado em estudos aplicados na área de gestão da segurança, devido à capacidade do sistema adotado em responder e adaptar-se a mudanças inesperadas em ambientes organizacionais (SCHAFER *et al.*, 2008). A ER tem sido aplicada em sistemas de alto risco, tais como projetos de construção, que envolvem alta interdependência entre participantes e altos níveis de incerteza e a variabilidade (WEHBE; HATTAB; HAMZEH, 2016). Um processo é chamado controlável se os parâmetros de saída a ser controlado podem ser ajustados para atingir os requisitos desejados em tempo aceitável (DINH *et al.*, 2012).

Para Wehbe, Hattab e Hamzeh (2016), o fluxo de comunicação é essencial fator para o bom desempenho da gestão da segurança. A comunicação bidirecional com gerentes e supervisores proporciona melhores resultados, pois os gerentes e supervisores, por estar mais envolvidos com as atividades de segurança, fornecem *feedback* direto para os trabalhadores. A gestão da segurança deve ser concebida para permitir uma interação eficiente entre os indivíduos a fim de garantir alto desempenho.

A falta de procedimentos estruturados durante a fase de operação é comum no ambiente da construção. No entanto, Saurin e Sanches (2014) destacam que a resiliência pode ser caracterizada pela falta de procedimento de operação normalizado para realizar o “ajustamento das condições”, além disso, a necessidade de decidir como fazer o ajuste enquanto a ação decorre da iniciativa dos trabalhadores na maioria das vezes, sem o apoio organizacional adequado.

Em vista da necessidade de realizar o ajustamento das condições, algumas orientações podem ser implementadas para promover a resiliência na SST, tais como o dimensionamento de folga, aumentar a visibilidade dos processos, encorajar a diversidade de perspectivas na tomada de decisões, e o monitoramento de como as atividades são feitas (SAURIN; SANCHES, 2014).

Embora a engenharia de resiliência possa ser caracterizada pela falta de procedimento, isso não significa que a gestão da segurança não deve desenvolver procedimentos estruturados. Segundo Saurin *et al.* (2006), o desenvolvimento de procedimentos de acordo com o contexto (padronização) é uma das suas principais ideias da construção enxuta, no qual, todo o trabalho deve ser altamente especificado em termos de calendário, conteúdo, sequência, responsáveis pela atividade e resultado. Dessa forma, a padronização é necessária tanto para reduzir a variabilidade dos resultados, como para estabelecer uma base sobre a qual as práticas de trabalho podem ser verificadas e continuamente melhoradas (SAURIN *et al.*, 2006).

3.4.4 Verificação e ação corretiva

A segurança é um indicador de desempenho fundamental, pois reflete as condições de trabalho, lesões e a perda de vidas humanas que impactam na duração, custo e qualidade dos projetos. Portanto, a gestão da segurança requer o rastreamento e monitoramento de vários indicadores de desempenho de segurança para permitir a identificação de problemas, a melhoria contínua dos processos, e melhores medidas de prevenção de acidentes (WEHBE; HATTAB; HAMZEH, 2016).

A pesquisa desenvolvida por Hollnagel (2006) destaca o monitoramento, como uma das principais características da engenharia de resiliência. Entretanto, um sistema de detecção bem projetado apenas, não é suficiente para uma resistência positiva, devendo este estar associado a uma boa gestão, avaliação e resolução das condições (HOLLNAGEL, 2006).

Dessa forma, a resiliência não pode ser simplesmente integrada ao sistema através do uso de mais procedimentos, diretrizes e equipamentos de proteção, e sim através do monitoramento contínuo (SCHAFER *et al.*, 2008).

Segundo Dinh *et al.* (2012), as medidas preventivas não podem impedir uma falha de ocorrer, o que torna o papel de detecção precoce ainda mais importante. Dinh *et al.* (2012) ressaltam que nem todos os riscos podem ser previstos através de um sistema de detecção, e, portanto, o princípio da resiliência deve envolver o sistema de gestão por meio do controle de procedimentos.

3.5 Inspeção de Segurança

Dentre os processos que compõe o SGSS, têm-se as atividades de inspeções cuja finalidade é verificar as condições do ambiente na qual os trabalhos estão sujeitos. A inspeção de segurança é um elemento comum de sistemas de gestão de

segurança para controlar os riscos na detecção precoce e correção (WOODCOCK, 2014).

Aksorn e Hadikusumo (2008), as inspeções de segurança são muito eficazes na prevenção de acidentes. Abudayyeh *et al.* (2006) afirmam que as taxas de incidência de acidentes e doenças são significativamente menores nas empresas que realizaram inspeções de segurança. Reese (2011) discute que a ausência de inspeções de segurança periódicas pode aumentar a taxa de acidentes em até 40%.

Na construção civil, as inspeções de segurança também são consideradas como uma estratégia utilizada para melhorar a segurança. No entanto, observa-se que o processo de inspeção no setor não possui um procedimento estruturado e abrangente, o que implica em ineficiência e ineficácia (LIN *et al.*, 2014).

Para Dias (2009), a inspeção assemelha-se a uma auditoria, incidindo sobre um único item ou processo e geralmente tem suas respostas baseada no "sim / não", visto que as auditorias são mais detalhadas. De acordo com ILO-OSH (2001), o monitoramento pode ser classificado como ativo ou reativo. No monitoramento ativo, falhas no sistema de proteção contra acidentes são identificadas durante a execução da atividade, onde as medidas necessárias devem ser implementar para garantir a proteção, em conformidade com critérios definidos. Enquanto, no monitoramento reativo, as falhas do sistema de gestão da segurança são identificadas através da ocorrência lesões, doenças e incidentes, no qual medidas corretivas são necessárias para evitar a reincidência das mesmas.

Para Cambraia, Saurin e Formoso (2010), o planejamento e controle da produção são essenciais na prevenção de acidentes do trabalho, principalmente em processos com elevados riscos de acidentes. Isto significa que gestores de segurança devem conduzir diariamente, semanalmente e mensalmente inspeções em canteiros, consistente com a gestão de segurança, para avaliar as condições, baseando-se em critérios ou requisitos de segurança estimulados por normas e regulamentações, seja nacional, como NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 2011) ou internacional como OHSAS 18001 (2007).

Com ênfase nas condições de trabalho, as estratégias de inspeção devem ser suficientemente flexíveis para rever a prioridade das inspeções previstas, sempre que necessário. Além disso, deve-se evitar inspeção repetitiva e redundante, o progresso da inspeção e seus resultados deve ser continuamente revisado.

Segundo Procópio (2010), as inspeções podem ser classificadas como:

a) inspeção diária: é realizada diariamente pelo Técnico de Segurança do Trabalho, no qual a obra é responsável pela adoção das medidas necessárias para a eliminação de riscos apontados;

b) inspeção prévia de novas frentes de serviço: é realizada pelo Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) e o responsável pela nova frente de serviço, analisando-se as prováveis interferências, métodos e procedimentos a serem adotados para eliminação ou neutralização dos riscos;

c) inspeção mensal de segurança: é realizada mediante calendário prévio, no interior das áreas de serviço, com a participação do Engenheiro, SESMT e representante da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

d) inspeção técnica de segurança: é realizado pelo SESMT, quando serão inspecionados equipamentos, materiais e ferramentas recebidas pelo empreendimento, destacando-se: inspeção de veículos e equipamentos, inspeção de extintores de incêndio, inspeção de EPI e EPC.

e) Inspeção por meio *checklist* de segurança: é realizada pelo SESMT, trimestralmente, com o objetivo de fazer uma avaliação geral das condições de segurança e qualidade de vida da obra.

Em vista da quantidade de variáveis a serem controladas pela gestão da segurança, Reich (1986)² apud Woodcock (2014) comenta sobre necessidade de se planejar a inspeção, incorporando informações sobre acidentes anteriores, verificando as operações e potencial acidente, identificação de risco dos trabalhadores e normas aplicáveis.

Embora a literatura comente os princípios e normas relacionadas aos tipos de perigo, o inspetor deverá intuitivamente sabe como localizar, identificar e avaliar corretamente esses perigos (WOODCOCK, 2014). Diante disso, Lin *et al.*, (2014) destacam que os problemas registrados durante a inspeção podem variar muito para o mesmo tipo de questão quando realizado por diferentes especialistas, dificultando a compreensão sistemática dos problemas observados.

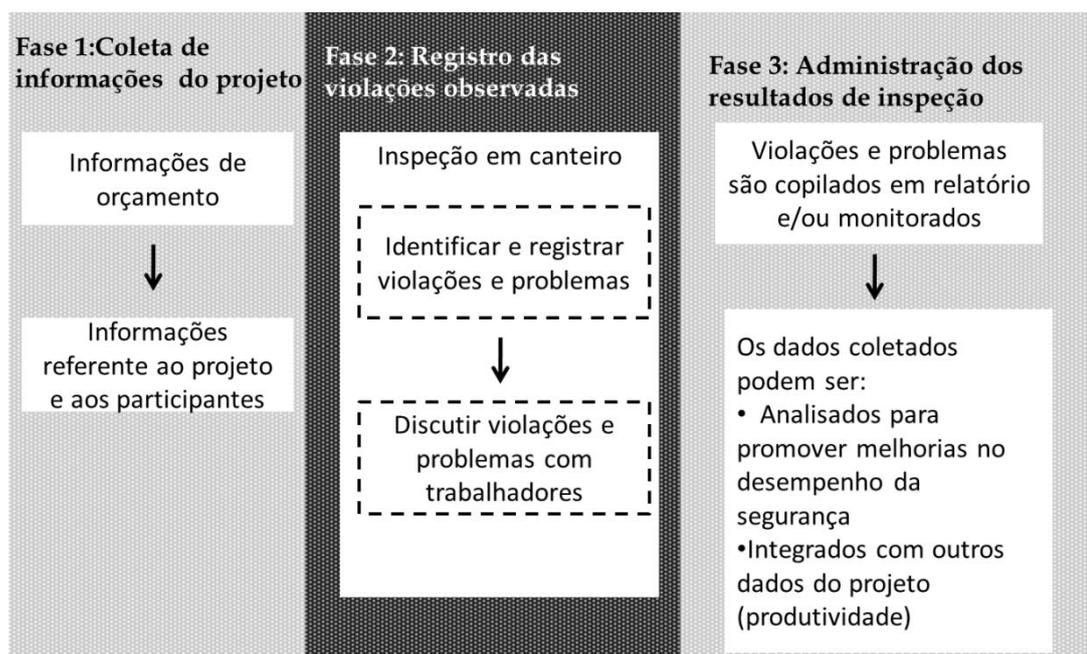
² Reich, A.R. (1986). Plant inspection and worker protection. In: LaDou, J. (Ed.), An Introduction to Occupational Health and Safety. National Safety Council, Chicago, IL.

Complementando, Cheng e Teizer (2013) levantam questionamentos sobre a coleta de dados manual, em que para os autores as observações manuais são feitas através do ponto de vista do observador e sua perspectiva pode ou não ser a melhor. Além disso, a coleta manual dos dados retarda a análise dos dados, acarretando em perda de informações e não compartilhamento das mesmas, com os envolvidos no projeto. Estas limitações das práticas atuais podem se tornar um gargalo para tomada de decisão rápida e precisa em um canteiro de obras.

Em vista as dificuldades enfrentadas durante o processo de inspeção de segurança em canteiro, é visível a necessidade da sistematização do processo de inspeção. Sendo esta essencial, para aumentar a confiabilidade do processo, além de tornar o caráter do processo metodológico e científico, até então baseado nas experiências do observador. A interação direta é outra vertente a ser explorada, visto que possibilita um maior contato com os funcionários, favorecendo a ocorrência de *feedback* com o objetivo de criar um ambiente de trabalho seguro. Quando o *feedback* é dado em tempo real há maiores chances de uma mudança de postura dos funcionários, reforçando o uso do EPI e evitar as condições inseguras, em outros casos, os gerentes de segurança necessitam de informações referente a determinadas situações para a tomada de decisão (IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012).

Devido à carência de estudos que especifiquem como se deve executar o processo de inspeção, Dias (2009) e Lin *et al.* (2014) apresentam uma sistematização do processo, em que para cada fase são descritas as principais atividades a serem desenvolvidas. Para Lin *et al.* (2014), o processo de inspeção de segurança pode ser dividido em três fases: a coleta de informações do projeto, o registro das não conformidades observadas, e a administração da fase resultados da inspeção, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10: Processo de inspeção de segurança



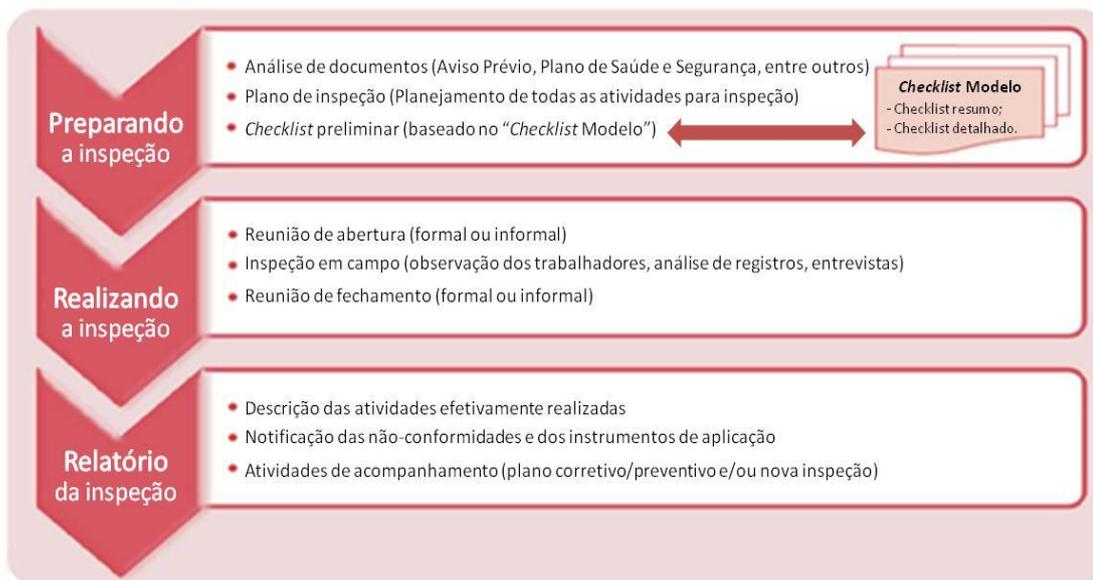
Fonte: Adaptado de Lin *et al.* (2014)

Geralmente, a frequência da inspeção depende da escala e da importância do projeto (LIN *et al.*, 2014). Durante uma inspeção, o especialista em segurança normalmente toma notas de quaisquer irregularidades e questões de segurança identificadas e se comunica com os trabalhadores a fim de expressar as preocupações observadas. Ao voltar para o escritório, o especialista realiza o processamento e análise dos resultados da inspeção (LIN *et al.*, 2014).

Os resultados das inspeções são frequentemente discutidos durante as reuniões da gestão para evitar que problemas semelhantes não se repitam. Eventualmente, os resultados da inspeção podem ser usados para identificar indicadores para o desempenho de projetos de segurança e melhorar o local através da identificação e compreensão da tendência de trabalho inseguro condições / comportamentos. Os resultados da inspeção também podem ser potencialmente usados para estabelecer relações entre a segurança do projeto e outros aspectos, tais como cronograma, produtividade e custo do projeto (LIN *et al.*, 2014).

De forma semelhante ao apresentado por Lin *et al.* (2014), Dias (2009) também subdivide o processo de inspeção em três etapas principais, como apresentado na Figura 11. No qual, a etapa inicial está associada a preparação da inspeção com a análise de documentos e a definição do plano de inspeção, a inspeção em campo com os registros das não conformidades e por fim, a apresentação das notificações e o plano corretivo e/ou preventivo das mesmas.

Figura 11: Sistematização de etapas do processo de inspeção



Fonte: Adaptado de Dias (2009)

Os estudos desenvolvidos por Park; Lee e Wang (2013) e Kim *et al.* (2008), e a prática, mostram que os processos de monitoramento e inspeção gerencial em obra apresentam uma série de problemas, que acabam por reduzir a eficiência e eficácia destas avaliações. De acordo com os autores citados, tais problemas estão associados a: (a) insuficiência de pessoal para análise dos requisitos de segurança e a alta demanda de preenchimento manual de dados; (b) excesso de trabalho na coleta de dados, devido ao grande número de requisitos a serem avaliados; (c) falta de padronização dos checklists de avaliação, bem como dos meios de processamento e análise dos dados; (d) perdas de informação entre coleta e processamento de dados; (e) pouca comunicação entre os intervenientes do projeto; (f) dificuldade de agir em tempo real para corrigir problemas e de realizar ações preventivas.

De forma semelhante, Lin *et al.* (2014) destacam que as principais causas para a ineficácia e ineficiência do processo de inspeção de segurança são: (a) a falta de padronização dos processos; (b) a falta de documentação normalizada; (c) a restrição de acesso a informação; (d) a coleta de dados repetidos; e (e) a falta de especialistas de segurança. Ainda segundo os autores, no processo tradicional os resultados são raramente analisados novamente, e poucos são transformados em indicadores de desempenho para uso administrativo ou de gestão, o que reduz a eficiência no processo de tomada de decisão e dificulta o monitoramento de desempenho da segurança.

Observa-se então a importância do comprometimento da gestão em fazer inspeções frequentes, de modo que as deficiências e problemas sejam corrigidos (RAHIM *et al.*, 2008). Além disso, é perceptível a necessidade de integração de novas tecnologias para dar suporte ao processo de inspeção, a fim de facilitar a coleta e processamento das informações, visando promover a intervenção e correção do risco em tempo hábil.

3.5.1 *Uso de tecnologias emergentes para inspeção e monitoramento da segurança*

Visando contornar as limitações imposta pelo processo tradicional de inspeção, recentes pesquisas têm procurado aplicar tecnologias inovadoras para automatização e padronização das inspeções de segurança no setor da construção. Lin *et al.* (2014) ressaltam que a introdução de ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) para ser ter sucesso necessita de uma abordagem centrada no usuário. Para tal, Lin *et al.* (2014) buscaram desenvolver e avaliar uma plataforma para ser utilizada através do *iPad*, a fim de melhorar as práticas e gestão de segurança nos procedimentos de inspeções diárias. Nesse estudo, a ferramenta desenvolvida permitia a coleta consistente de dados que poderia eventualmente, ser utilizado para auxiliar no desenvolvimento de técnicas de segurança e análise de dados avançados.

Uma nova abordagem de acompanhamento é proposta por Jaselskin *et al.* (2015), no qual, a ideia principal consiste na transmissão de vídeo em tempo real através de conexão via wireless entre equipamento de câmera móvel situado em qualquer lugar do canteiro a membros localizados externamente. Essa tecnologia permite a realização se inspeção de segurança e qualidade e atualização de progresso de forma virtual ou por tele presença, o que influencia na redução de custo e tempo despedido para a execução da atividade.

De acordo com os resultados alcançados, a inspeção por meio virtual mostrou-se satisfatória aos gestores. No entanto, o tempo desprendido pela inspeção teve duração duas vezes maior que o tradicional, em função do atraso no armazenamento entre o sinal se áudio e vídeo. Além disso, observou-se que a gerência participou de forma mais ativa, levantando mais perguntas quanto aos itens inspecionados, o que pode levar ao aumento de confiabilidade do processo de inspeção (JASELSKIN *et al.*, 2015).

Han *et al.* (2009) questionam a falta de adoção de tecnologias que promovam a análise e comunicação da segurança. Para isso, propuseram a aplicação do modelo

D⁴AR (realidade aumentada 4-dimensões), no qual o modelo planejado em 4D é sobreposto com fotografias retiradas no canteiro. Essa tecnologia de visualização permite analisar o planejado e o realizado, permiti a compreensão das atividades e práticas inseguras de forma ágil, além de servir de material para promover a educação da segurança em canteiro. Segundo Golparvar-Fard *et al.* (2009), o modelo D⁴AR permite através das imagens diárias o monitoramento e o acompanhamento do progresso em canteiro, a análise das condições de segurança, a produtividade e a gestão do layout de canteiro. Dessa forma, o modelo D⁴AR oferece recursos consistentes para o processo de tomada de decisão. Até então, a aplicação dessa ferramenta limita-se a área externa e fachada.

Dentre os principais potenciais benefícios da adoção da tecnologia, Golparvar-Fard *et al.* (2011) apresentam que a capacidade de zoom das imagens permite que em alguns casos, a inspeção de segurança seja realizada remotamente. Além disso, os ativos coletados servem como registro, atuando como evidência na tomada de decisão perante as irregularidades detectadas.

Cheng e Teizer (2013) apresentam uma proposta de monitoramento das condições de segurança em tempo real através da associação de tecnologias, como, RFID, laser scanner e realidade virtual. Os resultados encontrados pelos pesquisadores apontam que a segurança e atividade nas operações de campo podem ser monitorados automaticamente e visualizados em tempo real, corroborando com o aumento da consciência dos trabalhadores e na correção de potencial incidentes em tempo real.

O estudo realizado por Shrestha; Yfantis e Shrestha (2011) propõem uma abordagem na visualização das condições de trabalho. Para tal, foi desenvolvido um algoritmo de visão computacional para detectar em tempo real, se for o caso, o descumprimento relativo ao não uso do capacete. Uma vez que o algoritmo identifica um trabalhador sem capacete, ele emite uma mensagem de aviso para a equipe de segurança, favorecendo a correção da infração em tempo real.

Para o sucesso da implementação de novas tecnologias em canteiro de obras, Lin *et al.* (2014) destacam que as mesmas devem ser de fácil uso, no qual devido ao caráter dinâmico da construção, em que as atividades desenvolvidas mudam diariamente, resultando na criação de novos perigos a serem controlados. Além disso, as implicações da adoção de ferramentas e TIC em um contexto prático de trabalho, ainda não são bem compreendidas pelo setor da construção.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Esse capítulo descreve o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do trabalho, no qual será apresentada a estratégia de pesquisa adotada e, posteriormente, o delineamento da pesquisa, com a descrição das etapas desenvolvidas durante o processo de pesquisa.

4.1 Estratégia de Pesquisa

Este trabalho classifica-se como pesquisa qualitativa, que segundo Van Aken, Berends e Bij (2012) é caracterizada através de uma abordagem interpretativa, cujo o objetivo é compreender outra pessoa, grupo ou cultura. As pesquisas qualitativas podem ser classificadas em: exploratórias, descritivas e explanatórias.

A estratégia que melhor se adequa ao presente trabalho é o Estudo de Caso, visto que, além de ser utilizado para responder as questões “como” e “porque”, possibilita a investigação de acontecimentos contemporâneos (YIN, 2001; VAN AKEN; BERENDS; BIJ, 2012).

Segundo Gil (2002), o estudo de caso tem como finalidade propiciar uma maior familiaridade com o problema, tendo em vista, torná-lo mais explícito ou constituir hipóteses. Para Yin (2001), o estudo de caso é um método empírico, em que se busca investigar um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, quando a fronteira entre o fenômeno e o contexto não é clara o suficiente, necessitando de múltiplas fontes de evidência, como, observações diretas e entrevistas sistemáticas.

Dessa forma, a escolha da estratégia estudo de caso ocorre devido à natureza empírica do estudo, em que para o desenvolvimento de diretrizes para o uso do VANT para inspeção de canteiro é irrefutável a necessidade de observação e experiência de como a tecnologia pode ser implementada no sistema de gestão, de forma a possibilitar a avaliação da mesma, para tais fins. Além disso, o tema proposto caracteriza-se como um fenômeno contemporâneo, amplamente discutido atualmente, no entanto, carece de estudos aprofundados para compreensão do impacto da adoção da tecnologia no contexto da vida real, de forma específica na rotina do monitoramento das obras.

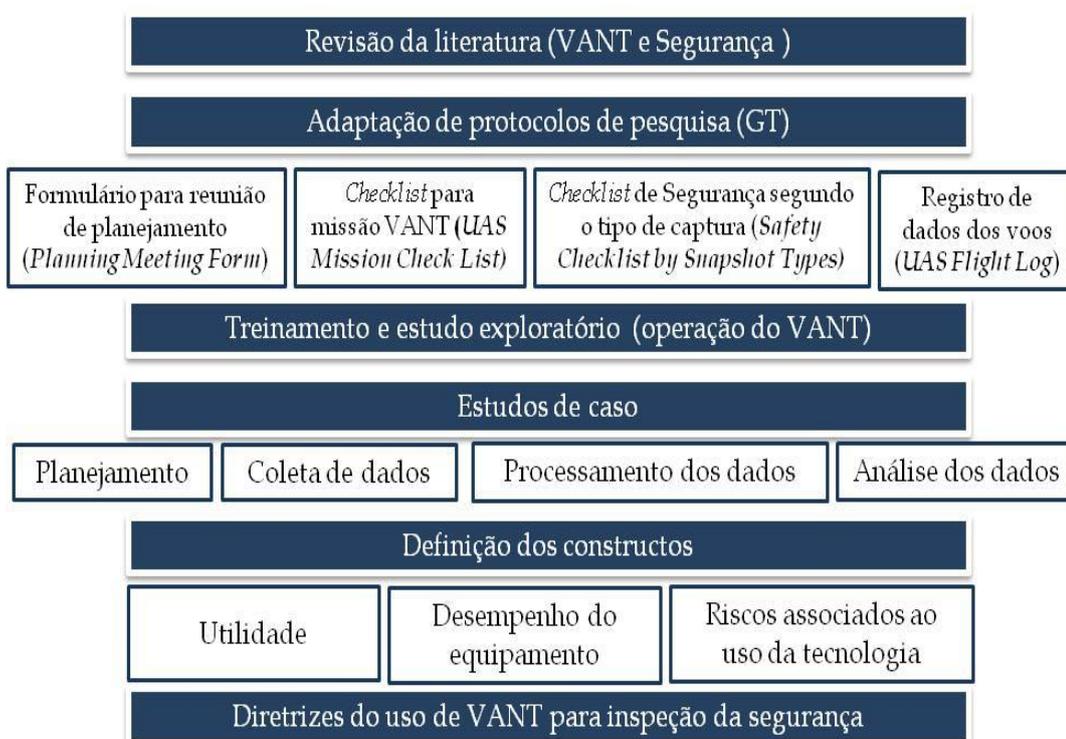
Com base nisto, serão realizados múltiplos estudos de caso, para que se tenha evidências sob diferentes contextos, a fim de fornecer visões e critérios de análise que contemplem o maior número de situações possíveis. Desse modo, será considerado

o empreendimento como unidade de análise, sendo a inspeção de segurança do trabalho com o uso de VANT, o objeto de análise.

4.2 Etapas da pesquisa

A pesquisa foi dividida nas seguintes etapas: (a) revisão da literatura, (b) adaptação dos protocolos VANT Georgia Tech e escolha da tecnologia VANT, (c) estudo exploratório e treinamento VANT, (d) estudo de casos, (e) definição dos constructos para avaliação do desempenho do VANT na inspeção da segurança, (f) proposição de diretrizes para o processo de inspeção e monitoramento da segurança com o uso do VANT, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12: Delineamento da Pesquisa



Fonte: A autora

4.2.1 Revisão da literatura

A revisão bibliográfica visou identificar o estado da arte sobre o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) na engenharia, novas tecnologias utilizadas para inspeção e monitoramento da segurança em obras, com destaque para uma análise da regulamentação e requisitos para uso de VANT para monitoramento de obras, em nível nacional e internacional, bem como potenciais fatores, benefícios e dificuldades no uso de VANTs. Foi ainda realizada uma revisão da literatura Gestão da Saúde e

Segurança do Trabalho, dando ênfase ao papel das inspeções de segurança nesta gestão.

4.2.2 Adaptação dos protocolos VANT Georgia Tech

Este projeto faz parte do projeto de pesquisa "Uso de Dispositivos Móveis para Monitoramento Integrado de Obras: Ênfase no Planejamento e Controle, Qualidade, Segurança e Sustentabilidade Ambiental". Alguns trabalhos referentes a uso de dispositivos móveis foram desenvolvidos em parceria com a *Georgia Institute of Technology* nos Estados Unidos durante o período de agosto de 2014 à julho de 2015.

A presente dissertação busca dar continuidade a parceria estabelecida, no qual o conjunto de *Checklist* e formulário para aplicação do VANT para inspeção de segurança desenvolvido por Irizarry³, Costa⁴ e Kim⁶ (2015b) durante um estudo para construção de uma planta industrial nos Estados Unidos, foram adaptados ao contexto brasileiro.

O protocolo desenvolvido e adaptado consiste em um conjunto de formulários para planejamento e coleta de dados com o uso de VANT, quais sejam:

- a) Formulário para reunião de planejamento (***Planning Meeting Form***): determina o fluxo de trabalho e as informações necessárias das atividades juntamente com a equipe de gestão da obra (Apêndice 1). Visa conhecer as informações gerais do projeto, o processo de informação da gestão da segurança, assim como a definição do plano de voo.
- b) *Checklist* para missão VANT e formulário de dados do voo (***UAS Mission Check List and Flight Log Data Form***): formulário usado para preparação do voo, controle, e operações de pouso e decolagem com o objetivo de tornar o voo mais eficiente, considerando os requisitos de segurança e o uso apropriado do equipamento (Apêndice 2).
- c) *Checklist* de Segurança segundo o tipo de captura - Versão completa (***Safety Checklist by Snapshot Types – Full version***): usado para identificar os requisitos de segurança que são possíveis de serem visualizados pela

³ Georgia Institute of Technology

⁴ Universidade Federal da Bahia

tecnologia VANT. Inicialmente este *checklist* foi desenvolvido por (IRIZARRY, COSTA; KIM, 2015b), com base na OSHAS 18000 (ver Anexo 1 – em inglês). Entretanto, visando atender com maior fidelidade a regulamentação de segurança para canteiros de obra vigente no Brasil, o *checklist* foi adaptado conforme a NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 2015) e NR 35- Trabalho em Altura (BRASIL, 2014).

No total, o *checklist* apresenta 45 itens de verificação, e os itens de segurança foram classificados em três tipos de tomada visando facilitar o processo de coleta de dados e concentrar os itens de segurança que podem ser visualizados a longas distâncias (*overview*), médias distâncias (*Medium altitude view*) e curtas distâncias (*Close Up View*).

(1) *Overview*: visa obter uma visão geral do canteiro, *layout* e organização do canteiro, a coleta de ativos (fotos e vídeos) é realizada em altas altitudes, até 120 metros;

(2) *Medium view*: busca captar os ativos em uma altitude intermediária, focando em proteções coletivas (andaimés, plataformas de segurança, escadas, passarelas, rampas, entre outros), até cerca de 50 metros de altitude.

(3) *Close up view*: busca coletar informações detalhadas relacionado a segurança durante a execução de determinados serviços, tais quais, concretagem, alvenaria, cobertura, impermeabilização, operação de equipamentos e fachada.

O *checklist* completo é apresentado no Apêndice 3. A Figuras 13 apresenta modelos das tomadas em *Overview*, *Medium View* e *Close Up*.

Figura 13: Modelo de captura de imagens. (a) Overview; (b) *Medium View* e (c) *Close Up*



Fonte: Projeto de Pesquisa GETEC/UFBA

- d) Checklist de Segurança segundo o tipo de captura - para campo (**Safety Checklist by Snapshot Types - for field**): este *checklist* foi desenvolvido no presente projeto e apresenta o resumo dos itens de segurança a serem avaliados (total de 24 itens), usado para orientar o piloto e o observador durante a coleta de dados com o VANT (Apêndice 4). O Quadro 5 apresenta um resumo com os itens de segurança avaliados neste *checklist* para campo.

Quadro 5: Lista com os itens de segurança avaliados (24 itens)

Overview	
1	Áreas de estacionamento, principais entradas e rotas de acesso externo
2	Tapume ao longo do perímetro do canteiro e instalações provisórias
3	Rotas internas para trânsito de equipamentos, materiais e pessoas
4	Área para estoque/armazenamento de materiais
5	Central de aço e carpintaria
6	Resíduos depositados em local adequado
Medium Altitude view	
7	Plataforma de proteção (bandejas)
8	Escadas de uso coletivo, rampas e passarelas
9	A remoção/transporte dos entulhos
Close Up View	
10	Trabalhadores utilizando equipamentos de proteção
11	Trabalhadores protegidos de quedas (guarda-corpos, linha de vida e etc.)

12	As baias para agregados
13	Estoques de materiais (aço, blocos cerâmicos, blocos de concreto)
14	Equipamentos pesados (guindastes, guias, e etc..)
15	Pontas verticais de vergalhões de aço expostas
16	Montagem e desmontagem das formas
17	A área de trabalho encontra-se limpa,
18	Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga e descarga de materiais
19	Guincho, grua, guindaste e outros
20	Cargas em içamento
21	Cabine de controle e operação de máquinas e equipamentos
22	Área de manutenção e abastecimento de máquinas e equipamentos
23	Andaimes (suspensos ou balacim e/ou cadeiras suspensas)
24	Plataformas de trabalho aéreo (PTA)

Fonte: Projeto de Pesquisa GETEC/UFBA

- e) Registro de dados dos voos (***UAS Flight Log***): visa armazenar as informações referentes aos voos realizados, como duração, quantidade de ativos, piloto, altitude máxima, distância, entre outras características (Apêndice 5).

O equipamento selecionado é um *DJI Phantom 3 Advanced* (Figura 14) é acoplado com câmera Sony EXMOR 1/2.3", com 12,76 pixels, tamanho de imagem de 4000x3000, gerando fotos nos formatos JPEG e DNG, e vídeos em MP4. Tal escolha justifica-se pelo fato de ser uma tecnologia acessível, comercializada, que pode vir a facilitar a adoção da tecnologia pelas construtoras e empresas de consultoria de monitoramento de obras. Além disso, utilizou-se um conjunto de 3 baterias visando garantir a autonomia de voo necessária.

Este modelo aerodinâmico quadricoptero tem a capacidade de oferecer maior estabilidade do equipamento durante o voo. Por ser um equipamento leve de 1280 g, operado por controle remoto associado a um aplicativo (*DJI Go app*), que é rodado através de diferentes tipos de *smartphones* ou *tablets*. Além disso, o equipamento possui alguns dispositivos de segurança como *Return to Home* que possibilita a aeronave voltar ao ponto de decolagem, em caso de perda do enlace de comando com a estação ou controle, o que é possível devido ao sistema de comunicação e navegação de GPS inseridos na aeronave. A aeronave possui um dispositivo que permite limitar a altitude máxima em 120 metros ou 400ft conforme estabelecido em normas, e possui configuração de fábrica que restringe zonas proibidas cadastradas (*No Fly Zone*), como aeroportos internacionais.

Figura 14: *DJI Phantom 3 Advanced*

Fonte: Projeto de Pesquisa GETEC/UFBA

4.2.3 Estudos exploratórios e treinamento VANT

A etapa de Estudos Exploratórios visou identificar o problema real a ser estudado para o melhor entendimento sobre como o VANT deveria ser aplicado para monitoramento e inspeção de segurança em canteiros de obra. A etapa de estudos exploratórios incluiu o treinamento da tecnologia, assim como a compreensão técnica a fim de estabelecer procedimentos para operar com segurança.

Durante a fase de estudos exploratórios foram realizados voos testes em canteiros de obra dentro do campus da Universidade Federal da Bahia, com o objetivo de coletar dados com o VANT, e analisar os itens possíveis de serem visualizados através dos ativos visuais coletados, a fim de refinar o método de coleta para ser aplicado nos estudos de casos seguintes.

Esta fase teve início em agosto/2015, com as atividades de treinamento da tecnologia (Figura 15), sendo realizado testes na Escola Politécnica, no Centro de Esportes e Educação Física (CEEF) e no Instituto de Humanidades, Artes e Ciências (IHAC), totalizando dez voos (total de 1h e 38 minutos de treinamento), conforme apresentado no Quadro 6. Dentre as informações registradas durante o voo por meio do App DJI Go, destacam-se, a quantidade de ativos visuais coletados (fotos e vídeos), distância, altitude máxima e duração de voo.

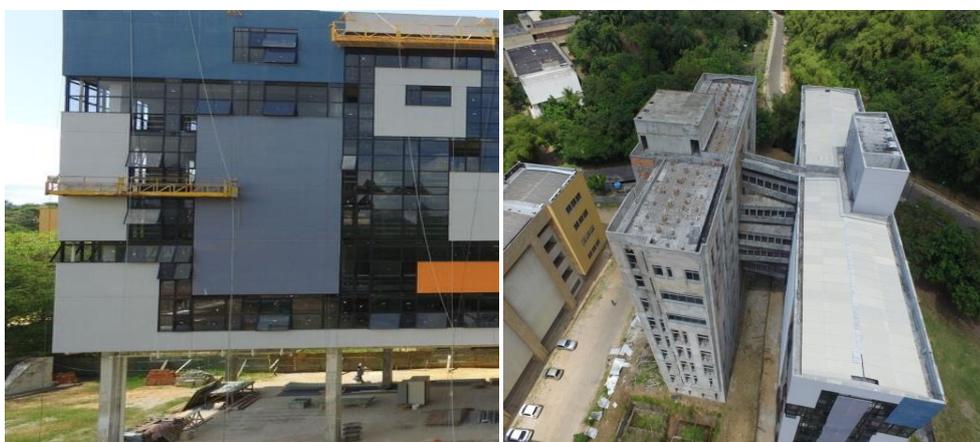
Quadro 6: Planilha Flight Log (Fase de treinamento)

Nº do Voo	Fase do Projeto	Data	Local	Quant. de Fotos	Duração vídeos (min)	Altitude máxima (m)	Duração de voo (min)
1	Teste	27/ago/15	Escola Politécnica	4	0:00	5,0	2:29
2	Teste	03/set/15	CEEF	32	0:00	29,6	10:28
3	Teste	03/set/15	CEEF	60	0:00	30,0	10:40
4	Teste	09/set/15	CEEF	41	06:55	50,1	15:09

Nº do Voo	Fase do Projeto	Data	Local	Quant. de Fotos	Duração vídeos (min)	Altitude máxima (m)	Duração de voo (min)
5	Teste	09/set/15	CEEF	21	06:04	50,5	12:00
6	Teste	23/set/15	IHAC	30	05:58	62,2	14:38
7	Teste	23/set/15	IHAC	12	05:16	85,0	13:50
8	Teste	30/set/15	IHAC	1	01:46	25,8	4:45
9	Teste	30/set/15	IHAC	10	00:19	12,2	4:11
10	Teste	30/set/15	IHAC	45	01:45	51,0	9:44

Fonte: Projeto de Pesquisa GETEC/UFBA

Figura 15: Ativos visuais coletados durante o treinamento com VANT no IHAC



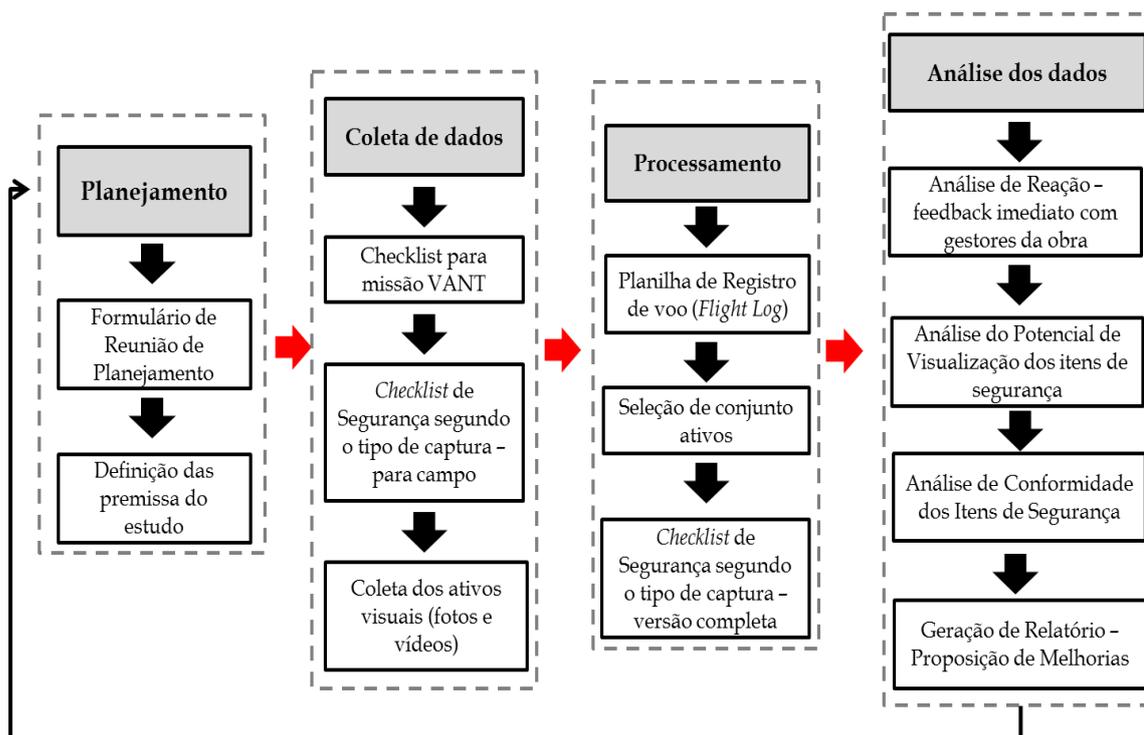
Fonte: Projeto de Pesquisa GETEC/UFBA

4.2.4 Estudos de Caso

Esta etapa teve como objetivo implementar, refinar e validar o protocolo para monitoramento e inspeção de segurança com o uso do VANT desenvolvido em obras de edificações residenciais. A escolha das obras para a realização do estudo foi limitada por critérios legais estabelecidos pela ANAC, como operar em distância maior de 5 km de raio de aeroportos, aeródromos, heliporto e distantes de zonas de alta densidade demográfica.

O processo de monitoramento e inspeção de segurança com o uso do VANT foi estruturado em quatro etapas: planejamento, coleta de dados com VANT, processamento e análise de dados, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16: Protocolo de inspeção de segurança com VANT



Fonte: A autora

Na etapa de planejamento são definidas as premissas do estudo, alinhando a proposta do estudo aos interesses da obra. É nesta fase, que são definidos quais os pontos de maior necessidade de monitoramento e inspeção, além de estabelecer os pontos de decolagem e pouso no canteiro. Tais informações foram revistas para cada voo ou visita realizada. Para formalizar e sistematizar as informações nesta etapa, aplicou-se o formulário de reunião de planejamento.

A coleta de dados com VANT visou inspecionar as condições de segurança do canteiro por meio da realização de tomadas de fotos e vídeos, tomando como base os itens de inspeção do Checklist de Segurança- para campo. Para todos os voos, pelo menos três membros da equipe do projeto de pesquisa foram envolvidos: o piloto, o observador que guiou o piloto para a coleta de dados de inspeção de segurança, e um segundo observador que se concentrou na segurança do voo (aproximação de aeronaves, pássaros ou outros quaisquer obstáculos que possam pôr em riscos o voo). Para garantir a segurança e a eficiência na decolagem e pouso da aeronave utilizou-se o Checklist de missão.

Os dados coletados durante o voo são processados em laboratório. Inicialmente, é preenchida a planilha com registro de voo (*Flight log*), no qual os dados do Checklist de missão e os dados armazenados no aplicativo da DJI Go são

transferidos para um banco de dados com todos os registros dos voos realizados. Posteriormente, devido à grande quantidade de ativos visuais coletados em cada voo (a base de dados VANT dava suporte a dois projetos: segurança e modelagem 3D, o que justifica a grande quantidade de imagens), antes das análises era realizada uma seleção de ativos para esta finalidade, sendo as mesmas separadas por tomadas e buscando remover os ativos com informações repetidas.

Neste estudo optou-se pelo processamento das imagens quadro a quadro, ou seja, a identificação dos itens de segurança por imagens, entretanto, outros recursos poderiam ser utilizados, tais como, a geração de ortofotos⁵ por tipo de captura, onde todos os itens de segurança seriam visualizados através de uma única imagem; a criação de modelos 3D ou fotos panorâmicas. Tais recursos poderiam vir a corroborar com a redução do tempo de análise, no entanto, necessitam de softwares e hardware com alta capacidade de processamento, o que poderia vir a comprometer a adoção pelas obras, devendo-se avaliar a relação custo/benefícios da aplicação de tais recursos no ambiente de canteiros de obras.

Ainda na etapa de processamento, os ativos selecionados são vinculados aos itens do *checklist* de segurança segundo o tipo de captura - versão completa, a fim de garantir que todos os itens monitorados foram coletados, além de facilitar a análise dos dados, visto que para cada item tem-se a descrição de qual o ativo visual, ou conjunto de ativos que melhor lhe representa. A análise dos dados foi realizada de duas formas. A análise de reação com os gestores das obras por meio da apresentação dos ativos visuais logo após a coleta de dados visando identificar a percepção dos gestores quanto aos problemas de segurança que podiam ser visualizados de forma imediata. Esta análise ocorreu em apenas algumas das visitas, a partir da disponibilidade do gestor para esta reunião de *feedback*.

A análise em laboratório visou uma análise mais aprofundada, para identificar inicialmente os itens do *checklist* que podiam ser visualizados a partir dos ativos visuais coletados com VANT e, posteriormente, uma análise de conformidade destes itens de segurança com base nos ativos visuais.

⁵ A ortofoto é uma fotografia ou uma imagem, quando apresentada na forma digital, que representa as feições projetadas ortogonalmente.

Na análise do **Potencial de Visualização** dos itens de segurança com os ativos visuais optou-se pela classificação: Sim (visualizado), Não (não visualizado) ou Não se Aplica. Os itens não visualizados por meio dos ativos foram justificados como: N1- Inspeção incompleta, N2-Limitação da tecnologia e N3- Imagem sem detalhamento.

A análise de **Potencial de Visualização por Tipo de Captura** representa os itens visualizados estratificados de acordo com o Checklist de Segurança por tipo de captura-versão completa. Esta análise permitiu avaliar o desempenho do uso do VANT para diferentes aplicações, visto que cada tomada está associada a um tipo de processo, conseqüentemente a um tipo de informação.

Após esta primeira análise, procedeu-se a segunda análise, cujo objetivo foi avaliar a **Conformidade dos Itens de Segurança**, de acordo com as normas NR 18 e NR 35. A conformidade foi avaliada em: Conforme (verde), Não Conforme (vermelho) ou Não visualizado (branco). A classificação adotada permitiu realizar o acompanhamento às condições de segurança por meio do status do item em cada visita.

As análises e o conjunto de ativos visuais coletados foram fornecidos às obras estudadas. Todos os ativos visuais eram fornecidos imediatamente após os voos, por meio de compartilhamento na nuvem. Infelizmente, os relatórios com as análises nos dois primeiros estudos não foram distribuídos em tempo real, devido ao processo de aprendizagem dos pesquisadores. Além do planejamento, coleta e análise dos dados relativos ao processo de monitoramento e inspeção de segurança com o VANT, foram realizadas coletas de dados visando conhecer o sistema de gestão de segurança da empresa e a percepção dos envolvidos quanto aos ativos visuais coletados com VANT. Para tanto, foram realizadas entrevistas, conforme a necessidade de informações e a aplicação do questionário de importância.

Essas coletas adicionais, assim como alguns dados coletados durante o protocolo de inspeção foram utilizadas para avaliar o desempenho do VANT.

4.2.4.1 Estudo de Caso – Obra A

a. Caracterização do estudo

A obra em estudo consiste em um conjunto habitacional Minha Casa Minha Vida, com 96 blocos, totalizando 1880 unidades, tendo uma área total de 150.000m², com 91.000m² de área construída (Figura 17). O prazo para execução da obra é de

24 meses. A obra analisada é executada em paredes de concreto, a construtora possuía cinco jogos de forma, sendo construídos 10 apartamentos por dia.

Figura 17: Imagem do canteiro (*overview*)



Fonte: Projeto de Pesquisa GETEC/UFBA

b. Descrição do Sistema de Segurança da Obra

O corpo técnico de segurança da obra é composto por um engenheiro de segurança, três técnicos de segurança, um técnico de enfermagem e 5 estagiários (nível técnico). Cada estagiário é responsável pelo acompanhamento de um jogo de forma.

A obra não possui procedimentos padronizados de inspeção de segurança. No início da jornada de trabalho são realizadas inspeções visuais, e são emitidas Permissões de Trabalho (PT) para os serviços de escavação, instalações elétricas, trabalho em altura e concretagem. Mensalmente são aplicadas as Fichas de Verificação de Equipamento (FVE) ou durante a aquisição de novos equipamentos. A empresa responsável pela execução da obra realiza mensalmente inspeções para as atividades de elétrica, áreas de vivências e proteções coletivas, sujeito a multas em caso de não conformidades.

c. Descrição das visitas realizadas

O estudo teve início em outubro de 2015, os objetivos e atividades desenvolvidas em cada visita estão apresentados no Quadro 7. O Quadro 8 apresenta o resumo dos dados coletados pelo VANT na Obra A.

Quadro 7: Descrição das visitas realizadas na Obra A

Data	Objetivo	Atividades desenvolvidas
30/10/15	Apresentar o projeto e alinhar as atividades com o interesse da obra	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do formulário de reunião do planejamento; • 1º conj. de voos (ênfase em <i>overview</i>).
05/11/15	Coleta de dados com VANT	<ul style="list-style-type: none"> • 2º conj. de voos (ênfase na segurança dos processos construtivos - concretagem e cobertura).
13/11/15	Coleta de dados sobre o processo de gestão da segurança	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com Gerente da obra, Engenheiro e Técnico de Segurança.
11/12/15	Coleta do <i>feedback</i> sobre os ativos visuais coletados; Estabelecer novos objetivos para o estudo (definição dos processos críticos de segurança)	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com Engenheiro de Segurança e Gerente da obra; • 3º conj. de voos (ênfase na segurança dos processos construtivos e proteções coletivas).
03/02/16	Coleta de dados com VANT	<ul style="list-style-type: none"> • 4º conj. de voos (ênfase nos processos críticos de segurança).
08/03/16	Coleta de dados para avaliação do processo	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com colaboradores sobre os riscos associados ao uso da tecnologia.
10/03/16	Coleta de dados para avaliação do processo	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com diretor da empresa e engenheiro de segurança a respeito da utilização dos ativos para segurança.
16/03/16	Coleta de dados para avaliação do processo	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas a respeito da utilização dos ativos para segurança; • Aplicação de Questionário de importância.

Fonte: A autora

Quadro 8: Dados Coletados com VANT durante as visitas na Obra A

Data	Quant. Voos	Quant. Fotos	Duração dos vídeos (min)	Distância (m)	Altitude máxima (m)	Duração dos voos (min)
30/10/15	2	142	08:02	428,7	59,6	28:35
05/11/15	4	43	11:59	445,5	120,0	26:53
11/12/15	3	126	07:41	734,0	94,9	28:00
03/02/16	5	268	11:20	501,4	88,6	44:15
Total	14	579	39:02	734,0	120,0	127:43

Fonte: A autora

Para cada visita foi aplicado um Checklist de Segurança por tipo de captura- versão completa, totalizando 4 Checklist de Segurança. Um total de 14 voos foram realizados com média de 9 minutos cada.

Neste estudo foram aplicados 8 (oito) Questionários de Importância aos envolvidos do projeto A, sendo 1 Arquiteto, 2 Técnicos de Segurança e 5 Estagiários de Segurança. Foram realizadas 6 entrevistas com equipe de engenharia e segurança da obra (Diretor, Gerente da Obra, Engenheiro de Produção, Arquiteto, Engenheiro de Segurança e Técnico de Segurança), para coletar a percepção quanto a utilidade e os riscos associado ao uso da tecnologia. Além disso, foram coletadas a percepção de 11 colaboradores quanto ao risco associado ao uso da tecnologia, especial quanto a aceitação dos mesmos, quanto o uso do VANT em canteiro.

4.2.4.2 Estudo de Caso- Obra B

a. Caracterização do estudo

A obra em estudo consiste em um empreendimento Residencial de Médio Padrão (Figura 18), composto por uma única torre com 26 pavimentos tipo, sendo 4 apartamentos por andar, totalizando 104 apartamentos, além de dois níveis de garagem e um de playground. O empreendimento tem uma área total de 2.500 m², com 15.578 m² de área construída. O prazo para execução da obra é de 26 meses.

Figura 18: *Close Up view* da fachada da Obra B



Fonte: Projeto de Pesquisa GETEC/UFBA

b. Descrição do Sistema de Segurança da Obra

O corpo técnico de segurança da obra é composto apenas por uma técnica de segurança. A obra não possui procedimentos padronizados de inspeção e monitoramento das atividades, logo, o monitoramento e atividades de inspeção são apenas visuais, sem nenhuma documentação. É realizado *checklist* de verificação de equipamentos para grua e elevador, no entanto, o *checklist* é realizado diariamente pelo operário do equipamento e verificado semanalmente pela técnica de segurança.

c. Descrição das visitas realizadas

O estudo teve início em novembro de 2015, no qual foram realizadas sete visitas, os objetivos e atividades desenvolvidas em cada visita estão apresentados no Quadro 9. O Quadro 10 apresenta o total de imagens e a duração dos vídeos por visita.

Quadro 9: Descrição das visitas realizadas na Obra B

Data	Objetivo	Atividades desenvolvidas
27/11/15	Apresentar o projeto e alinhar as atividades com o interesse da obra	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do formulário de reunião do planejamento; • 1º conj. de voos (ênfase em segurança em fachada); • Apresentação dos ativos e coleta do <i>feedback</i> da obra.
16/12/15	Coleta de dados sobre o processo de gestão da segurança	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com Gerente da obra e Técnico de Segurança.
18/12/15	Coleta de dados com VANT	<ul style="list-style-type: none"> • 2º conj. de voos (ênfase em segurança dos serviços em fachada); • Apresentação dos ativos e coleta do <i>feedback</i> da obra.
04/02/16	Coleta de dados com VANT	<ul style="list-style-type: none"> • 3º conj. de voos (ênfase em segurança dos serviços em fachada); • <i>Feedback</i> com Gerente da Obra.
10/03/16	Avaliação dos constructos	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com Gerente da Obra, Engenheiro de Produção, Técnico de Segurança e Estagiário de Engenharia a respeito da utilização dos ativos para segurança.
16/03/16	Avaliação dos constructos	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com colaboradores sobre os riscos associados ao uso da tecnologia.
15/04/16	Coleta de dados com VANT	<ul style="list-style-type: none"> • 4º conj. de voos (ênfase em segurança dos serviços em fachada).

Fonte: A autora

Quadro 10: Dados Coletados com VANT durante as visitas na Obra B

Data	Quant. Voos	Quant. Fotos	Duração dos vídeos (min)	Distância (m)	Altitude máxima (m)	Duração dos voos (min)
27/11/15	3	212	08:43	173,5	60,0	28:44
18/12/15	4	197	1:05	82,5	60,0	20:43
04/02/16	2	313	00:00	167,3	50,8	26:16
15/04/16	3	113	5:46	112,3	50,8	22:12
Total	12	835	14:34	173,5	60,0	97:55

Fonte: A autora

Para cada visita foi aplicado um Checklist de Segurança por tipo de captura-versão completa, totalizando 4 Checklist de Segurança. Um total de 11 voos foram realizados com média de 9 minutos cada, o Quadro 9 apresenta o total de imagens e a duração dos vídeos por visita.

No total foram aplicados 4 Questionários de Importância aos envolvidos do projeto B, sendo 1 Gerente da Obra, 1 Engenheiro de Produção, 1 Técnicos de Segurança e 1 Estagiários de Engenharia. Foram realizadas 3 entrevistas com equipe de engenharia e segurança da obra (Gerente da Obra, Engenheiro de Produção e Técnico de Segurança), para coletar a percepção quanto a utilidade e os riscos associado ao uso da tecnologia. Além disso, foram coletadas a percepção de 7 colaboradores quanto ao risco associado ao uso da tecnologia, especial quanto a aceitação dos mesmos, quanto o uso do VANT em canteiro.

4.2.5 Avaliação do Desempenho do Processo de Inspeção de Segurança com VANT

Para avaliação do desempenho do processo de inspeção de segurança com o VANT, foi proposto um conjunto de construtos e variáveis com base na revisão da literatura e na experiência adquirida com os estudos de caso. Os *constructos* possuem um significado construído intencionalmente a partir da literatura, com o objetivo de ser traduzido em proposições particulares observáveis e mensuráveis (MARTINS e PELISSARO, 2005)

Os três *constructos* estabelecidos estão descritos a seguir:

- a) **Utilidade:** este *constructo* está relacionado com a capacidade de aplicação do VANT para os processos observados, buscando-se avaliar se a tecnologia adotada é útil para realizar o monitoramento das atividades desenvolvidas em canteiro e no ponto de vista gerencial, se é possível tomar decisões a partir dos ativos coletados. As variáveis definidas foram: (1) aplicabilidade nos processos; (2) atendimento às necessidades de informação; (3) barreiras e benefícios para inserção do protocolo na rotina de inspeção de segurança.
- b) **Desempenho do equipamento:** este *constructo* avalia o desempenho relacionado com as características do equipamento, como, autonomia do voo, estabilidade durante o voo, facilidade de uso, confiabilidade do sistema entre outros. Esse *constructo* analisa as características técnica e operacional do equipamento, a fim de verificar sua capacidade para monitoramento e inspeção em canteiro. As variáveis definidas foram: (1) autonomia de voo; (2)

estabilidade do equipamento; (3) adequação do equipamento ao propósito; (4) confiabilidade do sistema; (5) facilidade do sistema com o usuário.

- c) **Riscos associados ao uso da tecnologia:** este constructo visa identificar os potenciais riscos que podem influenciar no processo de inspeção da segurança. As variáveis definidas foram: (1) interferências nas atividades desenvolvidas na obra; (2) aceitação dos intervenientes; (3) perigos de queda e colisão.

O Quadro 11 apresenta o detalhamento dos constructos, variáveis e fontes de evidência.

Quadro 11: Variáveis e fontes de evidência para análise dos constructos

Constructos	Variáveis	Fonte de evidência
Utilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicabilidade nas atividades de construção em função dos itens visualizados (processos construtivos, equipamentos, EPI, EPC, layout e logística, entre outros); • Atendimento as necessidades de informações; • Barreiras e Benefícios encontrados para a inserção na rotina da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ativos visuais coletados por meio do VANT; • Dados do <i>checklist</i> de Segurança; • Dados coletados nas reuniões de <i>feedback</i> com a equipe da obra; • Questionário de importância • Dados do <i>checklist</i> de missão e registro dos voos (<i>Flight Log</i>); • Percepção do pesquisador; • Entrevistas com responsáveis pelo processo (gestores e equipe de segurança); • Entrevista com colaboradores do campo;
Desempenho do equipamento (DJI Phantom 3 Advanced)	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomia de voo; • Estabilidade do equipamento; • Adequação do equipamento ao propósito; • Confiabilidade do sistema • Facilidade de interface do sistema com o usuário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ativos visuais coletados por meio do VANT; • Dados do <i>checklist</i> de missão; • Dados do registro dos voos (<i>Flight Log</i>); • Percepção do pesquisador; • Entrevistas com responsáveis pelo processo (gestores e equipe de segurança); • Entrevista com colaboradores do campo;
Identificação dos riscos associados a uso da tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • Interferências nas atividades desenvolvidas na obra • Aceitação dos intervenientes • Perigos de queda e colisão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dados do <i>Flight log</i> com registros dos voos; • Entrevistas com responsáveis pelo processo (gestores e equipe de segurança); • Percepção do pesquisador.

Fonte: A autora

4.2.6 Fontes de evidência complementar

4.2.6.1 Questionário de Importância

Além das fontes de evidências apresentadas ao longo deste capítulo, foi desenvolvido e aplicado um questionário de importância visando à avaliação do nível de importância dos requisitos de segurança usados no *Checklist* de Segurança por tipo de captura, no total 12 questionários foram aplicados as pessoas envolvidas na gestão da segurança (gestores, engenheiros de segurança, engenheiro civil, arquitetos e técnicos de segurança) do Estudo de Caso A e Estudo de Caso B, conforme serão descritos a seguir.

Este questionário tomou como base o *Checklist* de Segurança aplicado em campo por possuir uma versão reduzida dos itens analisados, um total de 24 itens avaliados. Os itens foram avaliados por meio de uma Escala *Likert* de cinco níveis, sendo 1 o menor grau de importância e 5 o maior grau.

O questionário de importância teve sua consistência interna avaliada por meio do coeficiente de alfa de Cronbach (HORA; MONTEIRO; ARICA, 2010), o qual varia entre zero e um, sendo a faixa ideal esperada entre 0,80 a 0,90, acima deste valor, indica a existência de redundância ou duplicação dos itens coletados. O cálculo de seu valor para todos os itens do questionário resultou em 0,906. A análise dos dados do questionário utilizou o Índice de Importância Relativa (IIR), o qual vem sendo empregado para hierarquizar itens avaliados em uma grandeza entre 0 e 1 (BRITO; FERREIRA, 2015).

A formulação do coeficiente de alfa de Cronbach é apresentado na Equação 1.

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right) \quad (1)$$

Onde:

k = número de itens do questionário;

s_i^2 = a variância de cada item;

s_t^2 = a variância total do questionário, determinada como a soma de todas as variâncias.

O cálculo da importância relativa está apresentado na Equação 2.

$$(IIR) = \frac{\Sigma P}{AxN} \quad (2)$$

Onde:

P = é o peso dado para cada elemento pelos participantes, variando entre 1 e 5 nessa Escala *Likert*, em que 1 é o grau menos significativo, e 5 é o grau mais significativo;

A = é o maior peso, que representa o grau mais significativo, neste caso 5; e

N = é o total da amostra (12 participantes).

4.2.6.2 Entrevistas com responsáveis pelo projeto

Nesta etapa, buscou-se conhecer a percepção dos envolvidos no projeto quanto ao uso da tecnologia VANT em canteiro, sua utilidade para inspeção de segurança e os riscos associados ao seu uso. Para tal, foram apresentados um conjunto de ativos (fotos e vídeos) dos processos monitorados em cada estudo, e realizada entrevistas estruturadas para análise do potencial de uso da tecnologia para inspeção de segurança em canteiros de obras.

As entrevistas foram realizadas para ambos os estudos, com os envolvidos no projeto, em especial as pessoas responsáveis pela tomada de decisão sob a perspectiva de segurança. No estudo A, foram realizadas um total de 6 entrevistas, coletando a percepção de pessoas de diferentes níveis hierárquicos e funções (Diretor da construtora, Gerente da Obra, Engenheiro de Produção, Arquiteto, Engenheiro de Segurança e Técnico de Segurança). Para o estudo B, por se tratar de uma empresa de menor porte, foram realizadas 3 entrevistas (Gerente da Obra, Engenheiro de Produção e Técnico de Segurança).

Além disso, as entrevistas tiveram por objetivo analisar a utilidade dos ativos visuais coletados por meio do VANT, quanto ao atendimento das necessidades de informações para as tomadas decisões, baseado na percepção e opinião dos envolvidos no projeto. Para tal, a entrevista foi estruturada em três grandes tópicos:

1. Coleta de informações gerais dos entrevistados;
2. Percepção geral do entrevistado sobre a utilidade dos ativos em canteiro para a tomada de decisão, sendo este composto por cinco perguntas;
3. Avaliação do nível de desempenho do equipamento e riscos associado ao uso da tecnologia em canteiro por meio de uma Escala Likert de cinco níveis: 1 – Muito baixo; 2 – Baixo; 3 – Médio; 4 – Alto; 5 - Muito alto.

O roteiro utilizado durante as entrevistas pode ser visualizado no Apêndice 5.

4.2.6.3 Entrevistas com colaboradores

Nesta etapa, buscou-se conhecer a percepção dos colaboradores, neste caso, as pessoas que estavam trabalhando em campo durante os voos com VANT, quanto aos riscos e perigos associados ao seu da tecnologia e a privacidade dos trabalhadores.

As entrevistas foram realizadas para ambos os estudos, sendo entrevistados 11 colaboradores na obra A, e 7 colaboradores na obra B. Optou-se principalmente pelos trabalhadores que estavam executando atividades em área externa, como fachada e telhado, em vista de coletar a percepção sob a perspectiva da pessoa que está executando serviço que está sendo inspecionado por meio do VANT.

A entrevista foi estrutura em perguntas simples relativos aos problemas de risco do uso da tecnologia e privacidade do indivíduo em campo. Para tal, optou-se pela avaliação por meio de uma Escala Likert de cinco níveis: 1 – Muito baixo; 2 – Baixo; 3 – Médio; 4 – Alto; 5 - Muito alto. O roteiro utilizado durante as entrevistas pode ser visualizado no Apêndice 6.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados provenientes estudos de caso, no qual se busca responder questões relativas aos constructos: utilidade do VANT para inspeção de segurança, desempenho do equipamento, e os riscos associados com ao uso da tecnologia. Para facilitar a compreensão da metodologia utilizada, optou-se pela apresentação dos estudos de caso individualmente, e posteriormente de uma análise comparativa entre os estudos. Serão apresentadas ainda as diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

5.1 Estudo de Caso – Obra A

O Estudo de Caso A é uma obra residencial, padrão minha casa minha vida, composta por 96 blocos, constituindo 1880 unidades. A obra A destaca-se por possuir canteiro amplo, horizontal, com poucos equipamentos de transportes verticais, sendo predominante o uso de Plataformas de Trabalho Aéreo (PTA) e manipulador telescópico, além das poucas barreiras físicas (postes, fiações e equipamentos) que pudesse influenciar no desempenho do voo. Quanto à localização, o canteiro está situado em região com baixa densidade demográfica, próximo ao aeroporto, em que sofre grande influência das rotas dos aviões, sendo esta uma grande preocupação com o uso do VANT em altas altitudes.

O método construtivo utilizado nesta obra foi estrutura em paredes de concreto armado, no qual a obra utilizava 5 (cinco) jogos de forma de alumínio. Esse método construtivo proporciona agilidade ao processo de estrutura, visto que, para cada jogo de forma eram executados 2 apartamentos por dia, totalizando 10 apartamentos por dia.

O processo de estrutura de parede de concreto é composto por três atividades principais, como, montagem e desmontagem das formas de alumínio, armação e concretagem das paredes e lajes. Outro fator de destaque é o gabarito dos prédios, no qual optou-se por edifícios de 4 (quatro) pavimentos, reduzindo atividades em altura. Em vista da escolha do método construtivo adotado, é possível relacionar benefícios associados à gestão da produção que impactam na segurança do trabalho no canteiro, tal qual, a simplificação de passos e etapas, a redução de pessoas trabalhando simultaneamente e a redução de estoques de materiais ao longo do canteiro.

Embora, a obra A não apresente metodologia de inspeção padronizada e documentada, justificado pela direção que a inspeção documentada ficaria inutilizada ou posto em segundo plano devido ao caráter dinâmico das atividades desenvolvidas em canteiro, optando por rotinas de inspeção visual, com a exceção de emissão de Permissão de Trabalho (PT) para algumas atividades específicas, tais como, escavação, elétrica e trabalho em altura, além do *checklist* de verificação aplicado a equipamentos mensalmente ou quando necessário. Na inspeção visual busca-se observar se as peças estão encaixadas corretamente, se os trabalhadores estão protegidos utilizando os EPI e se os EPC foram fornecidos adequadamente, por exemplo, se a linha de vida está fixada antes do início das atividades.

Para as inspeções mensais a empresa construtora responsável pela obra realizava inspeção das condições de segurança com equipe externa buscando avaliar as áreas de vivências, instalações elétricas e proteção contra queda.

Para as rotinas de inspeção a obra contava com uma equipe de segurança considerável, composta por engenheiro de segurança (*part-time*), três técnicos de segurança e cinco estagiários de segurança (nível técnico), além do suporte da equipe de produção. Cada estagiário era responsável pelo monitoramento de um jogo de forma, devendo acompanhar os serviços de forma, armação e concretagem. Os técnicos eram responsáveis pelas demais atividades, além de supervisionar os estagiários.

O fato de reduzir passos e etapas no processo não significa que o método construtivo em estrutura com parede de concreto não apresente riscos aos trabalhadores. Dentre as situações críticas levantadas pelo engenheiro de segurança, destacam-se:

- a) a montagem e desmontagem da plataforma externa, visto que as proteções de segurança contra queda trabalham associadas à forma de alumínio, durante a etapa de montagem e desmontagem da forma que compõe a plataforma, o trabalhador fica exposto ao risco de queda por trabalhar fora do perímetro da edificação, assegurado apenas pelo cinto trava queda que deve estar fixado na linha de vida;
- b) a montagem da platibanda, por estar situada na última laje aumenta a preocupação com o risco de queda, estando o trabalhador protegido apenas pela linha de vida; a montagem do telhado, que embora o trabalhador esteja

protegido pela linha de vida, a atividade exige maior locomoção do trabalhador, incluindo o trabalho na borda da laje;

- c) o serviço de concretagem, embora os trabalhadores estejam protegidos com guarda corpo, a preocupação quanto ao risco de desabamento da forma, em caso de falhas relativas à fixação das peças durante a montagem da forma não tenha sido detectada, para isso, busca-se inspecionar as formas antes do início da concretagem. As situações críticas podem ser visualizadas, na Figura 19.

Figura 19: Processos Críticos do processo de estrutura em parede de concreto: (a) platibanda; (b) plataforma externa; (c) cobertura e (d) concretagem



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

5.1.1 Análise de Reação

A análise de reação consiste no *feedback* imediato após a coleta de dados. Para a obra A, houve apenas uma reunião de *feedback* imediatamente após o voo. A dificuldade desse tipo de análise está relacionada à disponibilidade dos gestores e engenheiros da obra para análise dos ativos, além do tempo para transferência dos ativos visuais do VANT para um computador portátil. Entretanto, para o *feedback* realizado, os envolvidos no projeto buscaram extrair informações relativos a layout e organização de canteiro, conflito entre atividades, e trabalho em altura. Devido ao

caráter incipiente do estudo e a não adoção da tecnologia de forma sistemática, não foram observadas medidas corretivas imediatas associadas à segurança do trabalho.

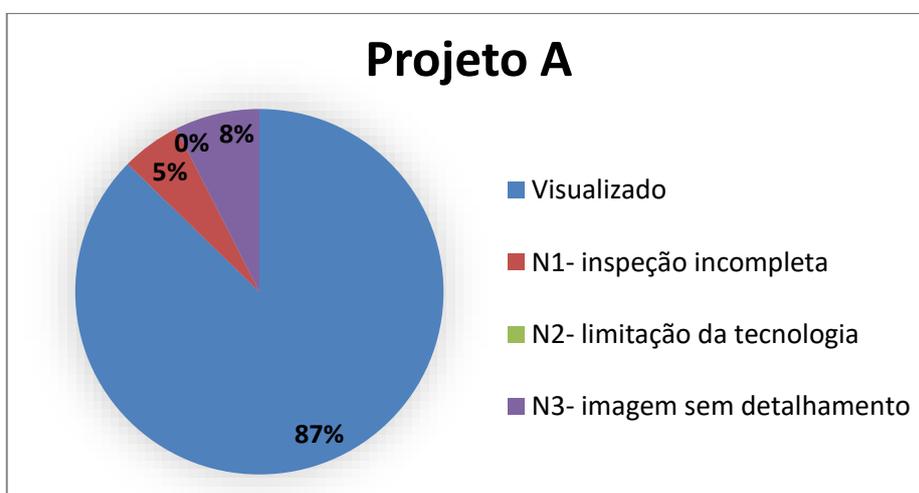
5.1.2 Análise do Potencial de Visualização

A análise do Potencial de Visualização está associada à visualização dos itens de segurança que compõe o checklist de segurança por tipo de captura- versão completa, no qual foi considerado apenas os itens do *checklist* que são aplicáveis a obra. Para esta análise dos dados optou-se pela classificação dos itens em “visualizado” ou “não visualizado” nos ativos registrados com VANT.

Os itens não visualizados por meio dos ativos foram justificados como: N1- Inspeção incompleta, ou seja, embora o item pudesse ser inspecionado, a informação necessária não foi coletada durante o voo, resultado de uma inspeção incompleta; N2- Limitação da tecnologia, ou seja, não foi possível a captura dos ativos devido a limitações da aeronave, tais quais, operar em condições climáticas com fortes ventos e chuva e acima do limite de altitude estabelecido pela ANAC e N3- Imagem sem detalhamento, ou seja, o ativo visual não forneceu informação suficiente para a visualização do item de segurança, resultado de uma imagem sem detalhamento.

Estabeleceu-se como Não se Aplica as atividades de segurança que por alguma razão não eram realizadas no canteiro, seja pela inexistência da atividade na fase da obra ou por ser desnecessário ao tipo de canteiro estudado. De modo geral, foram analisados no Projeto A uma média de 34 itens de segurança por visita realizada (ou seja, os demais 11 itens não se aplicam ao contexto da obra). A Figura 20 apresenta os resultados da análise do Checklist de Segurança na Obra A.

Figura 20: Resultado da análise do Checklist de Segurança – Estudo A



Fonte: A autora

Segundo os dados apresentados, 87% do conjunto dos 34 itens de segurança analisados foram visualizados de forma satisfatória por meio dos ativos coletados (ou seja, 29 itens). Conforme apresentado na Figura 20, os itens não visualizados corresponde a 13%, no qual 5% foi ocasionado devido a inspeção incompleta (N1) e 8% devido a imagem sem detalhamento (N3), sendo que ambas as falhas estão associadas à eficácia do procedimento de inspeção adotado.

Dentre os itens que não foram devidamente inspecionados por inspeção incompleta durante alguns dos 14 voos, destacam-se: a montagem e desmontagem das formas, que acontecia apenas no turno da manhã não sendo possível visualizar em voos no período da tarde; a fixação das cargas durante o transporte vertical pelo manipulador telescópico e a sinalização e isolamento da área de movimentação de cargas, que foi verificada apenas em alguns voos, especialmente a descarga de concreto, pois a mesma ocorria todos os dias no período da tarde, e alguns voos foram realizados pela manhã. Estas falhas aconteceram devido à ampla extensão do canteiro de obras (150,000m²) e a quantidade de tarefas desenvolvidas simultaneamente (estrutura de tempo de ciclo de atividade é de 10 apartamentos por dia neste projeto).

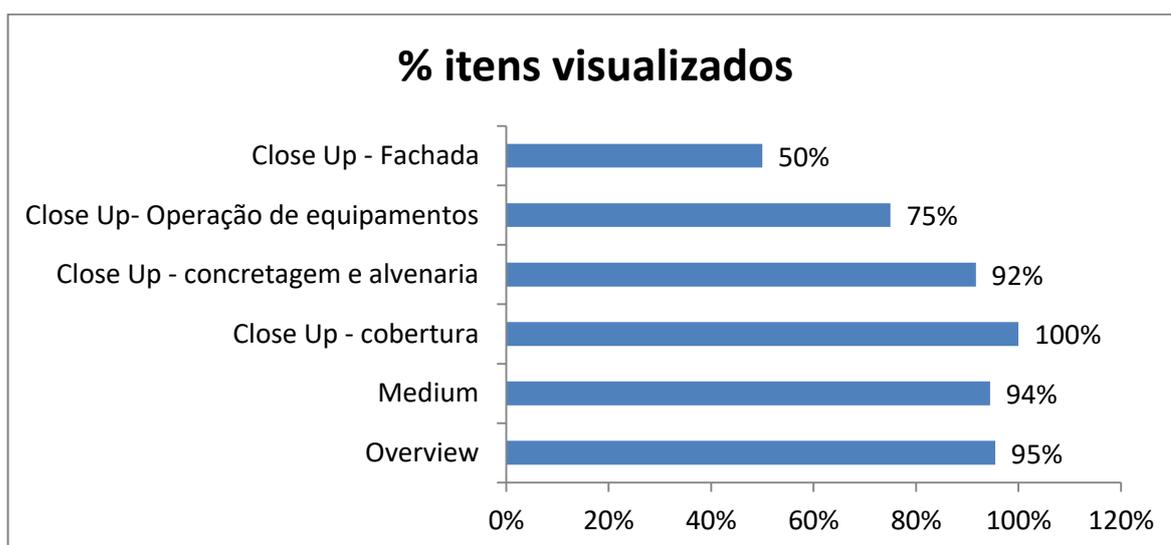
Para as imagens sem detalhamento, embora os itens sejam visualizados nos ativos não é possível extrair informações precisas, devido à distância ou a falta de foco no elemento de segurança a ser verificado. Dentre os itens não visualizados destacam-se as rampas, escadas e passarelas protegidas por corrimão e rodapé, e livres de obstruções, e plataforma de trabalho aéreo (PTA) com guarda corpo e trabalhador com cinto de segurança fixado em linha de vida. Estes dois resultados indicam a necessidade de uma inspeção mais precisa durante os voos, incluindo melhor treinamento do piloto e observador.

Neste estudo, não foi possível perceber o impacto provado pela limitação da tecnologia, visto que não houve restrições para a coleta de dados com o VANT, justificado pelas condições climáticas favoráveis durante o voo, ausência de barreiras, como edificações no entorno, fiações elétricas, postes, árvores e outros, além da possibilidade da realização de voos com a altitude máxima de 120 metros de altitude, delimitada pela ANAC, e uma distância horizontal de 700 metros entre a aeronave e a estação de controle. No entanto, neste canteiro em particular, por estar próximo ao aeroporto foi necessário um maior cuidado com relação às aeronaves que usavam o espaço aéreo local.

5.1.3 Análise do Potencial de Visualização por tipo de captura

A análise por tipo de captura tem como principal propósito avaliar o potencial de visualização para cada tipo de tomada, verificando a capacidade dos ativos em fornecer as informações requeridas para cada classificação. Além disso, esta análise possibilita compreender o potencial da tecnologia, e com isso, direcioná-la para as atividades que proporcionam maior retorno de informação. As capturas em *Close Up* foram divididas segundo o tipo de serviço analisado (fachada, operação e equipamentos, concretagem e alvenaria e cobertura), conforme apresentado no checklist de segurança por tipo de captura - versão completa. Para esta análise foram considerados apenas os itens classificados como “Visualizados”. A Figura 21 apresenta a análise por tipo de captura.

Figura 21: Análise por Tipo de Captura - Obra A



Fonte: A autora

De acordo com os resultados apresentados na Figura 21, os ativos visuais, em especial as imagens coletados durante os voos conseguiram contemplar com sucesso a maioria dos itens de segurança da modalidade *Overview* e *Medium View*. Tal resultado pode estar associado às condições do canteiro (canteiro amplo e layout bem estruturado) e a facilidade de operação do VANT, principalmente devido à ausência de barreiras físicas.

Quanto à modalidade *Close Up*, todos os itens avaliados em cobertura foram visualizados. Para o serviço de concretagem e alvenaria (92%), e operação de equipamentos (75%), fatores como a sombra das edificações e as barreiras físicas, dificultaram a visualização de alguns itens. Enquanto, para fachada, apenas 50% dos

itens de segurança foram visualizados, justificado pela impossibilidade de coletar ativos com o grau de detalhes necessários dos serviços executados com PTA, devido a falhas no planejamento da coleta de dados.

5.1.4 Análise de Conformidade das condições de trabalho

Esta seção apresenta a análise da não conformidade dos itens de segurança inspecionados usando o VANT para os projetos estudados. Além disso, os resultados apresentam uma avaliação das condições de segurança monitoradas em canteiro ao longo de quatro inspeções em períodos distintos.

Para facilitar a compreensão desta análise, optou-se pela apresentação dos dados de acordo com o tipo de captura. Dessa forma, o Quadro 12 apresenta o status dos itens de segurança do *Overview*. A conformidade foi avaliada como “Conforme” (verde), “Não Conforme” (vermelho) ou “Não se aplica” (branco). Para fins de apresentação, os itens de segurança foram reduzidos, sendo estes apresentados integralmente no checklist de segurança no Apêndice 4.

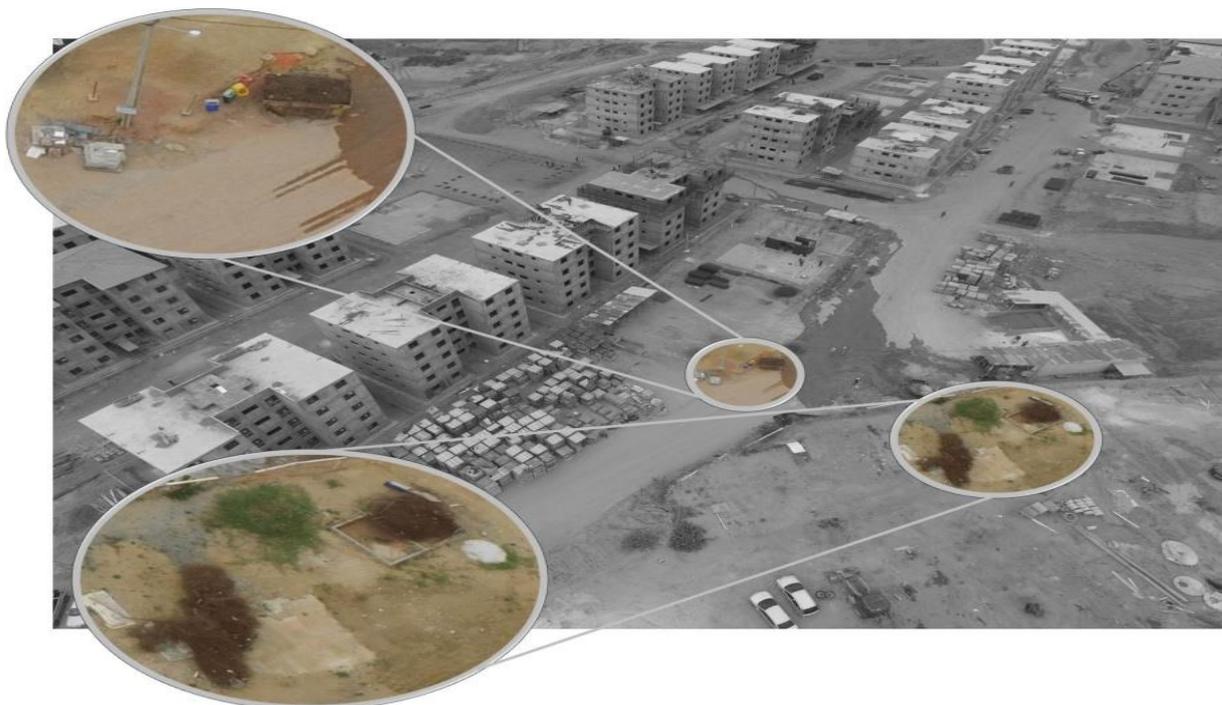
Quadro 12: Análise de conformidade - Overview (Estudo A)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
1) Tipo de Captura # 1. Visualização geral (<i>Overview</i>)					
1.1	Áreas de estacionamento				
1.2	Tapumes em bom estado de conservação				
1.3	Delimitação de entradas e rotas de acesso externo ao canteiro				
1.4	Existência de vigilância nos portões de entrada				
1.5	As rotas internas deverão estar limpas e desobstruídas				
1.6	Os materiais estão armazenados de forma adequada				
1.7	Instalações sanitárias situados em locais de fácil e acesso seguro				
1.8	Central de aço com cobertura adequada				
1.9	Carpintaria com cobertura adequada				
1.10	Os resíduos depositados em local adequado				
1.11	Resíduos protegidos das intempéries				

Legenda:  Item conforme  Item não conforme  Não visualizado

De acordo com o Quadro 12, é possível visualizar, que as condições de segurança analisadas se mantiveram em conformidade com o checklist de segurança segundo o tipo de captura, com exceção apenas dos resíduos protegidos das intempéries, embora não seja obrigatoriedade, este item está mais associado a uma boa prática de gestão do canteiro. A Figura 22 apresenta um Overview da obra, demonstrando as rotas de acesso, armazenamento de materiais, limpeza e organização do canteiro.

Figura 22: Resíduos não protegidos da chuva ou intempéries



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

O Quadro 13 apresenta o status de alguns dos itens de segurança do *Medium View* para as visitas realizadas.

Quadro 13: Análise de conformidade - Medium View (Estudo A)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
2) Tipo de Captura# 2. Visualização de Altitudes Intermediárias (<i>Medium altitude view</i>)					
2.1	Plataforma de proteção (bandejas) instalada em toda a periferia isenta de sobrecarga não prevista e com forração do piso completa				
2.2	Escadas de uso coletivo, rampas e passarelas são dotadas de corrimão e rodapé				
2.3	Existem coberturas de proteção sobre elevadores, escadas, rampas e passarelas				
2.4	Acesso às escadas, rampas e elevadores livres de obstrução.				
2.5	A remoção/transporte dos entulhos, por gravidade, é feito através de calhas fechadas				
2.6	No ponto de descarga da calha para remoção dos entulhos existe dispositivo com fechamento				

Legenda  Item conforme  Item não conforme  Não visualizado

De acordo com o Quadro 13, algumas não conformidades foram encontradas tais como: falhas na forração do piso da plataforma primária de proteção, plataforma não instalada em toda periferia, sem o isolamento da área; plataforma com acúmulo de materiais e detritos; ponto de descarga da calha sem dispositivo de coleta, sendo o material despejado diretamente no solo. A Figura 23 exemplifica alguma das não conformidades encontradas, sendo que as mesmas são observadas em detalhe apenas por meio do zoom nas imagens.

Figura 23: Plataforma primária com falhas na forração do piso



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

As capturas em *Close Up* serão apresentadas de acordo com o tipo de serviço. O Quadro 14 demonstra as condições de segurança para o serviço de cobertura.

Quadro 14: Análise de conformidade – *Close Up* Cobertura (Estudo A)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
3) Tipo de Captura# 3. Visualização aproximada por tipo de serviço (<i>Close up view</i>)					
3.1) Cobertura					
3.1.1	Os trabalhadores que se encontram na cobertura estão usando EPI	■	■	■	■
3.1.2	Os trabalhadores que se encontram na cobertura estão protegidos contra queda (cinto de segurança tipo paraquedista ligado a cabo-guia)	■	■	■	■
3.1.3	Guarda-corpo de segurança ou linha de vida na cobertura	■	■	■	■

Legenda: ■ Item conforme ■ Item não conforme □ Não visualizado

Para o serviço de cobertura, observaram-se trabalhadores na cobertura com o cinto não fixado na linha de vida (Figura 24 e Figura 25). Tal fato chama atenção para a necessidade de conscientização e treinamento quanto ao uso do EPI, assim como a ineficácia do monitoramento e verificação por parte da empresa, o que ressalta a

necessidade de novas tecnologias que colabore com a detecção de atos e condições inseguras que possam vir a provocar acidentes.

Figura 24: Trabalhadores sem EPI executando platibanda(cinto não fixado a linha de vida)



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

Figura 25: Trabalhadores sem EPI executando telhado (cinto não fixado a linha de vida)



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

O Quadro 15 destaca a análise de conformidade para o serviço de concretagem.

Quadro 15: Análise de conformidade – Close Up Concretagem e Alv. (Estudo A)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
3.2) Concretagem e Alvenaria					
3.2.1	O armazenamento dos agregados é feito de forma adequada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.2	As baias para areia, britas e argamassa estão próximas da betoneira	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.4	As barras ou telas de aço estão armazenadas em camadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.7	Os trabalhadores expostos aos serviços de forma, armação, concretagem, ou alvenaria estão utilizando EPI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.8	Os trabalhadores expostos aos serviços de forma, armação, concretagem, ou alvenaria externa estão protegidos contra queda	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.9	Há proteção para pontas verticais de vergalhões de aço expostas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.10	Durante a montagem e desmontagem das formas são viabilizados meios que impeçam a queda livre de seções de formas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Legenda: Item conforme Item não conforme Não visualizado

Conforme apresentado no Quadro 15, verificou-se que durante a execução da armadura alguns trabalhadores estavam utilizando o capacete de forma inadequada, usando boné ou chapéu sob o capacete (Figura 26). Além disso, verificou-se a falta de isolamento ou qualquer outra medida que impeça a queda livre de seções durante a montagem e desmontagem da forma.

Figura 26: Trabalhadores com chapéu de palha sob o capacete



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

O Quadro 16 apresenta o status de conformidade para os itens de operação e equipamentos.

Quadro 16: Análise de conformidade – *Close Up* Operação e Equipamento (Estudo A)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
3.3) Operação de Equipamentos					
3.3.1	Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga e descarga	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3.4	Equipamentos pesados calçados (estabilizadores)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3.6	Cabine de controle e operação de máquinas e equipamentos fechados de modo a proteger o operador contra queda de materiais e intempéries	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3.7	A manutenção e abastecimento de máquinas e equipamentos são realizados em área isolada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Legenda: Item conforme Item não conforme Não visualizado

Conforme apresentado no Quadro 16, apenas foi verificada a falta de sinalização e isolamento da área durante a concretagem, apresentado na Figura 27. De modo geral, a obra possuía poucos equipamentos pesados, o que facilitou o processo de inspeção.

Figura 27: Operação de descarga do concreto sem isolamento da área



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

O Quadro 17 apresenta os resultados para o processo de inspeção de fachada.

Quadro 17: Análise de conformidade – *Close Up* Fachada (Estudo A)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
3.5) Fachada					
3.5.6	As plataformas de trabalho aéreas elevatórias (PTA) devem possuir guarda-corpo e rodapé	■	■	■	■
3.5.7	A área de operação da PTA está delimitada e sinalizada, de forma a impedir a circulação de trabalhadores	■	■	□	■
3.5.8	Os trabalhadores que estiverem trabalhando no equipamento (PTA e andaimes) estão usando EPI	□	□	□	■

Legenda: ■ Item conforme ■ Item não conforme □ Não visualizado

Devido ao método construtivo adotado, as atividades em fachada (tratamento da superfície de concreto e textura) eram executadas apenas por meio de PTA. Para os itens visualizados, não foi identificado nenhuma não conformidade quanto ao uso das PTAs.

Em resumo, com base nos resultados da análise o potencial de visualização, em média 29 itens foram considerados para a análise (que correspondem a 87% dos dados apresentado na Figura 20). A Tabela 1 apresenta o percentual de não conformidade para cada inspeção realizada. Para o percentual de não conformidades

(NC) observadas, foram considerados somente os Itens Realmente Inspeccionados (IRI) para cada visita, ou seja, foram desconsiderados os itens não visualizados.

Tabela 1: Percentual de não conformidades por inspeção – Estudo A

Todos os tipos de captura	1ª Inspeção (Out/15)		2ª Inspeção (Nov/15)		3ª Inspeção (Dez/15)		4ª Inspeção (Fev/16)	
	IRI	% NC						
	29	17%	28	14%	25	12%	32	19%

Fonte: A autora

De acordo com a Tabela 1, para a Obra A o grau de não conformidade variou entre 12 a 19% do total de itens inspeccionados. Dentre as irregularidades encontradas pode-se destacar: no *Overview* (resíduos não cobertos ou protegidos das intempéries), conforme apresentado no Quadro 12; para os itens avaliados no *Medium View*, foi destacam-se principalmente, a ausência da manutenção dos equipamentos de proteção coletiva ao longo das inspeções, conforme visualizado no Quadro 13; para o *Close Up*, a não utilização do EPI se destaca nos serviços de cobertura e concretagem.

5.2 Estudo de Caso – Obra B

O estudo de caso B é constituído de uma torre residencial de médio padrão, composta por 26 pavimentos tipo. O canteiro caracteriza-se como restrito, com ausência de áreas para pouso e decolagem dentro do mesmo, além disso, devido a sua tipologia construtiva necessita de equipamentos como grua, elevador cremalheira para movimentação de materiais e andaimes suspensos para executar serviço em fachada. A obra está situada em aglomerado urbano de alta densidade populacional, cuja altitude de voo no local é limitada em 60 metros, e a altitude da edificação está acima de 75 metros. Além disso, ressalta-se também a existência de barreiras físicas, tais quais, edificações vizinhas, postes, fiações, equipamentos, entre outros.

A construtora responsável optou pela adoção do método construtivo tradicional, estrutura em concreto armado. O estudo aconteceu durante a fase de fechamento da alvenaria externa e revestimento de fachada. A obra possuía em média 220 funcionários (colaboradores e administrativo).

O processo de monitoramento e inspeção da segurança era executado pela técnica de segurança, com o apoio da equipe de gestão da obra. A obra não possuía procedimentos de rotina diária de inspeção padronizada e documentada. Dessa forma, a rotina de inspeção consistia na aferição da pressão dos trabalhadores que exercem atividades em altura; os *checklist* para equipamentos como grua e elevador

eram aplicados pelos próprios operadores, sendo estes verificados semanalmente pela técnica de segurança; as atividades relativas a trabalho em altura, elétrica, extintores de incêndio, organização e limpeza do canteiro e áreas de vivências eram inspecionados apenas de forma visual. As plataformas de proteção primária e secundária eram inspecionadas visualmente toda semana, para a programação da limpeza das mesmas. Não foi identificado procedimento de inspeção mensal para verificar as condições de segurança gerais do canteiro.

5.2.1 *Análise de Reação*

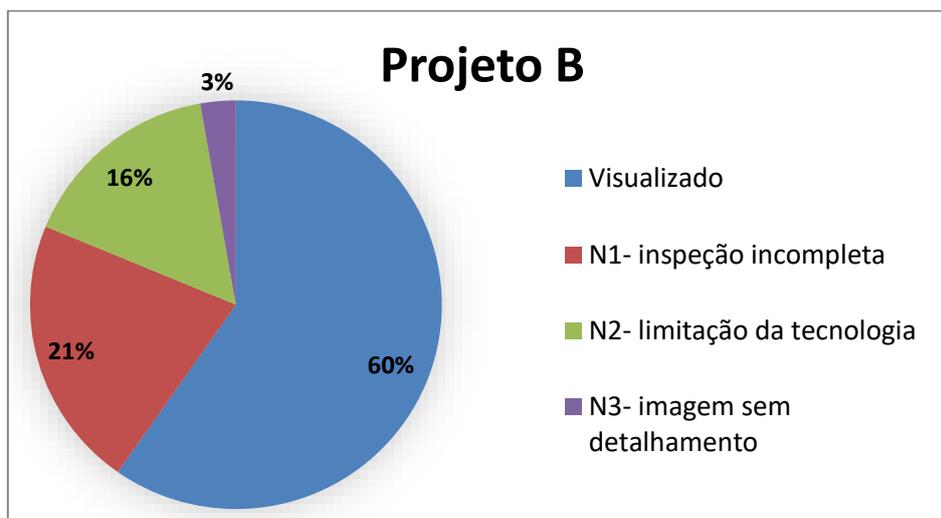
Neste estudo, a análise de reação teve um maior impacto, visto a maior disponibilidade de tempo do gerente em visualizar os ativos após os voos realizados. Foram realizadas três análises de reação, promovendo discussões sobre os problemas encontrados. Durante a primeira reunião de *feedback*, os ativos visuais apresentados impactaram os envolvidos no projeto, devido a visualização das precárias condições de segurança, principalmente os equipamentos de proteção coletiva (plataforma de proteção e guarda-corpo), e limpeza e organização do canteiro.

Em vista disso, foram observadas pequenas melhorias nas visitas sucessoras, no entanto, os ativos mostraram que apesar da redução de não conformidade, não foi verificado a total correção das mesmas. Tais condições podem estar associadas a diversos fatores, tais quais: a falta de sistema de gestão da saúde e segurança, a falta de procedimentos estruturados para identificar os problemas e direcionar para os responsáveis pela tomada de decisão e a insuficiência de pessoal responsável pela implantação e monitoramento das condições de segurança.

5.2.2 *Análise do Potencial de Visualização*

A Figura 28 representa os resultados da análise do potencial de visualização. Segundo os dados apresentados, 60% do conjunto dos 36 itens de segurança avaliados foram visualizados (ou seja, 21 itens). Para análise dos dados não foram considerados os itens do checklist de segurança – Versão completa que não se aplicam ao contexto da obra (15 itens).

Figura 28: Resultado da análise do Checklist de Segurança – Estudo B



Fonte: A autora

Em termos de itens não visualização na obra B, 16% dos itens de inspeção de segurança não foram visualizados devido à limitação da tecnologia (N2), como serviços de cobertura e operação da grua. A limitação de altitude em 60m para a área urbana era uma barreira para inspecionar a parte superior do edifício situada a 80m de altitude, o local de construção restrito, bem como, os ventos fortes no local, impediram a utilização da tecnologia por razões de segurança.

Além disso, 21% dos itens não visualizados foram relacionados à inspeção incompleta (N1), que pode ser justificado pela dificuldade de voo no canteiro, no qual não era possível em apenas um voo monitorar todas as fachadas da edificação, visto que o VANT necessita operar em linha de visa visual e devido à falta de área livre no canteiro para pouso e decolagem com segurança, para cada fachada era realizado um voo independente, em propriedades dos vizinhos mediante autorização, não sendo possível a visualização de todas as fachadas em uma única visita. No máximo foram monitoradas três fachadas em uma única visita.

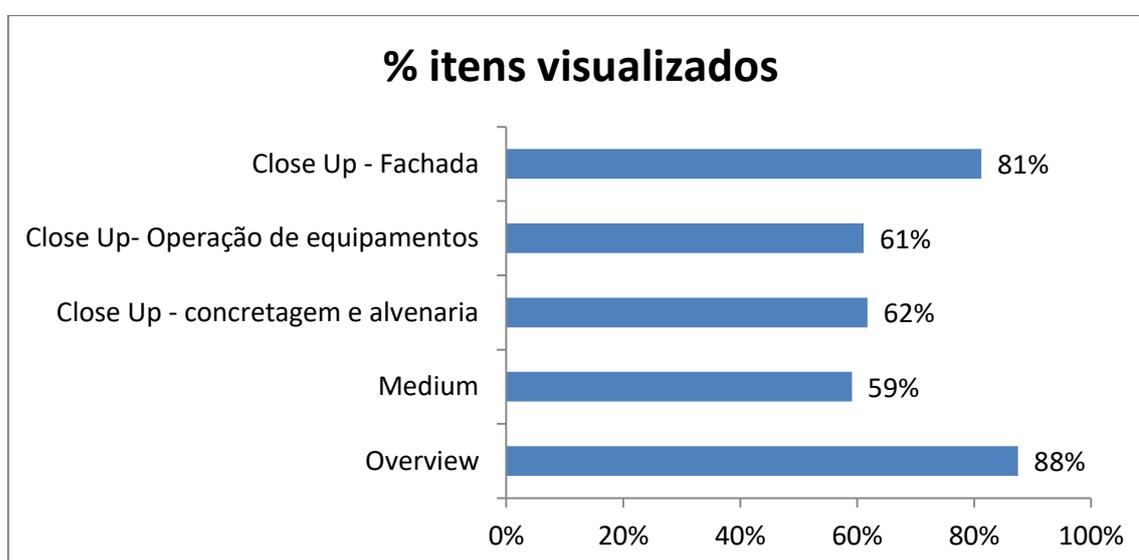
Alguns exemplos dos itens não visualizados são trabalhadores protegidos da queda de (guarda- corpo, linha de vida, plataforma de segurança), trabalhadores usando equipamentos de proteção individual, especialmente o cinto de segurança fixado a linha de vida e remoção de resíduos por calhas fechadas. Os ativos coletados sem detalhamento (N3) suficiente para fazer a análise representou apenas 3% dos dados. A rede de proteção ao longo da fachada atuou como uma barreira impedindo o registro de detalhes, dificultando o processo de coleta. As falhas relativas à inspeção incompleta (N1) e imagem sem detalhamento (N3) estão associadas à ineficácia do

procedimento de inspeção adotado, indicando também a necessidade de treinamento do piloto e observado. Além disso, tais resultados ressaltam a importância de analisar a eficácia do *checklist* de campo, cujo objetivo era orientar na coleta de dados a fim de torná-la mais precisa.

5.2.3 Análise do Potencial de Visualização por tipo de Captura

A análise por tipo de captura tem o propósito de avaliar o potencial de visualização segundo o tipo de tomada. A Figura 29 apresenta a análise por tipo de captura.

Figura 29: Análise por tipo de captura – Obra B



Fonte: A autora

Apesar das limitações de espaço livre no canteiro para voo com VANT e da limitação de altitude de voo de 60 metros, estabelecida pela ANAC, os resultados apresentados foram satisfatórios, em foram visualizados 88% dos itens de segurança do *Overview*, no qual é possível ter um panorama geral das condições de segurança do canteiro.

Para a captura em *Medium View* e *Close Up* os resultados não tiveram o mesmo destaque, com exceção de fachada que obteve 81% dos itens visualizados. Tais resultados podem ser associados às limitações encontradas, tais como limite de altitude em 60m, canteiro restrito sem espaço para pouso e decolagem com segurança, barreiras físicas (postes, fiações, prédios), a tela de proteção foi considerada um impedimento, pois dificultava a visualização de detalhes na fachada e fechamento de alvenaria externa, assim como a ação dos ventos, que impediu a coleta de dados em algumas situações.

Para o Projeto B, não foi possível verificar os itens relativos aos serviços na cobertura, pois os mesmos estavam sendo executados a uma altitude maior que a permitida para voo no local, como já mencionado.

5.2.4 Análise de Conformidade das condições de trabalho

O Quadro 18 apresenta o status dos itens de segurança visualizados relativos à captura em overview. Para fins de apresentação, os itens de segurança foram reduzidos, sendo os mesmos apresentados integralmente no checklist de segurança no Apêndice 4.

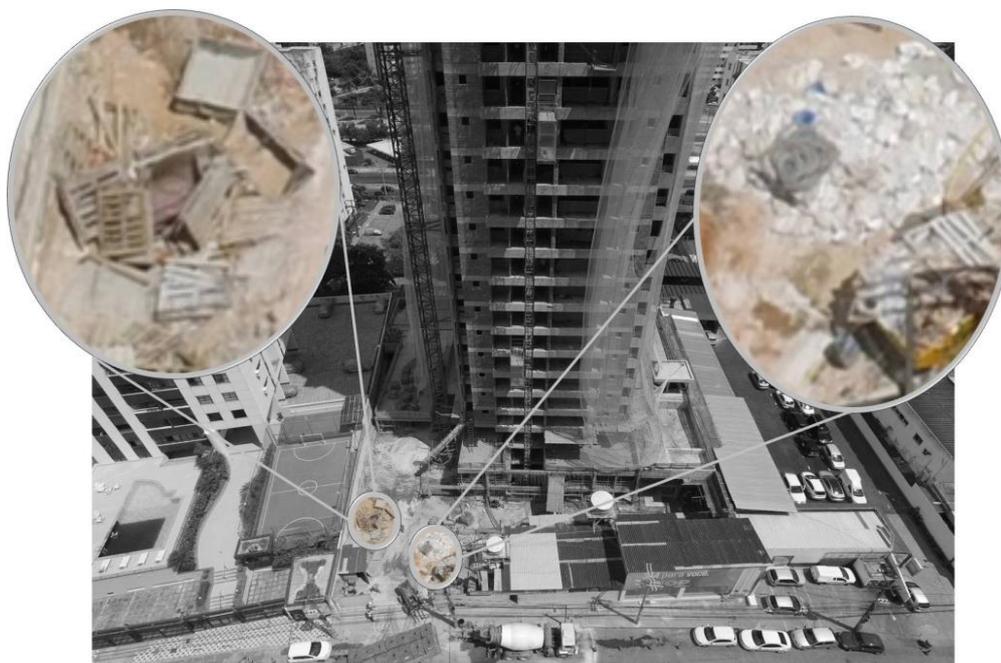
Quadro 18: Análise de conformidade - Overview (Estudo B)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
1) Tipo de Captura # 1. Visualização geral (Overview)					
1.2	Tapumes em bom estado de conservação	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.3	Delimitação de entradas e rotas de acesso externo ao canteiro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.4	Existência de vigilância nos portões de entrada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.5	As rotas internas deverão estar limpas e desobstruídas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.6	Os materiais estão armazenados de forma adequada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.9	Carpintaria com cobertura adequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.10	Os resíduos depositados em local adequado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1.11	Resíduos protegidos das intempéries	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Legenda: Item conforme Item não conforme Não Visualizado

Diante dos itens inspecionados através dos ativos (Quadro 18), a obra apresentava problemas relativos à limpeza e organização do canteiro, a armazenamento de materiais e ao gerenciamento dos resíduos. Tais condições foram verificadas em todas as inspeções realizadas. A Figura 30 apresenta dificuldade do gerenciamento de resíduos no canteiro.

Figura 30: Acúmulo de resíduos na área de trabalho, obstruindo as rotas de acesso



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

O Quadro 19 apresenta os resultados para a captura em *Medium View*.

Quadro 19: Análise de conformidade – *Medium View* (Estudo B)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
2) Tipo de Captura# 2.Visualização de Altitudes Intermediárias (<i>medium altitude view</i>)					
2.1	Plataforma de proteção (bandejas) instalada em toda a periferia isenta de sobrecarga não prevista e com forração do piso completa	■	■	■	■
2.2	Escadas de uso coletivo, rampas e passarelas são dotadas de corrimão e rodapé	■	□	□	□
2.3	Existem coberturas de proteção sobre elevadores	■	■	□	■
2.4	Acesso às escadas, rampas e elevadores livres de obstrução.	□	■	□	□
2.5	A remoção/transporte dos entulhos, por gravidade, é feito através de calhas fechadas	□	■	■	□
2.6	No ponto de descarga da calha para remoção dos entulhos existe dispositivo com fechamento	□	■	■	□

Legenda ■ Item conforme ■ Item não conforme □ Não Visualizado

Os resultados apresentados no Quadro 20, demonstram que uma grande parte dos itens visualizados não estão conforme. Dentre os itens mais críticos pode-se

destacar: as condições da plataforma de proteção (primária e secundária), no qual, mesmo com a conscientização do problema, tais condições permanecem ao longo das visitas. Tais situações inseguras potencializam a possibilidade de ocorrência de acidentes, como apresentado nas Figuras 31 e 32.

Figura 31: Plataforma com forração do piso irregular



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

Figura 32: Plataforma de proteção com sobrecarga não prevista (andaime suspenso)



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

Os itens relativos ao *Close Up* de concretagem e alvenaria podem ser visualizados no Quadro 20.

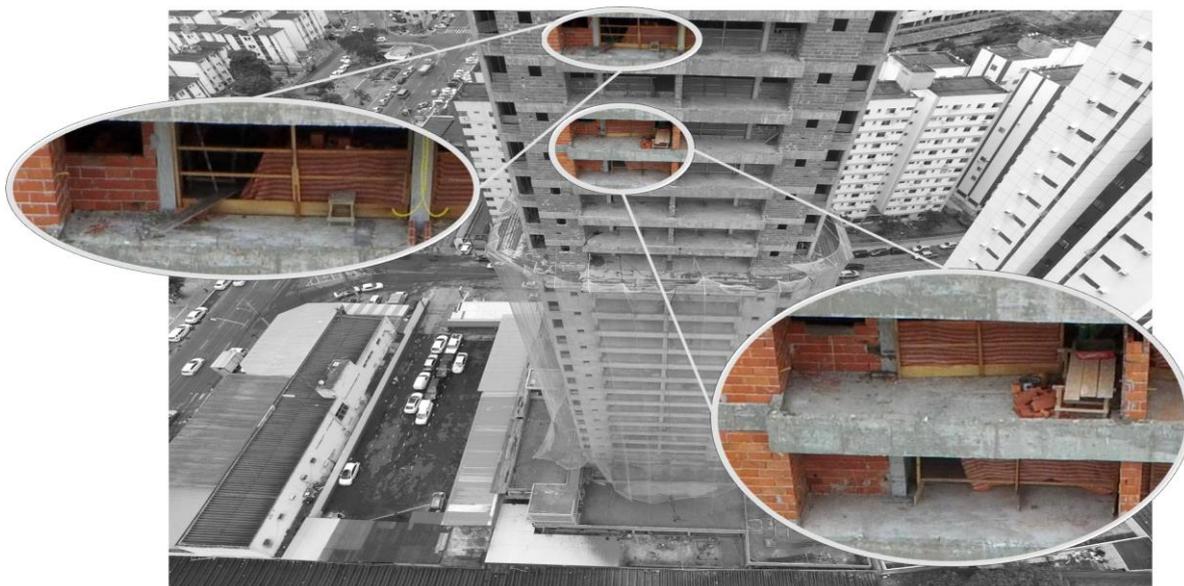
Quadro 20: Análise de conformidade – *Close Up* concretagem e alvenaria (Estudo B)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
3.2) Concretagem e Alvenaria					
3.2.1	O armazenamento dos agregados é feito de forma adequada	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2.4	As barras ou telas de aço estão armazenadas em camadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.5	O estoque de blocos está em local protegido	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2.6	O estoque de blocos está próximo a guincho ou outro equipamento de transporte	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2.7	Os trabalhadores expostos aos serviços de forma, armação, concretagem, ou alvenaria estão utilizando EPI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2.8	Os trabalhadores expostos aos serviços de forma, armação, concretagem, ou alvenaria externa estão protegidos contra queda	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Legenda: Item conforme Item não conforme Não Visualizado

Para a análise dos itens de concretagem e alvenaria, percebe-se que a influência da falta de organização e gestão nos itens de segurança verificados. Além disso, destaca-se a ineficiência das proteções contra quedas, no qual a falta de condição segura propicia o surgimento de atos inseguros, como apresentado na Figura 33.

Figura 33: Falha no fechamento da periferia dos pavimentos (guarda-corpo danificado)



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

O Quadro 21 apresenta os itens inspecionados para a tomada em *Close Up* de operação e equipamentos.

Quadro 21: Análise de conformidade – *Close Up*- operação de equipamentos (Estudo B)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
3.3) Operação de Equipamentos					
3.3.1	Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga e descarga	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3.2	Isolamento e delimitação das áreas de carga e descarga de materiais e raio de movimentação de guias, guinchos, guindastes, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3.6	Cabine de controle e operação de máquinas e equipamentos fechadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Legenda: Item conforme Item não conforme Não Visualizado

Os resultados apresentam não conformidades relativas à sinalização e isolamento de área de movimentação de carga e descarga, tais problemas estão associados ao espaço restrito do canteiro, no qual as operações de carga e descarga ocorrem usualmente em via pública e a movimentação dos materiais dentro do canteiro ocorre por meio de grua. Tais situações causam preocupação devido à dificuldade em controlar o risco de acidentes durante as atividades de carga e descarga de materiais. Tais condições podem ser verificadas na Figura 34.

Figura 34: Operação de carga e descarga em via pública sem isolamento da área



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

Para a execução de revestimento de fachada, a obra optou pela adoção de andaimes suspensos motorizados. O Quadro 22 apresenta o status dos itens de segurança relacionados à fachada.

Quadro 22: Análise de conformidade – *close up* fachada (Estudo B)

Item	Análise de conformidade (Segurança do Trabalho)	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	4ª Visita
3.4) Fachada					
3.4.1	Os andaimes suspenso ou balancim devem estar niveladas	□	■	■	■
3.4.3	Os trabalhadores que se encontram na fachada estão usando EPI	■	■	■	■
3.4.5	Andaimes com sistema de segurança adequado quanto ao risco de queda de trabalhadores	■	■	■	■

Legenda ■ Item conforme ■ Item não conforme □ Não visualizado

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 22, percebe-se uma melhoria das condições de segurança na 2ª e 3ª visita. Entretanto, destacam-se as condições dos andaimes (Figura 35), especificamente o desnivelamento e a ausência de tela de fechamento no guarda corpo, e as condições precárias dos guarda-corpo no fechamento da periferia dos pavimentos (Figura 36).

Figura 35: Andaimés suspensos desnivelados e trabalhadores na borda da edificação sem EPI (ou seja, sem capacete, fardamento incompleto e cinto trava-quedas)



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

Figura 36: Falhas no fechamento da periferia dos pavimentos (guarda-corpo danificados)



Fonte: Grupo de Pesquisa GETEC

No Estudo de Caso B, bem como no Estudo de Caso A, para a análise das conformidades considerou-se apenas os itens visualizados no Checklist de Segurança por tipo de captura- versão completa.

A Tabela 2 apresenta os resultados em percentual de não conformidade para cada inspeção realizada. Para a Obra B, foram mantidas as condições consideradas na análise realizada para a Obra A.

Tabela 2: Percentual de não conformidades por inspeção – Estudo B

Todos os Tipos de Capturas	1ª Inspeção (Out/15)		2ª Inspeção (Nov/15)		3ª Inspeção (Dez/15)		4ª Inspeção (Fev/16)	
	IRI	% NC						
	20	45%	24	50%	19	52%	16	68%

(*) total de itens para cada tipo de captura

Fonte: A autora

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram um elevado índice de não conformidades para todas as inspeções realizadas, no qual percebe-se um agravamento nas condições de segurança em canteiro ao longo das visitas realizadas.

No estudo ficou evidente que algumas das não conformidades identificadas não foram corrigidas ao longo do estudo ou a correção não ocorreu com a frequência adequada, bem como a instalação da bandeja em toda a periferia da edificação, incluindo os recortes da fachada, a limpeza e organização do canteiro de obras, a limpeza das plataformas de segurança, a manutenção dos equipamentos de proteção coletiva, em especial os guarda-corpos. As condições inadequadas de trabalho podem estar associadas à falta ou ineficácia de um sistema de monitoramento de segurança com medidas e procedimentos estruturados e a necessidade de pessoal para realizar tais atividades, visto que a obra tinha apenas uma técnica de segurança para todo o serviço.

5.3 Análise cruzada dos estudos de caso

5.3.1 Comparativo entre Estudos A e B

De posse dos dados e das análises de cada estudo de caso individualmente, é interessante avaliar comparativamente o desempenho das duas obras no processo de inspeção com VANT, destacando as barreiras, os fatores positivos e as oportunidades de melhorias, quando possível.

A partir dos resultados da análise do Potencial de Visualização nos canteiros estudados, foi possível destacar barreiras e fatores positivos encontrados para o processo de inspeção com VANT. A análise por tipo de captura permitiu comparar a eficiência do tipo de captura e quais os fatores influenciaram para o seu desempenho. E por fim, a análise de conformidade apresentou uma observação aprofundada dos

itens de segurança, segundo os critérios estabelecidos pelas normas de segurança NR-18 e NR-35, tornando possível a sugestão de melhorias no sistema de segurança da obra.

a) Análise do Potencial de Visualização

A Tabela 3 apresenta um comparativo dos dados para a análise do Potencial de Visualização.

Tabela 3: Comparativo do Potencial de Visualização

Estudo de Casos	% itens visualizados	% N1 – inspeção incompleta	% N2- limitação da tecnologia	% N3- imagem sem detalhamento
Obra A	87	8	0	5
Obra B	60	21	16	3

Fonte: A autora

Segundo os resultados apresentados nos estudos A e B, percebe-se que dos 45 itens que compõem o checklist de segurança por tipo de captura – versão completa, sendo analisados um total de 34 itens para obra A, e 36 itens para a obra B. Contudo, a obra A obteve um melhor desempenho quanto aos itens visualizados (29 itens), e a obra B (21 itens).

Os resultados encontrados estão associados a um conjunto de fatores, sendo alguns deles, já levantados por Kim e Irizarry (2015) e validados neste estudo, tais como, características dos projetos: projeto situado em centro urbano ou área de baixa densidade populacional; tamanho do projeto (canteiros amplos e horizontais ou canteiros restritos); complexidade das missões realizadas (ou seja, a presença de impedimentos físicos, tais como postes, árvores, fiações elétricas, telas de proteção e proximidade de outras edificações e a dificuldade de coletar itens específicos em locais de difícil acesso), além das características dos projetos destacam-se, o impacto das condições meteorológicas no momento do voo (fortes ventos, chuva), e as características do processo e da equipe de inspeção (experiência com o uso da tecnologia, habilidade do usuário para controle do VANT, adequação dos recursos para uso do VANT como um sistema de monitoramento da segurança, procedimentos de inspeção eficientes e conhecimento prévio dos itens de segurança). Conforme ressaltado por Kim e Irizarry (2015), tais fatores podem influenciar de forma positiva ou negativa o processo de monitoramento do canteiro com VANT.

Dessa forma, a não visualização dos itens de segurança classificada como inspeção incompleta (N1) representou 8% dos itens para a obra A e 21% para a obra B, tal fato é justificado devido às características físicas do canteiro e fatores físicos, no qual a obra A possui um canteiro amplo que propicia o uso de VANT, devido à facilidade de pouso e decolagem em diversas regiões do canteiro, alcançando todos os pontos a serem inspecionados, e a obra B, por não possuir espaço para voo, eram utilizados as propriedades adjacentes mediante autorização dos proprietários, o que dificultava a visualização de todas as fachadas através de um único ponto. Os fatores físicos contribuíram com este resultado, visto a dificuldade em inspecionar determinados itens com segurança. Além disso, ambos os estudos foram influenciados pela falta de experiência do piloto e observador, pela ineficácia da aplicação do procedimento ainda em desenvolvimento e pela falha do conhecimento técnico referente a alguns itens de segurança menos usuais.

Quanto à limitação imposta pela tecnologia, enquanto na obra A não foi possível detectar sua influência nos resultados, para a obra B, a limitação de altitude de voo estabelecida pela ANAC em 60 metros impediu a inspeção de itens na cobertura e nos últimos pavimentos tipo da fachada. Além disso, o forte vento foi outra limitação da tecnologia, pois não era possível operar a aeronave com segurança.

Os danos ocasionados pela falha proveniente da coleta de imagens sem detalhamento (N3) foram amenos para ambos os estudos. Este resultado está associado especialmente à necessidade de treinamento do uso da tecnologia com maior eficácia e as barreiras físicas que possivelmente impediu a aproximação do VANT para uma coleta mais detalhada.

De fato, o procedimento de inspeção com VANT na obra A foi beneficiado devido às condições favoráveis para voo no canteiro. Tais condições aumentam o desempenho do VANT para inspeção de segurança, além de facilitar a adoção da tecnologia. Entretanto, procedimentos sistemáticos são necessários para garantir a eficácia da inspeção. Para os canteiros restritos, devem-se buscar meios que promovam um melhor desempenho da inspeção de segurança e adoção da tecnologia de forma sistemática.

b) Análise de Conformidade

Dentre as não conformidades identificadas durante as inspeções na obra A destacam-se: as irregularidades na plataforma de segurança primária, quanto a

fechamento de toda a periferia e acúmulo de detritos, além da identificação de trabalhadores não utilizando os equipamentos de proteções individuais. Para a obra B, destacam-se: a falta de limpeza e organização do canteiro, no qual foi perceptível o acúmulo de resíduos e a obstrução dos acessos de pedestres e equipamentos, observaram-se também irregularidades nas plataformas primária e secundária relativo ao acúmulo de materiais e equipamentos não previstos, além das falhas nas proteções coletivas e ausência de isolamento nas áreas de carga e descarga.

A Tabela 4 apresenta o comparativo dos percentuais de não conformidades para as inspeções realizadas, em ambos os estudos.

Tabela 4: Comparativo do % de não conformidades

Todos os Tipos de Captura	1ª Inspeção		2ª Inspeção		3ª Inspeção		4ª Inspeção	
	Obra A	Obra B						
	17%	45%	14%	50%	12%	52%	19%	68%

Fonte: A autora

De posse dos resultados, verifica-se que o grau de não conformidade dos itens de segurança avaliados na obra B é expressivamente superior aos da obra A. De modo que tornam preocupantes as condições de segurança na qual os trabalhadores são submetidos. Além das diferenças quanto às características físicas e construtivas, as obras diferem significativamente quanto ao sistema de gestão da segurança adotados.

Embora nenhum das obras possua procedimentos de rotina de inspeção estruturado e padronizado, a obra A possui uma cultura de rotina de atividades de inspeção e monitoramento, melhor delineados quanto às atribuições das responsabilidades da equipe de segurança, possibilitando um monitoramento mais eficiente quando comparado à obra B, que possui apenas uma técnica de segurança para gerenciar e realizar todas as atividades que compete à gestão da segurança. Entretanto, ressalva-se que ambas as obras estudadas necessitam melhorar quanto ao sistema de gestão da segurança, não apenas para atender as legislações, mas para proporcionar aos trabalhadores um melhor ambiente de trabalho, além da necessidade em desenvolver procedimentos de inspeção da segurança.

Ademais, destaca-se que na obra B, apesar de serem analisados uma menor quantidade de itens de segurança, o impacto provocado pelas não conformidades identificadas durante o *feedback* com os envolvidos no projeto teve uma maior repercussão do que na obra A.

5.4 Avaliação de Desempenho do Processo de Inspeção com o VANT

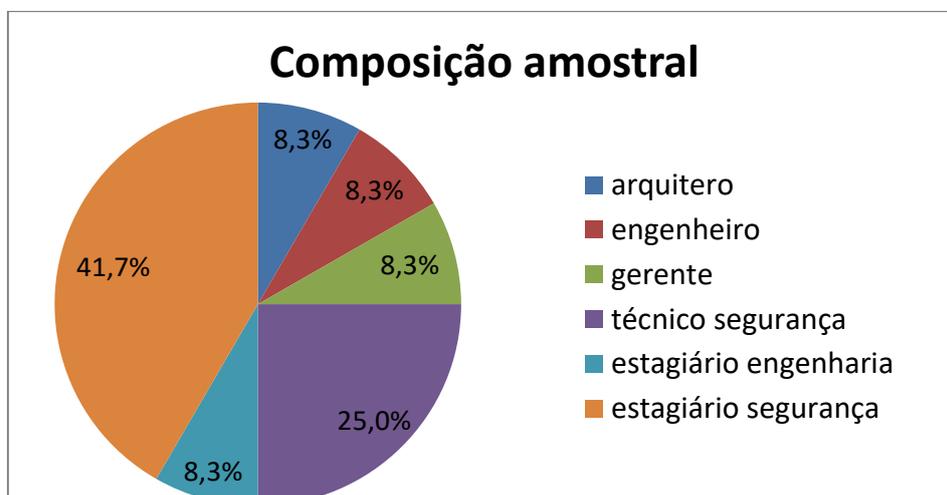
Essa análise busca avaliar o desempenho do processo de inspeção com VANT, com base nos construtos, utilidade, desempenho do equipamento e riscos associados ao uso da tecnologia definidos na seção 4.2.5 do Método de Pesquisa. Para esta análise, serão consideradas as fontes de evidência e as análises dos estudos de caso, bem como a análise de coletas de dados adicionais relativas a entrevistas e questionários aos envolvidos nos estudos de caso.

5.4.1 Utilidade

Como já apresentado, os resultados encontrados para os indicadores de Potencial de Visualização, Potencial de Visualização por Captura e o Índice de Conformidade da Inspeção de Segurança também conduzem para avaliação deste constructo, apontando a aplicabilidade do uso desta tecnologia para inspeção de segurança nas atividades de construção em função dos itens visualizados (processos construtivos, equipamentos, EPI, EPC, layout e logística, entre outros).

Para atender a variável atendimento as necessidades de informações, foi necessário desenvolver um produto que pudesse compreender a importância dos itens inspecionados com VANT para os envolvidos no projeto (gestores, engenheiro e técnicos). O Questionário desenvolvido analisa a importância dos 24 itens principais, de acordo com o *checklist* de segurança por tipo de captura – versão de campo. No total, 12 questionários de importância foram aplicados para os estudos realizados. A Figura 37 apresenta a composição da amostra no qual o questionário de importância foi aplicado.

Figura 37: Composição amostral do Questionário de Importância



A Tabela 5 apresenta os resultados do Índice de Importância Relativa (IIR), o que representa em que grau os itens de segurança selecionados atendem as informações necessárias para inspeção de segurança de acordo com o ponto de vista dos gestores e envolvidos no processo de segurança.

Tabela 5: Índice de importância relativa

OVERVIEW		N	IIR
1.1	Tapumes e perímetro do canteiro	12	0,85
1.2	Rotas de acesso de pessoas, materiais e equipamentos	12	0,83
1.3	Central de aço e Carpintaria	12	0,82
1.4	Aérea de armazenamento de materiais	12	0,78
1.5	Estacionamento e rotas de emergências	12	0,75
1.6	Disposição de contêiner para resíduo	12	0,73
MEDIUM VIEW			
1.7	Condições da plataforma de proteção	12	0,85
1.8	Escadas de uso coletivo, rampas e passarelas dotadas de corrimão e rodapé	12	0,85
1.9	A remoção/transporte dos entulhos, por gravidade, é feito através de calhas fechadas	12	0,73
CLOSE UP VIEW			
1.10	Há proteção para pontas verticais de vergalhões de aço expostas	12	0,87
1.11	Trabalhadores protegidos de quedas	12	0,87
1.13	As plataformas de trabalho aéreo (PTA) devem possuir guarda-corpo que atenda às especificações da norma/ou fabricante	12	0,87
1.14	Montagem e desmontagem das formas	12	0,85
1.15	A manutenção e abastecimento de máquinas e equipamentos	12	0,83
1.16	Plataformas de trabalho aéreo (andaimes suspenso ou balancim)	12	0,82
1.17	Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga	12	0,80
1.18	As baias para areia, brita e argamassa estão próximas da betoneira e de guincho, ou outro equipamento fixo	12	0,78
1.19	A área de trabalho encontra-se limpa, sem objetos de qualquer natureza que possam comprometer a adequada execução dos serviços	12	0,78
1.20	Cargas em içamento travadas/fixadas e protegidas de quedas	12	0,78
1.12	Trabalhadores utilizando EPI	12	0,75
1.21	Os estoques (aço, blocos cerâmicos, blocos de concreto) próximo do guincho, ou equipamento de transporte	12	0,75

1.22	Isolamento e delimitação das áreas de carga e descarga de materiais por grua, guincho, guindaste, etc.	12	0,72
1.23	Cabine de controle e operação de máquinas e equipamentos fechadas	12	0,72
1.24	Os estoques (aço, blocos cerâmicos, blocos de concreto) são protegidos das intempéries	12	0,67

Legenda: N (amostra de dados)

Fonte: A autora

De modo geral, os itens foram bem avaliados pelos envolvidos nos projetos, com índice de importância relativa média de 0,79. Os itens de maior importância (0,87) foram: trabalhadores protegidos de queda, proteção para pontas verticais de vergalhões de aço expostas e PTA devem possuir guarda-corpo que atenda as especificações, e com menor importância (0,67), destaca-se os estoques protegidos das intempéries.

Embora os itens avaliados satisfaçam a necessidade de informação dos responsáveis pela gestão da segurança, quanto à utilização da mesma, para a tomada de decisão, observa-se a necessidade de desenvolvimento de ferramentas de tratamento dessas informações dos ativos visuais coletados com VANT, visto que, uma grande quantidade de ativos é coletada, o que despense de tempo para analisar, não cumprindo o propósito de reação imediata (em tempo real) para as tomadas de decisão.

Com base nos resultados apresentados, buscou-se identificar um conjunto de fatores, denominados barreiras e benefícios da inserção do protocolo de inspeção de segurança desenvolvido com o auxílio do VANT aplicado a canteiros de obra, apresentados no Quadro 24.

Quadro 23: Barreiras e benefícios das inspeções de segurança com VANT

Aspectos	Benefícios	Barreiras
Procedimentos e tecnologia VANT – Planejamento da Missão	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificação dos pontos de segurança de interesse; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Barreiras físicas (edifícios, postes, árvores, fiações elétricas, entre outros); ▪ Condições climáticas (chuva e ventos fortes).
Procedimentos e tecnologia VANT – Coleta e processamento de dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do tempo de inspeção devido a flexibilidade na monitoração de atividades diferentes ao mesmo tempo; ▪ Simplificação das etapas de inspeção por meio da eliminação do excesso de coleta manual (redução de pessoal); ▪ Tecnologia de fácil uso; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requisitos das Regulamentações (ex. limite de altitude); ▪ Treinamento VANT para piloto e observador; ▪ Conhecimento prévio de segurança para o piloto e o observador;

Aspectos	Benefícios	Barreiras
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução da variabilidade através de padronização de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grande base de dados de ativos visuais; ▪ Pobre visualização de áreas internas.
Procedimentos e tecnologia VANT – Análise de dados e proposição de melhorias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento da transparência das condições inseguras; ▪ Informações detalhadas sobre condições inseguras e seguras; ▪ Registro das não-conformidades de segurança e boas práticas, permitindo a análise de diferentes perspectivas; ▪ Utilização de indicadores e informações para tomada de decisão; ▪ Utilização dos ativos visuais e os resultados de inspeção para a educação de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise manual dos ativos visuais; ▪ Necessidade de melhorar o feedback em tempo real para os trabalhadores (interação direta entre VANT e trabalhadores); ▪ Necessidade em fornecer informações em tempo real para equipe de segurança (interação direta entre o UAV e segurança pessoal).
Sistema de Segurança e Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Viabilidade de custo-benefício VANT (aquisição e manutenção tecnologia de baixo custo); ▪ Potencial de melhoria do comportamento do trabalhador relacionada com segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integração do VANT com sistema de gestão de saúde e segurança do projeto; ▪ Resistência à adoção de novas tecnologias pela construção civil; ▪ Sistema de gestão de segurança mal estruturada em canteiro de obras.

Fonte: A autora

5.4.2 Desempenho do equipamento

Durante os 26 voos realizados para o Estudo A e B, o tempo médio foi aproximadamente 09min por voo, enquanto a autonomia da bateria está entre 15-18 minutos. No entanto, por razões de segurança, a equipe de pesquisa tem utilizado apenas 65% da carga da bateria para o processo de inspeção, e os 35% da carga restante destinado para garantir um retorno seguro, principalmente quando a aeronave está a uma altitude relativamente alta ou distante do operador. O fabricante recomenda que o retorno da aeronave ocorra com 30% de carga.

O número médio de fotos tiradas por voo foi aproximadamente 54. A escolha por fotos ou gravação de vídeo dependeu da finalidade do voo. Embora a autonomia da bateria seja uma das desvantagens destacadas por Siebert e Teizer (2014), Morgenthal e Hallermann (2014) e Kim e Irizarry (2015), no presente estudo, a autonomia da bateria não foi um impedimento para a coleta de dados, uma vez que duas ou três baterias eram utilizadas para cada visita, além disso, ressalta-se que o

plano de voo foi essencial para otimizar a carga da bateria a fim de garantir a coleta de todos os pontos de interesse.

Durante os 26 voos realizados nos Estudos A e B, tomou-se nota para qualquer problema de estabilidade que pudesse reduzir a qualidade dos ativos visuais. No que se refere à confiabilidade do equipamento, durante os 26 voos, foram identificadas 16 falhas, sendo que 12 destas estavam relacionadas à perda de sinal durante o voo, no qual foi necessário utilizar o *Return to Home* para voltar ao ponto de início e decolar novamente 6 vezes, nas demais situações, o sinal foi recuperado durante a operação. Outro ponto de destaque foi à dificuldade em identificar satélites GPS antes da decolagem, problema este observado em dois voos no Estudo B, no entanto, logo após a decolagem, o número mínimo de satélites para a operação foi identificado pelo VANT.

Segundo Jang, Lee e Choi (2012), interferências na comunicação podem estar associadas ao excesso de obstruções no local, como, equipamentos, edificações, e sistema de redes de dados. No estudo realizado por Irizarry, Costa e Kim (2015b), uma das lições aprendidas quanto ao uso do VANT para inspeção, é a interferência magnética causada pelo aço em estruturas de concreto. No entanto, apesar das falhas apresentadas no presente estudo, não houve nenhuma evidência que comprometesse a confiabilidade do processo de coleta com VANT. Além do que, a presença de dispositivos de controle contra falhas, denominados "*fail-safe*", como, "*Return to Home*", "*No Fly Zone*" que proporcionam maior confiabilidade do uso da aeronave com segurança (KIM; IRIZARRY, 2015).

Além disso, a velocidade do vento (acima de 5,5 m/s)⁶ foi um impedimento para a realização de dois voos no Estudo B, embora a velocidade do vento apresentada fosse inferior à recomendação do fabricante para o voo (10m/s). Tal resultado comprova que devido ao baixo peso, a plataforma VANT é sensível às condições meteorológicas, especialmente situações de ventos críticos (REMONDINO *et al.*, 2011; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

A facilidade de uso do equipamento é um dos principais entraves para adoção de uma nova tecnologia (JANG; LEE; CHOI, 2012; KIM; IRIZARRY, 2015). Por esse motivo, buscou-se através da percepção dos gestores que acompanharam os voos,

⁶ Está informação foi coletada no site Climatempo para as condições meteorológicas locais.

baseado no que foi vivenciado em campo por meio de observação, se a tecnologia apresenta ser de fácil uso. Foram entrevistados 9 gestores ou responsável pelo projeto, no qual adotou-se a Escala Likert (1 – Muito difícil e 5- Muito fácil) como instrumento de medição. Como resultado, encontrou-se uma média de 3,89, com desvio padrão de 1,05. Ou seja, de modo geral a tecnologia apresenta ser de fácil utilização em canteiro de obras. Cabe ressaltar que a avaliação da facilidade de uso limita-se ao que foi vivenciado em campo por meio da observação, e não pela prática de manusear o equipamento.

O desempenho do uso do VANT está relacionado com a compatibilidade entre o tipo de aeronave adotada e as características do projeto (SIEBERT e TEIZER, 2014), em vista disso, para o referente estudo optou-se por um modelo aerodinâmico quadricoptero, devido ao modo de pouso e decolagem vertical. Tal característica apresentou-se como essencial para a aplicação do VANT em canteiro, em razão da escassez de espaço, além disso, o modelo quadricoptero permite uma maior manobrabilidade, possibilitando voos em locais com obstáculos. A boa qualidade dos ativos visuais, a possibilidade de captura dos mesmos em diferentes ângulos e a facilidade da atualização do Sistema VANT foram outros fatores que influenciaram o bom desempenho do equipamento para a atividade de inspeção de segurança, conforme levantado por Kim e Irizarry (2015). Por essas razões, o VANT adotado apresentou-se adequado para realizar inspeções de segurança em canteiros de obras.

5.4.3 Riscos Associados com o uso da tecnologia

A análise dos riscos associados ao uso da tecnologia baseou-se na percepção dos usuários, assim como a influência do uso do VANT para inspeção de segurança em canteiro. A Tabela 6 apresenta os resultados provenientes das entrevistas realizadas com gestores acerca dos riscos associados ao uso da tecnologia.

Tabela 6: Percepção dos Gestores acerca dos riscos associados ao VANT

Percepção dos gestores durante o voo, qual o nível de...	N	Média	Desvio Padrão
Interferências do VANT nas atividades do canteiro	9	1,44	1,01
Percepção da aceitabilidade do VANT pelos trabalhadores	9	4,56	1,33
Preocupação com o risco de queda e colisão da aeronave	9	2,22	0,97

Observação: Escala Likert 1 – Muito pouco e 5- Muito alto.

Para os gestores, o VANT tem baixa interferência nas atividades do projeto (1,44), como por exemplo, a paralisação da grua ou equipamentos pesados, além do que, segundo os gestores o uso do VANT para monitorar atividades em canteiro é altamente aceitável pelos trabalhadores (4,56) e a preocupação com a perigo de queda ou colisão é relativamente baixa (2,22).

Além disso, para estes gestores a adoção do VANT para inspeção de segurança depende do custo de aquisição de equipamentos, a disponibilidade de serviços de suporte técnico nas proximidades, treinamento de pilotos ou a contratação de uma pessoa treinada para a operação do VANT e, principalmente, o interesse da liderança para a sua adoção. A Tabela 7 apresenta os resultados provenientes das entrevistas realizadas com os trabalhadores acerca dos riscos associados ao uso da tecnologia.

Tabela 7: Percepção dos trabalhadores acerca dos riscos associados ao VANT

Percepção dos trabalhadores durante o voo, qual o nível de...	N	Média	Desvio Padrão
Percepção de invasão de privacidade	18	1,94	1,11
Distração durante a execução do trabalho	18	2,00	0,69
Preocupação com o risco de queda e colisão da aeronave	18	1,89	1,18

Observação: Escala Likert 1 – Muito pouco e 5- Muito alto.

Fonte: A autora

De antemão, questionou-se os trabalhadores já ouviram falar de *drones* e sobre as ferramentas de captura de imagem e vídeo, dentre os dezoito entrevistados apenas um não tinha conhecimento sobre o que seria um *drone*.

Baseado nas percepções coletadas através do levantamento com os trabalhadores (Tabela 7) constatou-se que, o grau de invasão de privacidade foi relativamente baixo quanto ao uso do VANT para inspeção de segurança (1,94), assim como, o grau de distração do trabalho ocasionado pelo VANT foi relativamente baixo (2,00) e a preocupação com os riscos de queda e colisão (1,89).

O respeito ao limite da privacidade dos indivíduos é tópico já em discussão por Irizarry, Costa e Kim (2015a), Herrmann (2016) e Bernstein (2012), em que essa preocupação existe tanto para os indivíduos no ambiente de trabalho, quanto a vizinhança ao seu entorno. Para o presente estudo, os trabalhadores que foram observados através das fotos e vídeos durante as visitas não sentiram sua privacidade sendo invadida, visto que estavam em horário de serviço, executando suas atividades. No entanto, embora os resultados favoreçam o uso de veículos aéreos não tripulados

em canteiro, tais resultados não devem ser generalizados, visto que a amostra representa apenas uma ínfima parcela dos trabalhadores da construção civil, além do que, a percepção dos usuários pode mudar com o contexto e a região.

A observabilidade no ambiente de trabalho é apresentado por Bernstein (2012), no qual se discute a privacidade do trabalhador e o impacto da observação no desempenho da produção. O autor comprova através de observações que o aumento da observação pode vir a provocar desvios no comportamento dos trabalhadores, além de impactar no desempenho dos mesmos. Em estudo realizado pelo autor, através da redução da observabilidade foi possível perceber aumento da aprendizagem, inovações e proposição de melhorias. Em vista disso, as organizações/empresas tem como desafio compreender como utilizar novas tecnologias de monitoramento, como o VANT, de forma a manter a privacidade dos indivíduos.

Em razão da perspectiva apresentada, sugere-se o uso dos ativos visuais coletados com VANT em canteiros de obras na educação dos profissionais quanto ao uso das práticas de segurança e monitoramento dos riscos, não devendo estes ser utilizado para punições severas e perseguições contra o trabalhador, além do que a disseminação de boas práticas e cultura de segurança é uma responsabilidade da empresa. Quanto a avaliação da percepção da vizinhança quanto ao uso do VANT para inspeção em obras em área urbana, novos estudos devem ser realizados, visto que não foi o objetivo deste trabalho.

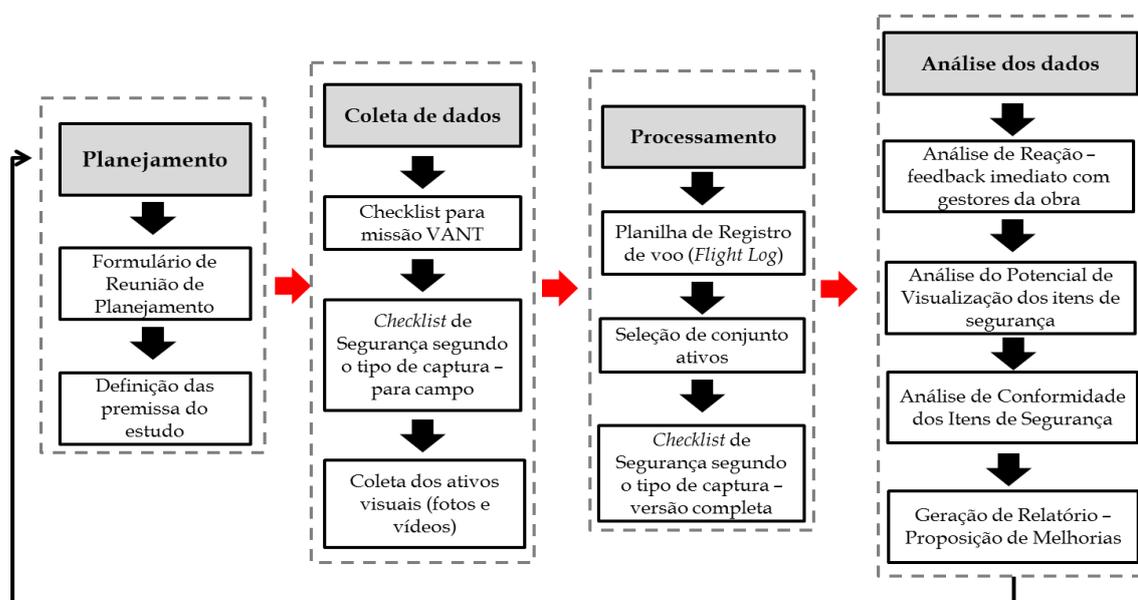
5.5 Diretrizes para o uso de VANT para inspeção de segurança em canteiros

Com base na revisão da literatura e nos resultados obtidos nos estudos de caso, buscou-se propor diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obras de edificações por meio de imageamento com VANT, sendo apenas avaliados os itens de segurança que estão situados na área externa da edificação.

Estas diretrizes também levam em consideração que equipamento utilizado é um quadricoptero de classe 3, ou seja, menor que 25kg e com fabricação comercial. Este tipo de VANT apresentou características satisfatórias para a aplicação proposta e o seu uso e aquisição por parte de empreendimentos de construção pode ser facilitado pela sua interface de fácil uso possibilitando adoção da tecnologia em canteiro, assim como o baixo custo de aquisição e manutenção.

Tais diretrizes devem ser consideradas nas etapas que compõem o processo de inspeção, especificados no protocolo de inspeção de segurança em canteiros desenvolvido, conforme a Figura 38, já apresentada na seção de Método de Pesquisa como Figura 16, quais sejam, planejamento, coleta de dados, processamento e análise dos dados.

Figura 38: Protocolo de inspeção de segurança com VANT



Fonte: A autora

5.5.1 Planejamento

O conhecimento prévio das características do projeto e do equipamento é fundamental para a eficácia do planejamento do voo para inspeção de segurança. As diretrizes relacionadas ao planejamento são:

- (a) conhecer previamente os critérios de segurança para voo, estabelecidos pelas agências reguladoras de aviação no país, no caso do Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Pois, a partir do entendimento das regras para voo, pode-se definir com maior precisão qual o VANT a ser adotado, além dos requisitos legais necessários para o uso do equipamento com segurança;
- (b) conhecer a gestão de segurança da obra é fundamental para promover a inserção da tecnologia, a fim de garantir que a tecnologia forneça informações relevantes para a tomada de decisão. O VANT deve atuar como ferramenta de suporte ao sistema de gestão, ou seja, ele não tem a função de substituir as inspeções presenciais;

- (c) realizar campanha com os trabalhadores em relação ao uso de VANT para inspeção de segurança, visando evitar problemas relativos a riscos durante a execução do trabalho e problemas com privacidade;
- (d) aplicar o protocolo de inspeção de segurança com VANT, por meio do Formulário de Reunião de Planejamento visando conhecer as informações gerais do projeto, o processo de informação da gestão da segurança, assim como a definição do plano de voo (IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b);
- (e) estabelecer uma comunicação direta com os integrantes da equipe de segurança, reafirmando o comprometimento da mesma quanto ao cumprimento das etapas do processo de inspeção com o VANT;
- (f) fornecer treinamento ao piloto e observador quanto ao uso da tecnologia VANT, assim como os itens e critérios de segurança que serão inspecionados, pois esta condição é imprescindível na eficiência da coleta de dados e para a execução do voo em segurança (KIM; IRIZARRY, 2015; IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b);
- (g) alinhar o planejamento do voo com a gestão da segurança, promovendo a inspeção dos pontos críticos sob a perspectiva de riscos de acidentes, condições inseguras e locais de difícil acesso (IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b), além disso o planejamento do voo pode estar associado ao Plano de Controle da Produção (PCP) semanal, afim de identificar com antecedência as atividades a ser monitoradas, trabalhando de forma integrada com a gestão da produção;
- (h) estabelecer a sequência dos pontos a serem monitorados na inspeção visando a eficiência da coleta dos dados e otimização da bateria do VANT;
- (i) identificar e analisar as possíveis interferências durante o voo, tais como, guias, fiações elétricas, entre outros obstáculos que possam vir a comprometer a segurança do voo, incluindo os pontos de decolagem e pouso da aeronave (IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b).

5.5.2 Coleta e processamento de dados com VANT

O registro das não conformidades tem um papel fundamental na inspeção da segurança. Dessa forma, o uso de tecnologias visuais possibilita registrar os itens de segurança para análise em tempo real, ou posterior a coleta. No que se refere ao processamento dos ativos visuais coletados com VANT é importante desenvolver

métodos que garantam agilidade ao processo. A seguir são descritas as diretrizes relacionadas ao procedimento de coleta/aquisição e processamento dos dados:

- (a) padronizar o processo de coletas de dados, com o objetivo de simplificar o processo, eliminar a coleta de informação redundante e reduzir o tempo de inspeção. Esta padronização pode ser alcançada com a aplicação do protocolo de inspeção de segurança com VANT, incluindo:
 - *Checklist* de missão visando à preparação do voo, controle, e operações de pouso e decolagem, com o objetivo de tornar o voo mais eficiente, considerando os requisitos de segurança e o uso apropriado do equipamento. À medida que a equipe esteja bastante treinada, este checklist passa a ser realizado com bastante agilidade (IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b).
 - Checklist de Segurança segundo o tipo de captura para identificar os requisitos de segurança que são possíveis de serem visualizados pela tecnologia VANT, podendo ser adotada a versão de campo para coleta e a versão completa para o processamento dos dados. Os itens de segurança devem ser baseados nas normas regulamentadoras locais, bem como procedimento operacional da empresa visando alinhamento do sistema de gestão da segurança.
- (b) deve-se estabelecer a periodicidade da inspeção conforme a necessidade de monitoramento dos processos, pois a inspeção com VANT tem caráter pontual, ou seja, registra as irregularidades para um determinado momento.
- (c) deve-se balancear a quantidade de ativos coletados com os itens de inspeção, pois a eficiência do processamento está diretamente relacionado a quantidade de ativos coletados. Quanto maior a quantidade de ativos maior o tempo de processamento, em alguns casos são necessários hardware com alta capacidade de processamento e software específicos;
- (d) deve-se realizar o processamento dos dados logo após os voos, para possibilitar o processo de análise imediato (IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b);

5.5.3 *Análise e proposição de melhorias*

Para o uso eficaz dos ativos (imagens e vídeos) coletados é necessário que as pessoas envolvidas desenvolvam senso crítico quanto às informações fornecidas pelos mesmos, tomando como base, o uso de normas técnicas de segurança e boas práticas em canteiro de obras. As diretrizes para a análise dos ativos coletados com VANT para inspeção de segurança são descritas a seguir:

- (a) promover a análise imediata dos ativos visuais visando a intervenção com medidas corretivas (IRIZARRY; COSTA; KIM, 2015b);
- (b) promover a análise aprofundada a partir dos ativos visuais coletados, visando evitar a avaliação subjetiva por parte dos inspetores, visto que os ativos visuais possibilitam a reanálise por diferentes perspectivas, possibilitando a proposição de medidas preventivas e ferramentas de controle;
- (c) desenvolver mecanismos para a análise dos ativos visuais de forma automática garantindo a extração de recursos para a tomada de decisão, pois a análise de forma manual ainda demanda tempo;
- (d) gerar registros das não conformidades e boas práticas observadas, por meio da elaboração de bancos de dados e relatórios de inspeção;
- (e) definir indicadores de segurança, tal como o indicador de Conformidade na Inspeção de Segurança, para mensurar a eficácia da gestão da segurança, além de avaliar o impacto do VANT quanto ao desempenho do processo de inspeção;
- (f) promover encontros periódicos com os colaboradores e equipe gerencial para apresentação e discussão dos resultados obtidos, visando aumentar a eficácia no atendimento das metas estabelecidas;
- (g) desenvolver clima e cultura de segurança com ênfase na observação das não conformidades, baseado em registros visuais, colaborando com a mudança de postura dos colaboradores;
- (h) usar os ativos visuais para treinamento dos colaboradores relativos a atos e condições inseguras baseado em exemplos da realidade vivenciada pelos próprios trabalhadores;

- (i) aumentar a transparência dos processos de segurança possibilitando a proposição de medidas corretivas e preventivas em tempo hábil, corroborando com a redução de acidentes;
- (j) analisar a viabilidade do uso de outros sensores para inspeção de segurança, tais como, termográfico, infravermelho, entre outros.

6 CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS

Este capítulo apresenta as conclusões e recomendações para futuros trabalhos, destacando as contribuições quanto ao uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) como ferramenta de suporte no processo de inspeção de segurança em canteiros de obras.

6.1 Conclusões

Este estudo tem como objetivo principal propor diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Como objetivo secundário, propõe-se: (a) estabelecer um conjunto de procedimentos para sistematizar o processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT; (b) definir constructos para a avaliação do processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT; (c) avaliar o processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT; e (d) identificar os fatores positivos e barreiras para inspeção de segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT.

Estabelecimento de um conjunto de procedimentos para sistematizar o processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT

O presente estudo buscou desenvolver e aplicar um método sistemático de inspeção de segurança com VANT em obras. Para tal, foram desenvolvidos dois estudos de casos em canteiros de obras em Salvador-BA.

O protocolo desenvolvido foi baseado nos checklist e formulários adaptados dos estudos anteriores realizados pela Georgia Tech Institute, tais quais, formulário de planejamento, checklist missão VANT, *Flight Log*- Registro dos voos, Checklist de Segurança por tipo de captura associado aos requisitos de segurança e procedimentos para o processamento, sendo este adaptado às normas de segurança aplicadas a indústria da construção no Brasil, além disso, foi desenvolvido um checklist de segurança- versão de campo, para facilitar o processo de coleta dos dados.

Os procedimentos foram sistematizados de forma a facilitar o processo de inserção da tecnologia VANT junto ao sistema de gestão da segurança, estruturados em quatro etapas principais: planejamento, coleta de dados, processamento e análise. O planejamento tem por objetivo estabelecer as premissas do projeto, pontos de coletas, itens a ser coletada, periodicidade, além de promover o conhecimento das

características do projeto e do sistema de segurança praticado pela obra. A coleta de dados está relacionada à coleta de dados com o VANT por meio dos voos realizados em canteiro. Logo após a coleta dos dados, os ativos (fotos e vídeos) são processados, sendo estes transferidos do armazenamento de memória da aeronave para uma mídia externa, usualmente computadores.

Com base nos ativos, métodos de análises foram desenvolvidos, inicialmente buscou-se conhecer o potencial de visualização dos itens de segurança por meio dos ativos coletados, e posteriormente, buscou-se analisar a conformidade dos itens de segurança visualizados nos ativos segundo os critérios estabelecidos nas normas de segurança. Ressalta-se também a importância da análise de reação, baseada no *feedback* imediato com os envolvidos no projeto, logo após a coleta de dados com VANT. Tais procedimentos buscam consolidar o processo de inspeção com VANT, facilitando a incorporação da tecnologia na gestão da segurança em canteiros.

Outra contribuição proveniente do estabelecimento de procedimentos para a inspeção é a coleta de dados por meio de diferentes tipos de captura, no qual, têm se apresentado como uma interessante maneira para inspecionar requisitos de segurança, principalmente pela associação das capturas com o nível de informação exigido pela regulamentação. A captura em Overview fornece informações gerais sobre a organização e limpeza do canteiro, as capturas em Medium View têm a função de fornecer informações mais específicas sobre os itens de segurança relacionado a equipamentos de proteções coletivas, equipamentos de proteção individual e a Close Up View está associada a itens específicos relacionados a processos, tais como cobertura e impermeabilização, concretagem e alvenaria, operação de equipamentos e fachada.

Devido à grande quantidade de ativos visuais que podem ser tomadas durante um voo, busca-se selecionar um conjunto de ativos de maior representatividade, visto que com um conjunto menor de ativos é possível obter um diagnóstico confiável das condições de segurança do canteiro, com um menor tempo de análise. Isso acontece, porque através de uma imagem é possível avaliar mais de um item de segurança. Além disso, o *checklist* de segurança pode ser adaptado para as diferentes fases da construção, variando de acordo com o nível de detalhes requerido, tornando a inspeção mais precisa e fornecendo *feedback* para a tomada de decisão em tempo real.

Definição de constructos para a avaliação do processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT

Como forma de avaliar o processo de inspeção da segurança com o auxílio do VANT, o presente estudo buscou estabelecer constructos baseados na literatura e na experiência adquirida no desenvolvimento dos estudos, sendo eles: utilidade, desempenho do equipamento e riscos associados ao uso da tecnologia. Tais constructos foram escolhidos com o intuito de promover uma avaliação geral, focando tanto na aplicação da tecnologia para inspeção de segurança, quanto no desempenho e riscos do uso do equipamento, ainda pouco discutidos para tal atividade.

Em vista disso, com a definição dos constructos, buscou-se definir as variáveis e suas respectivas fontes de evidências. No total, 11 variáveis foram avaliadas, sendo elas: (1) aplicabilidade nos processos; (2) atendimento às necessidades de informação; (3) barreiras e benefícios para inserção do protocolo na rotina de inspeção de segurança; (4) autonomia de voo; (5) estabilidade do equipamento; (6) adequação do equipamento ao propósito; (7) confiabilidade do sistema; (8) facilidade do sistema com o usuário; (9) interferências nas atividades desenvolvidas na obra; (10) aceitação dos intervenientes; (11) perigos de queda e colisão.

Para atender aos constructos estabelecidos, informações adicionais ao protocolo de inspeção foram coletadas, tais como, entrevistas com envolvidos no projeto e trabalhadores, além da aplicação de questionário. O questionário de importância demonstrou que a maioria dos itens de inspeção de segurança foram avaliados como importante pelos envolvidos no projeto, com a média do Índice de importância relativa de 0,79, considerando os 25 itens de segurança que compõem o checklist de segurança – para campo. A confiabilidade do questionário foi avaliada através do coeficiente de Cronbach, que varia entre zero e um, sendo a faixa ideal esperada entre 0,80 a 0,90, acima deste valor, indica a existência de redundância ou duplicação dos itens coletados. O cálculo de seu valor para todos os itens do questionário resultou em 0,906.

Avaliar o processo de inspeção da segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT

Um conjunto de análises foi desenvolvido para avaliar a aplicabilidade da tecnologia VANT para inspeção de segurança em canteiros de obras, tendo como base a aplicação do protocolo de inspeção proposto, focando na capacidade de identificação de não conformidades, que pode fornecer condições inseguras ao

trabalhador. Além disso, o estudo buscou avaliar o desempenho do VANT e os riscos associados ao uso da tecnologia para inspeção de segurança. Um banco de dados de 1414 imagens e 54 minutos de gravação de vídeos foram coletados em dois canteiros de obras.

No que diz respeito à primeira análise realizada, os resultados mostram que a aplicação do VANT proporcionou a visualização de 87% e 60% dos itens de inspeção de segurança avaliados no Estudo A e Estudo B, respectivamente, sendo estes relacionados com a organização e limpeza, instalações provisórias e equipamentos de proteção coletiva, fornecendo informações com alta qualidade de situações até então pouco visualizadas. Nesta análise deve destacar que alguns itens não foram visualizados devido a falhas no procedimento de coleta, necessitando reavaliar o checklist de campo para orientar a aquisição de ativos de forma mais eficiente, fornecendo informação mais detalhadas ao piloto e observador.

A segunda análise mostra que poucas não conformidades foram encontradas no Estudo A é resultado de um sistema de gestão da segurança mais estruturado. Neste caso, a equipe de segurança era composta por engenheiro de segurança (tempo parcial), 3 técnicos de segurança, 5 estagiários de segurança (nível técnico) e a equipe de engenharia de produção. A aplicação do VANT para inspeção de segurança apresentou-se útil, especialmente no que diz respeito ao aumento da transparência das condições inseguras. Entretanto, apesar das reuniões de *feedback* e apresentação dos ativos visuais aos engenheiros e gestores, nenhuma ação corretiva foi implementada em tempo real.

O Estudo B apresentou resultados críticos em relação à falta de uso de EPI, e as condições precárias dos equipamentos de proteção coletiva, especificamente as proteções contra queda, como, guarda-corpos e plataforma de proteção primária e secundária. Durante a reunião de *feedback* o grau de não conformidade visualizados nos ativos surpreendeu a equipe de produção. No entanto, poucas melhorias foram observadas durante a sequência das inspeções. Tais condições podem estar associadas à ausência de um sistema de gestão da segurança e à falta de pessoal para inspecionar as atividades, visto que a obra possuía apenas uma técnica de segurança para desenvolvidas todas as atividades relacionadas à segurança (treinamento, planejamento, inspeção, proposição de medidas corretivas, entre outras).

De modo geral, a eficácia da inspeção de segurança com o auxílio do VANT está associada à experiência com a tecnologia, assim como, o conhecimento do piloto e observador sobre o projeto, no qual a inspeção pode ser direcionada para itens específicos conforme a necessidade de avaliação. Além disso, um sistema de gestão da segurança consistente e consolidado corrobora com a implementação da tecnologia, visto a existência de políticas de identificação e controle de riscos, além da existência do compromisso da equipe do SESMT com o gerenciamento da segurança no canteiro.

O desempenho do equipamento DJI Phantom 3 Advanced satisfaz as necessidades para inspeção de segurança em termos de autonomia de voo, a estabilidade do dispositivo, a confiabilidade do sistema e a facilidade de uso. No total, 26 de voos foram realizados sem maiores problemas que possam causar danos a bens ou pessoas. Além disso, o uso do VANT para inspeção não provocou interferências significativamente nas atividades desenvolvidas em canteiro, com a exceção da paralisação da grua no Estudo B, que durante alguns voos optou-se pela paralisação da mesma a fim de evitar acidentes entre a aeronave e a grua, devido à limitação de espaço no canteiro para realização de voos com VANT.

Questões relacionadas a preocupações com a invasão da privacidade, risco de queda e colisão não foram destacados pelos trabalhadores e equipe de gestão. No entanto, deve destacar que os ativos visuais coletados em canteiro devem ser utilizados em prol da segurança do trabalho, não devendo ser utilizado para punições e perseguições contra os trabalhadores. Estudos aprofundados devem ser realizados para avaliar o impacto de tecnologias de monitoramento e inspeção sobre o comportamento dos trabalhadores e de como as empresas devem utilizar tais recursos, mantendo a ética e o respeito a seus funcionários.

Identificar os fatores positivos e barreiras para inspeção de segurança em canteiros de obra com auxílio do VANT

De modo geral, alguns fatores influenciaram na identificação da não visualização e análise de alguns dos itens de segurança. Segundo estabelecido por Kim e Irizarry (2015), as características do projeto impactam de forma considerável no desempenho do VANT para o processo de inspeção, alguns fatores foram validados no presente estudo, tais como: a localização do projeto (urbano ou rural) influencia no desempenho da tecnologia visto que para aglomerados urbanos tem-se uma maior densidade populacional, e conseqüentemente maior os riscos e as exigências de

segurança pelo órgão fiscalizador do espaço aéreo; a dimensão do projeto (restritos ou extensos) influencia diretamente no manuseio da tecnologia, além do que, áreas maiores proporcionam melhor utilização da tecnologia devido a ampliada capacidade de visualização; embora, o custo e a duração do projeto influenciam na viabilidade financeira da adoção da tecnologia, no presente estudo tais condições não foram avaliadas.

Outros fatores como a complexidade das missões, exige uma maior experiência e treinamento do piloto e observador, como por exemplo, voo em centro urbanos, com barreiras físicas e próximo a pessoas necessitam de experiência quanto a manobrabilidade da aeronave pelo piloto, e levantamento dos potenciais riscos de acidentes pelo observador, o que inviabiliza em alguns casos, o uso da tecnologia.

Além da associação com as características com o projeto, Kim e Irizarry (2015) associaram os fatores que influenciam quanto ao uso do VANT as características do equipamento e da equipe de projeto. Para tais fatores, o presente estudo, constatou por meio da percepção dos envolvidos e terceiros, que o sistema VANT apresenta interface de fácil uso para operação, recursos visuais de boa qualidade, sistema de fácil atualização, sistema confiável com sensores de respostas emergencial (*fail safe*) eficiente, a autonomia da bateria satisfaz as necessidades para inspeção. Além disso, o sistema VANT apresentou-se sensível a mudanças meteorológicas, tais como fortes ventos e chuva. Quanto às características associadas à equipe de projeto, a experiência do piloto e observador com o sistema VANT, e a necessidade de treinamento do uso da tecnologia apresentaram-se como fatores determinantes na eficiência e eficácia do processo de inspeção.

Dentre os benefícios levantados por Kim e Irizarry (2015) associados aos resultados do presente estudo foi possível verificar que o processo de inspeção com o auxílio do VANT tende a proporcionar melhorias no processo, tais como, gestão do comportamento dos trabalhadores, através da mudança de postura pelo monitoramento constante, inspeção eficaz do uso de equipamento de proteção individual, controle efetivo do canteiro e áreas de difícil acesso, fácil identificação dos problemas de segurança, e conseqüentemente melhoria do desempenho da segurança.

Além disso, os resultados encontrados apontam que o sistema VANT não substitui as inspeções presenciais, no qual deve atuar como ferramenta de suporte junto ao sistema de gestão da segurança, e não afastar as pessoas da área operacional. Destaca-se também que embora o sistema VANT reduza o tempo de

coleta de dados, a análise ainda é realizada de forma manual, necessitando da criação de um sistema automatizado integrado ao sistema de gestão da segurança da obra.

De modo geral, o uso da tecnologia corrobora com a redução de acidentes e gestão eficiente e eficaz do canteiro através gerenciamento dos recursos e monitoramento de atos e condições inseguras. Tal sistema contribui com o aumento da transparência dos processos e com a comunicação entre os responsáveis pela segurança, visto que no processo tradicional, muita informação se perde no processo de coleta e processamento dos dados. Outro benefício da adoção do sistema é a redução de avaliações subjetivas por parte dos inspetores, além da possibilidade das reanálises das condições e desenvolvimento de indicadores para auxiliar no processo de tomada de decisão.

6.2 Recomendações para estudos futuros

Ainda há uma lacuna sobre a incorporação efetiva da tecnologia VANT para o processo de inspeção de segurança. Novos estudos são necessários para avaliar o impacto da inspeção de segurança com o apoio do VANT em canteiro, de forma sistemática, com foco no *feedback* rápido, permitindo ações corretivas imediatas, reduzindo o tempo de inspeção de segurança e simplificando o processo de inspeção de segurança.

A partir deste estudo, foram propostas sugestões para futuros trabalhos:

- (a) desenvolver estudos que avaliem a aplicação de ortofotos, modelos 3D em diferentes escalas e panorâmicas no processo de inspeção de segurança;
- (b) desenvolver pesquisas que comparem os resultados do sistema de inspeção de segurança com VANT em relação ao sistema de inspeção tradicional;
- (c) desenvolver pesquisas aplicadas a segurança de processos, tornando o uso do VANT mais proativo, como o acesso a locais para inspecionar a estrutura antes do início dos serviços ;
- (d) desenvolver sistemas de indicadores que avaliem o processo de inspeção de segurança com VANT;
- (e) desenvolver estudos que avaliem a aplicação de diferentes sensores para o processo de inspeção com VANT;

- (f) desenvolver estudos que promovam a interação direta do inspetor com o trabalhador durante a inspeção com VANT;
- (g) avaliar o impacto de tecnologias de monitoramento e inspeção na mudança de comportamento dos trabalhadores, sob a perspectiva da segurança do trabalho;
- (h) desenvolver pesquisas para automatizar o processo de inspeção com VANT, a fim de tornar o processo mais eficiente.

REFERÊNCIAS

- ABUDAYYEH, O.; FREDERICKS, T.K.; BUTT, S.E.; SHAAR, A. An investigation of management's commitment to construction safety. **International Journal of Project Management**, v. 24, n.2, p. 167-174, 2006.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da aviação Civil Especial** (RBAC-E nº94) .Brasília, DF: 2015. Disponível em : <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/audiencia/2015/aud13/anexol.pdf>>. Acesso em: 04 set.2015.
- AKSORN, T.; HADIKUSUMO, B. H. W. Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects. **Safety Science**, v. 46, n. 4, p. 709-727, 2008.
- ANGELOV, A. **Sense and avoid in UAS: research and applications**. First edition. United Kingdom: Wiley, 2012.
- BERNSTEIN, E. S. The Transparency paradox: a role for privacy in organizational learning and operational control. **Administrative Science Quarterly**, v. 57, n.2, p.181–216, 2012.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Rio de Janeiro: 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR4.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2015.
- _____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº35: Trabalho em Altura**. Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR4.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2015.
- _____. Portaria nº 3.214, de 08 de Junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. **Ministério do Trabalho e Emprego**, 1978.
- _____.Lei Nº 8.213, de 24 de Julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. **Ministério do Trabalho e Emprego**, 1991. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm>. Acesso em: 03 mar. 2016.

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

BLINN, N.; ISSA, R.R.A. Feasibility Assessment of Unmanned Aircraft Systems for Construction Management Applications. *In: Construction Research Congress, San Juan*, p. 2593-2603, 2016. **Proceedings...**

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, 2015.

CAMBRAIA, F.B.; SAURIN, T.; FORMOSO, C. T. Identification, analysis and dissemination of information on near misses: a case study in the construction industry. **Safety Science**, v.48, p.91-99, 2010.

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.

CIVIL AVIATION AUTHORITY (CAA) (2015). Cap 722 - Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace – **Guidance**. 6ª edition, March, 2015.

DIAS, L. A. **Inspecting occupational safety and health in the construction industry**. International Training Centre of the International Labour Organization. 2009. ISBN 978-92-9049-489-8

DINH, L. T. T.L.; PASMANN, H.; GAO, X.; MANNAN, M.S. Resilience engineering of industrial processes: principles and contributing factors. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, n. 25, p. 233-241, 2012. ISSN 0950-4230

DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL (DGAC). **Norma Técnica Aeronáutica**, DAN 151- Operaciones de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS), de 02 de Abril de 2015. 1ª ed. Santiago, Chile, 2015.

EMELIANOV, S.; BULGAKOW, A.; SAYFEDDINE, D. Aerial laser inspection of buildings facades using quadrator. **Precedia Engineering**, v.85, p 140-146, 2014.

ENSHASSI, A.; ZAITER, M. Safety in construction projects in Palestine. *In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 22, p.61-71, 2014, Oslo. **Proceedings...** Oslo: IGLC, 2014.

- ESCHMANN, C.; KUO, C. M.; KUO, C.H.; BOLLER, C. Unmanned aircraft systems for remote building inspection and monitoring. *In: 6th European workshop on structural health monitoring*. 2012. **Proceedings...**
- FAA. Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS). Advisory Circular N°107-2.2016
- FERNANDES, C. M. C. **Regulamentação da Operação de Aeronave Remotamente Pilotadas no Brasil**. 2014. 63 slides. Apresentação em Power Point. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/daneavanzi/vant-regularizacao-no-brasil-avanzi-aeronautica/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2015.
- FINNERAN, A.; GIBB, A. **W099: safety and health in construction: research roadmap report for consultation**. CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction, 2013. ISBN: 978-90-6363-078-2.
- GHEISARI, M.; ESMAEILI, B. Unmanned Aerial Systems (UAS) for construction safety applications. *In: Construction Research Congress, San Juan*, p. 2642-2650, 2016. **Proceedings...**
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GILLINS, M. N.; GILLINS, D. T.; PARRISH, C. Cost-effective bridge safety inspections using Unmanned Aircraft Systems (UAS). *In: Geotechnical and Structural Engineering Congress, Phoenix*, p. 131-140, 2016. **Proceedings...**
- GOLPARVAR-FARD, M.; PENÃ-MORA, F.; SAVARESE, S. Integrated sequential as-built and as-planned representation with D⁴AR tools in support of decision-making tasks in the AEC/FM industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 12, p 1099-1116, 2011.
- GOLPARVAR-FARD, M.; SAVARESE, S.; PENÃ-MORA, F. Interactive visual construction progress monitoring with D⁴AR-4daugmented reality- models. *In: Construction Research Congress, Seattle*, 2009.
- RAHIM, A.; HAMID, A.; MAJID, M. Z. A.; SINGH, B. Causes of accidents at construction sites. **Malaysian Journal of Civil Engineering**, v. 2, p.242 – 259, 2008.
- HAN, S.; PENÃ-MORA, F.; GOLPARVAR-FARD, M.; ROH, S. Application of a visualization technique for safety management. **Computing in Civil Engineering**, 2009.
- HERRMANN, M. Unmanned aerial vehicles in construction: an overview of current and proposed rules. *In: Construction Research Congress, San Juan*, p. 588-596, 2016. **Proceedings...**
- HINZE, J. Construction Safety. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1997.

- HORA, H. R. M.; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. **Produto & Produção**, vol. 11, n. 2, p. 85 - 103, 2010.
- HUDZIETZ, B. P.; SARIPALLI, S. An Experimental Evaluation of 3D Terrain Mapping with an Autonomous Helicopter. *In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v.38, pp. 137-142, 2011, Zurich, Switzerland. **Proceedings...**
- HUGENHOLTZ, C.H.; WALKER, J.; BROWN, O.; MYSHAK,S. Earthwork Volumetrics with an Unmanned Aerial Vehicle and Softcopy Photogrammetry. **Journal of Surveying Engineering**, v.141, 2015.
- ILO-OSH. International Labour Organisation. Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems. **Guide**. Geneva: International Labour Office. 2001.
- IRIZARRY, J.; COSTA, D.B.; KIM, S. Potential applications of Unmanned Aerial systems for construction management tasks. *In: International Conference on Innovative Production and Construction (IPC)*, July, Perth, 2015a. **Proceedings...**
- 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.
- IRIZARRY,J.; COSTA,D.B.; KIM,S. Evaluation of Unmanned Aerial Systems in Construction Safety Applications: A Case Study at Unilever Manufacturing Facility in Independence, MO. **Final Report**. Atlanta: Georgia Institute of Technology, School of Building Construction.2015b.
- JANG, W.-S.; LEE, D.-L.; CHOI, J.-H. Ad-hoc performance of wireless sensor network for large civil and construction engineering applications. **Automation in Construction**. v.26, p. 32-45, 2012.
- JASELSKIN, E.; SANKAR, A.; YOUSIF, A.; CLARCK, B.; CHINTA.V. Using telepresence for real-time monitoring of construction operations. **Journal of Management in Engineering**, v.31, 2015.
- KARAN, E.; CHRISTMANN, C.; GHEISARI, M.; IRIZARRY, J.; JOHNSON, E. A comprehensive matrix of unmanned aerial systems requirements for potential applications within a department of transportation. *In: Construction Research Congress*, p. 964-973, 2014. **Proceedings...**

- KHAN, F.; ELLENBERG, A.; MAZZOTTI, M.; KONTSOS, A.; MOON, F.; PRADHAN, A.; BARTOLI, I. Investigation on bridge assessment using unmanned aerial systems. Structures Congress, p. 404-413, 2015. **Proceedings...**
- KIM, S.; IRIZARRY, J. Exploratory study on factors influencing UAS performance on highway construction projects: as the case of safety monitoring systems. *In*: Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure, Ames, 2015. **Proceedings...**
- KIM, Y.S.; OH, S.W.; CHO, K.Y.; SEO, J.W. A PDA and wireless web-integrated system for quality inspection and defect management of apartment housing projects. **Automation in Construction**. v. 17, p. 163-179, 2008.
- KUMAR, K. S.; RASHEED, A.M.; KUMAR, R.K.; GIRIDHARAN, M.; GANESH. Dhaksha, the unmanned aircraft system in its new avatar automated aerial inspection of India's tallest tower. *In*: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Rostock, 2013. **Proceedings...**
- KÜNG, O.; STRECHA, C.; FUA, P.; GURDAN, D.; ACHELNIK, M.; DOTH, K.-M.; STUMPF, J. Simplified building models extraction from ultra-light UAV imagery. *In*: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v.38, Zurich, 2011. **Proceedings...**
- LEE, U.-K.; KIM, J.-H.; CHO, H.; KANG, K.-I. Development of a mobile safety monitoring system for construction sites. **Automation in Construction**. v. 18, p. 258-264, 2009.
- 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.
- LINGARD, H. Occupational Health and Safety in the Construction Industry. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 6, p. 505-514, 2013.
- MACCOLLUM, David V. **Construction safety planning**. John Wiley & Sons, 1995.
- MARTINS, G. A.; PELISSARO, J. Sobre conceitos, definições e constructos nas ciências contábeis. **Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, v.2, n.2, p.78-84, 2005.
- METNI, N.; HAMEL, T. A UAV for bridge inspection: visual servoing control law with orientation limits. **Automation in Construction**, v. 17, n. 1, p. 3-10, 2007.
- MIGUEL, A. S. S. R. **Manual de Higiene e Segurança do Trabalho**. 11ª. ed. Potugal: Porto Editora, 2010.

MORGENTHAL, G.; HALLERMANN, N. Quality assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based visual inspection of structures, **Advances in Structural Engineering**, v. 17, n. 3, 2014.

OHSAS 18001. Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho, 2007.

PARK, C.S.; LEE, O,-S.; WANG, W A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template. **Automation in Construction**, v. 33, p. 61-71, 2013.

PROCÓPIO, C. Apostila de Segurança na Construção Civil, pág. 169, Paraná, 2010.

PURI, A. A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance.

Department of computer science and engineering, University of South Florida, 2005.

REASON, T. J. **Managing the risks of organizational accidents**. 1^a. ed. Burlington: ASHGATE, 1997.

REESE, C. D. **Accident/Incident Prevention Techniques**. Second Edition. CRC Press LLC, 2011.

REMONDINO, F.; BARAZZETTI, F.; NEX, M.; SCAIONI, M.; SARAZZI, D. UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling – Current Status and Future Perspectives. *In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v.38, pp. 25-31, 2011, Zurich, Switzerland.

Proceedings...

ROCA, D.; LAGÜELA, S.; Díaz-Vilariño, L.; ARIAS, J.A. Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building façades. **Automation in Construction**, v. 36, p. 128-135, 2013.

SAURIN, T. A. FORMOSO, C.T.; CAMBRAIA, F.B.; HOWELL, G. A cognitive systems engineering perspective of construction safety. *In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 13, 2005, Sydney. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; CAMBRAIA, F. B. Towards a common language between Lean production and safety management. *In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 14, p.483-495, 2006, Santiago.

Proceedings... Santiago: IGLC, 2006.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; GUIMARÃES, L. B. M. Segurança e produção: um modelo para o planejamento e controle integrado. **Revista Produção**, v. 12, n. 1, 2002.

- SAURIN, T. A.; SANCHES, R. C. Lean construction and resilience engineering: complementary perspectives of variability. *In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 22, p.61-71, 2014, Oslo. **Proceedings...** Oslo: IGLC, 2014.
- SCHAFER, D.; ABDELHAMID, T.S.; MITROPOULOS,P.; HOWELL, G.A. Resilience engineering: a new paradigm for safety in lean construction systems. *In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 16, p. 723-734, 2008, Manchester. **Proceedings...** Manchester: IGLC, 2008.
- SCHREIBER, L; OSTIARI, E. Game of drones: do civilian applications harbour opportunities for sustainable development? **Mirova**, 2014. Disponível em: <http://www.mirova.com/Content/Documents/Mirova/publications/va/studies/MIROVA_Study_Game_of_drones_EN.pdf>
- SESI. Serviço Social da Indústria. Departamento Nacional. **Manual técnico e de gestão**. Brasília: SESI/DN, 2015.
- SHRESTHA, P. P.; YFANTIS, E. A.; SHRESTHA, K. Construction safety visualization. *In: Proceedings of the 4th International Multi-Conference on Engineering and Technological Innovation (IMETI'11)*. 2011. p. 243-248. **Proceedings...**
- SIEBERT, S; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**, v.41, p. 1-14, 2014.
- TEIZER, J. 3D Range Imaging Camera Sensing For Active Safety In Construction. **Journal of Information Technology in Construction**, v.13, 2008.
- THEMISTOCLEOUS, K; NEOCLEOUS K; PILAKOUTAS, K; HADJIMITSIS, D.G. Damage assessment using advanced non-intrusive inspection methods: Integration of Space, UAV, GPR and Field Spectroscopy. *In: International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment*, 2, 2014. **Proceedings...**
- TOOLE, M.T. Construction Site Safety Roles. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 3, 2002.
- TOROK, M.M.; GOLVARPAR-FARD, M.; KOCHERSBERGER, K.B. Image-Based Automated 3D Crack Detection for Post-disaster Building Assessment. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 28, n.5, 2014.

- VAN AKEN, J.; BERENDS, H.; BIJ, H. V.D. **Problems Solving in Organizations: a Methodological Handbook for Business and Management Students**. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 2012.
- WEFELSCHEID, C.; HÄNSCH, R.; HELLWICH, O. Three-dimensional building reconstruction using images obtained by unmanned aerial vehicle. *In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v.38, 2011, Zurich, Switzerland. **Proceedings...**
- WEHBE, F.; HATTAB, M.; HAMZEH, F. Exploring associations between resilience and construction safety performance in safety networks. **Safety Science**, n. 82, p. 338–351, 2016.
- WEN, M.-C.; KANG, S.-C. Augmented reality and unmanned aerial vehicle assist in construction management. *In: International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. Orlando, p. 1570-1577, 2014. **Proceedings...**
- WOODCOCK, K. Model of safety inspection. *Safety Science*, v. 62, p. 145-156, 2014.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre-RS: Bookman, 2001.
- ZHANG, C. Development of a UAV-based remote sensing system for unpaved road condition assessment. *In: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference*, Portland, Oregon, 2008. **Proceedings...**

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e
Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das
Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Aplicação de VANT para a Construção Civil: Estudo Exploratório

Informações do Projeto

1.1. Nome do Projeto: _____

1.2. Localização do Projeto (Endereço): _____

1.3. Tipo de Projeto/ Principal uso:

Comercial

Industrial

Governamental

Estabelecimento de Saúde

Residencial

Acadêmico

Outros: _____

1.4. Tipo de Construção:

Construção Nova

Reforma / Renovação

Ampliação

Outros: _____

1.5. Duração do Projeto: _____

1.6. Data de início do contrato (mês/ano): _____

1.7. Data de conclusão do contrato (mês/ano): _____

1.8. Data estimada de conclusão (mês/ano): _____

1.9. Porcentagem concluída do projeto (%): _____

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Escola Politécnica - Departamento de Construções e
 Estruturas
 Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das
 Construções (GETEC)
 Parceria: Georgia Institute of Technology



Georgia
Tech

Aplicação de VANT para a Construção Civil: Estudo Exploratório

1.10. Tamanho da área do projeto (metro quadrado): _____

1.11. Tamanho da construção (Andares): _____

1.12. Tamanho da construção (metro quadrado): _____

1.13. Número de trabalhadores no local, incluindo terceirizados e gestores: _____

1.14. Valor do projeto (orçamento) em reais: _____

1.15. Informações da Construtora:

1.15.1. Nome para contato: _____

1.15.2. Endereço de e-mail: _____

1.15.3. Número de telefone: _____

Plano de Voo

***Descrição dos pontos de interesse** (certifique-se de que todos estão dentro da Linha de Visada Visual. Caso não estejam, planeje mais de um local para decolagem e pouso e registre em folha separada. Também indique os pontos na planta do local):

Local de Decolagem:

Local de Aterrissagem:

Registros Visuais:

() Vídeos () Fotos

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Escola Politécnica - Departamento de Construções e
 Estruturas
 Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das
 Construções (GETEC)
 Parceria: Georgia Institute of Technology



Aplicação de VANT para a Construção Civil: Estudo Exploratório

Modelo 3D para todos os pontos de interesse:

Sim Não. Quais: _____

Lista de tipos de obstáculos (medidas de segurança deverão ser incluídas no plano de voo)

- Gruas e guindastes
 Trabalhadores
 Equipamentos
 Árvores
 Torres de telecomunicação
 Postes de luz
 Outros: _____

*O Plano de Voo será desenvolvido com base nas informações coletadas.

Informações adicionais / Comentários

Itens adicionais/ práticas que devem ser inspecionadas (revisões da empresa referentes ao Checklist desenvolvido)

APÊNDICE 2: CHECKLIST PARA MISSÃO

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Checklist para Missão com Modelo Específico de VANT e Cadastro de Dados do Voo (DJI Phantom 3)

Cadastro de Dados do Voo	Voo		
	Bateria 1	Bateria 2	Bateria 3
Data			
Localização			
Ponto de decolagem/pouso			
Condições climáticas			
Horário de início			
Horário de término			
Duração de voo (min)			
Número de imagens obtidas			
Número de vídeos obtidos			

Itens do Checklist para Missão com VANT	Voo Checado	Comentários
A) Checklist de Pré-voo		
1. Retirar controle remoto da caixa	<input type="checkbox"/>	
2. Ligar roteador (tablet ou celular)	<input type="checkbox"/>	
3. Ligar controle remoto	<input type="checkbox"/>	
4. Levantar antenas	<input type="checkbox"/>	
5. Conectar cabo USB		
6. Retirar VANT da caixa	<input type="checkbox"/>	
7. Encaixar hélices		
8. Remover proteção da câmera	<input type="checkbox"/>	
9. Checar encaixe das hélices		
10. Inserir bateria do VANT	<input type="checkbox"/>	
11. Ligar bateria do VANT	<input type="checkbox"/>	
12. Colocar o VANT em lugar aberto e seguro para a decolagem e para que ele possa retomar a localização se a função "return to home" for acionada	<input type="checkbox"/>	
13. Ligar aplicativo de controle (DJI go)	<input type="checkbox"/>	

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
 Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
 Parceria: Georgia Institute of Technology




Itens do Checklist para Missão com VANT	Voo Checado	Comentários		
14. Verificar visualização da câmera	<input type="checkbox"/>			
15. Verificar conexão de satélite (número)	<input type="checkbox"/>			
16. Verificar níveis de bateria para um voo seguro (bateria do VANT, do roteador e do controle remoto) (%)	<input type="checkbox"/>			
17. Verificar a indicação de "safe to fly" no aplicativo de controle	<input type="checkbox"/>			
18. Observador preparado para iniciar o voo	<input type="checkbox"/>			
19. Decolar	<input type="checkbox"/>			
B) Checklist após Decolagem				
1. Planar o VANT a aproximadamente 3 m (10 feet) acima do chão e confirmar se ele está sob controle	<input type="checkbox"/>			
2. Verificar se todos os comandos de direcionamento estão operando corretamente enquanto o VANT plana	<input type="checkbox"/>			
C) Checklist de pré-pouso				
	Bateria 1	Comentários	Bateria 2	Comentários
1. Verificar visualização da câmera	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
2. Parar gravação de vídeo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
3. Pousar em local aberto e seguro	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
D) Checklist após pouso – Retomando o voo imediatamente				
	Bateria 2	Comentários	Bateria3	Comentários
1. Desligar VANT				
2. Trocar a bateria que está no VANT por outra carregada	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
3. Ligar nova bateria				
4. Verificar a conexão do aplicativo de controle com a câmera	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
5. Verificar conexão de satélite (número)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
6. Verificar níveis de bateria para um voo seguro (bateria do VANT, do roteador e do controle remoto) (%)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
7. Verificar a indicação de "safe to fly" no aplicativo de controle	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
8. Iniciar gravação de vídeo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
9. Observador preparado para retomar o voo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

2

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Itens do Checklist para Missão com VANT	Voo		Comentários	
	Checado			
10. Decolar	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
11. Planar o VANT a aproximadamente 3 m (10 feet) acima do chão e confirmar se ele está sob controle	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
12. Verificar se todos os comandos de direcionamento estão operando corretamente enquanto o VANT plana	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

E) Checklist para Fim da Missão

1. Verificar visualização da câmera	<input type="checkbox"/>	
2. Pousar em local aberto e seguro	<input type="checkbox"/>	
3. Desligar bateria do VANT	<input type="checkbox"/>	
4. Desligar controle remoto	<input type="checkbox"/>	
5. Desligar roteador (tablet ou celular)	<input type="checkbox"/>	
6. Remover bateria do VANT	<input type="checkbox"/>	
7. Remover hélices	<input type="checkbox"/>	
8. Colocar proteção da câmera		
9. Guardar VANT na caixa	<input type="checkbox"/>	
10. Guardar Controle remoto e roteador na Caixa	<input type="checkbox"/>	

Informações Adicionais / Comentários (aspectos gerais da decolagem, trajetória de voo e local de pouso, se possível)

APÊNDICE 3: CHECKLIST DE SEGURANÇA SEGUNDO TIPOS DE CAPTURA

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Checklist de Segurança segundo Tipos de Capturas (3 tipos de capturas)

Descrição do item do Checklist	Visível na captura (Este item é observado nas imagens?)			Comentários	
	Sim	Não	Não se aplica		
<p>1. Tipo de Captura # 1. Visualização geral (Overview) – Decolagem e subida até uma altitude elevada (abaixo de 120 m – 400 feet), para visualização da organização geral e limpeza do canteiro.</p> <p>O VANT alcançará uma altitude onde seja possível ver nas imagens grandes áreas do canteiro de obras. Dependendo da localização da área observada, várias imagens podem ser necessárias. Isto fornecerá uma visão geral do canteiro e de seu entorno. Entre os itens que podem ser analisados, através dos recursos visuais obtidos a partir destes pontos de visualização, estão incluídos:</p>					
1.1	Áreas de estacionamento para funcionários e visitantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2	Tapume ao longo do perímetro do canteiro (posicionados adequadamente e em bom estado de conservação)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3	Principais entradas e rotas de acesso externo ao canteiro (para veículos, equipamentos e pessoas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4	Existência de vigilância nos portões de entrada (guarita, portaria, seguranças)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.5	Rotas para trânsito de equipamentos, materiais e pessoas dentro do canteiro (deverão estar limpas e desobstruídas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.6	Área para estoque/armazenamento de materiais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.7	Banheiros químicos e/ou instalações sanitárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.8	Central de aço com cobertura adequada que proteja contra queda de materiais e intempéries	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.9	Carpintaria com cobertura adequada que proteja contra queda de materiais e intempéries	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.10	Resíduos depositados em local adequado, de forma a não prejudicar a segurança e circulação de materiais, pessoas e equipamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.11	Resíduos protegidos da chuva ou cobertos por lona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>2. Tipo de Captura # 2. Visualização de Altitudes Intermediárias (Medium altitude view) – Posicionamento do VANT em altitudes intermediárias e filmagem de estruturas ou de pontos de interesse. A altitude de voo depende da altura das estruturas e dos pontos de interesse (sempre abaixo dos 120m – 400 feet)</p> <p>O VANT subirá ou descerá para filmar as fachadas das estruturas e a área do canteiro em torno das mesmas, ou locais de interesse que sejam possíveis de ver à uma altitude média, coletando recursos visuais para serem avaliadas as condições de segurança aplicadas.</p>					

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Descrição do item do Checklist	Visível na captura (Este item é observado nas imagens?)			Comentários	
	Sim	Não	Não se aplica		
2.1	Plataforma de proteção (bandejas) instalada em toda a periferia da edificação, isentas de sobrecarga não previstas (sujeiras, entulhos, pessoas, equipamentos, ferramentas) e com forração do piso completa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.2	Escadas de uso coletivo, rampas e passarelas são dotadas de corrimão e rodapé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.3	Existem coberturas de proteção sobre plataformas, passarelas e elevadores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.4	Acesso às escadas, rampas, passarelas, plataformas e elevadores livres de obstrução (entulhos, materiais, equipamentos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.5	A remoção/transporte dos entulhos, por gravidade, é feito através de calhas fechadas de material resistente, fixadas à edificação em todos os pavimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.6	No ponto de descarga da calha para remoção/transporte dos entulhos existe dispositivo de fechamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tipo de Captura # 3. Visualização aproximada por tipo de serviço (Close up view) – Aproximação das estruturas de projeto ou de outros pontos de interesse do local, por tipo específico de serviço ou atividade.					
3.	O VANT poderá se aproximar das estruturas de projeto ou de outros pontos de interesse e ser capaz de inspecionar as condições de execução de alguns serviços ou atividades. A distância mantida entre o VANT e os pontos de interesse será escolhida de forma a minimizar as interferências com as operações e garantir condições adequadas de segurança aos trabalhadores e ao equipamento.				
3.1 Cobertura					
3.1.1	Os trabalhadores que se encontram na cobertura (ou último pavimento construído) estão usando equipamentos de proteção (capacete, botas e uniforme adequado)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.1.2	Os trabalhadores que se encontram na cobertura (ou último pavimento construído) estão protegidos contra queda (dispositivo trava-queda com cinto de segurança tipo pára-queda ligado a cabo-guia)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.1.3	Guarda-corpo de segurança e tela de proteção na cobertura (ou último pavimento construído)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2 Concretagem e Alvenaria					
3.2.1	As baias para areia, brita e argamassa têm contenção em três lados e estão protegidas da chuva ou são cobertas com lona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Georgia
Tech

Descrição do item do Checklist		Visível na captura (Este item é observado nas imagens?)			Comentários
		Sim	Não	Não se aplica	
3.2.2	As baias para areia, brita e argamassa estão próximas da betoneira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.3	A betoneira está próxima do guincho e em local visível	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.4	O local de armazenamento das barras ou telas de aço é protegido da chuva ou tem cobertura com lona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.5	O estoque de blocos (cerâmicos ou concreto) está em local protegido da chuva ou tem cobertura com lona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.6	O estoque de blocos (cerâmicos ou concreto) está próximo do guincho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.7	Os trabalhadores expostos ao manuseio com formas, vergalhões de aço, que estão participando do serviço de concretagem, ou levante de alvenaria estão utilizando equipamentos de proteção (capacete, botas e uniforme adequado)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.8	Os trabalhadores expostos ao manuseio com formas, vergalhões de aço, que estão participando do serviço de concretagem, ou levante de alvenaria externa estão protegidos contra queda (sistema trava-queda, guarda-corpo de segurança e tela de proteção)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.9	Há proteção para pontas verticais de vergalhões de aço expostas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2.10	Durante a desforma são viabilizados meios que impeçam a queda livre de seções de formas e escoramentos, sendo realizada a amarração das peças e o isolamento e sinalização ao nível do terreno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3 Operação de equipamentos					
3.3.1	Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga (transporte e circulação de materiais, perfis, barras, vigas e elementos estruturais) sendo proibida a circulação ou permanência de pessoas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3.2	Isolamento e delimitação das áreas de carga e descarga de materiais por grua, guincho ou guindaste, somente sendo permitido o acesso às mesmas ao pessoal envolvido na operação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3.3	Isolamento das áreas acessíveis dentro do raio de movimentação da superestrutura de rotação de equipamentos pesados (ex: gruas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3.4	Equipamentos pesados calçados (estabilizadores)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3.5	Cargas em içamento travadas/fixadas e protegidas de quedas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3.6	Cabine de controle e operação de máquinas e equipamentos fechadas de modo a proteger o operador contra queda de materiais e intempéries	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Escola Politécnica - Departamento de Construções e
 Estruturas
 Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das
 Construções (GETEC)
 Parceria: Georgia Institute of Technology



Descrição do item do Checklist	Visível na captura (Este item é observado nas imagens?)			Comentários
	Sim	Não	Não se aplica	
3.3.7	A manutenção e abastecimento (para motores movidos a combustível) de máquinas e equipamentos são realizados em área isolada e apropriada, garantindo a segurança da operação			
3.4	Fachada			
3.4.1	Os andaimes suspenso ou balancim e/ou cadeiras suspensas (balancim individual) devem estar nivelada das			
3.4.2	Os andaimes suspenso ou balancim e/ou cadeiras suspensas (balancim individual) devem possuir sistema de sustentação adequado (contrapeso e ancoragem)			
3.4.3	Os trabalhadores que se encontram na fachada estão usando equipamentos de proteção (capacete, botas, uniforme adequado, luvas, óculos e sistema trava-queda para serviço em altura)			
3.4.4	Andaimes com o piso de trabalho com forração completa, nivelado e travado na estrutura.			
3.4.5	Andaimes com sistema de segurança adequado quanto ao risco de queda de trabalhadores (sistema trava-queda, guarda-corpo, rodapé)			
3.4.6	As plataformas de trabalho aéreo elevatória (PTA) devem possuir guarda-corpo e rodapé			
3.4.7	A área de operação da PTA estão delimitada e sinalizada, de forma a impedir a circulação de trabalhadores			
3.4.8	Os trabalhadores que estiverem trabalhando no equipamento (PTA e andaimes) estão usando equipamentos de proteção (capacete, botas, uniforme adequado, luvas, óculos e sistema trava-queda para serviço em altura)			

APÊNDICE 4: CHECKLIST DE SEGURANÇA SEGUNDO TIPOS DE CAPTURA - VERSÃO CAMPO

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology




Checklist de Segurança segundo Tipos de Capturas (coleta de dados em campo)

Descrição do item	Item Visualizado		Comentários
	Sim	Não se aplica	
Tipo de Captura # 1. Visualização geral (Overview) – Visualização da organização geral e limpeza do canteiro.			
Áreas de estacionamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Perímetro do canteiro (tapumes)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Principais entradas e rotas de acesso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Área para estoque/armazenamento de materiais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Banheiros químicos e/ou instalações sanitárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Central de aço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Carpintaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Deposito de Resíduos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tipo de Captura# 2. Visualização de Altitudes Intermediárias (Medium Altitude View)			
Trabalhadores utilizando EPI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Guarda-corpos de segurança, tela de proteção, corrimãos e rodapés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Plataforma de proteção (bandeja salva-vidas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Escadas, rampas e passarelas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Calhas fechadas para entulhos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Plataformas de trabalho aéreo e/ou cadeiras suspensas (balancim individual e fixação).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Andaimés (diferentes vistas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tipo de Captura# 3. Visualização aproximada por tipo de serviço (Close upview)			
Cobertura e Impermeabilização			
Sinalização de advertência e isolamento da área	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os trabalhadores estão utilizando EPI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Guarda-corpo de segurança e tela de proteção na cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Concretagem e Alvenaria			
As baias para areia, brita	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Betoneira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Guincho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
O local de armazenamento das barras de aço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
O estoque de tijolos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os trabalhadores estão utilizando EPI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Escola Politécnica - Departamento de Construções e
 Estruturas
 Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das
 Construções (GETEC)
 Parceria: Georgia Institute of Technology



Descrição do item	Item Visualizado		Comentários
	Sim	Não se aplica	
Proteção para pontas verticais de vergalhões de aço expostas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sinalização e isolamento da área	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Proteção coletiva (linha de vida)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Escavação e Fundação			
Escoramento do perímetro da escavação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sinalização e isolamento da área	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Escadas ou rampas de acesso para serviços de escavação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Operação de equipamentos			
Grua, guincho ou guindaste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sinalização de tráfego	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Áreas de carga e descarga de grua, guincho ou guindaste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Equipamentos pesados calçados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cabine de controle e operação de máquinas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
As rampas de acesso à torre do guincho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Os trabalhadores estão utilizando EPI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Área de abastecimento de máquinas e equipamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

APÊNDICE 5: ROTEIRO DA ENTREVISTA COM ENVOLVIDOS NO PROJETO

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Entrevista - Utilidade, desempenho e identificação dos riscos

Essa entrevista tem por objetivo analisar a utilidade dos ativos visuais coletados por meio do VANT, quanto ao atendimento das necessidades de informações para as tomadas de decisões, baseado na percepção e opinião dos envolvidos no projeto.

Informações Gerais

Nome do projeto: _____
Nome: _____
Formação: _____
Função: _____
Tempo de experiência no cargo atual: _____

Utilidade dos ativos em canteiro para a tomada de decisão

1. Os ativos coletados atenderam as necessidades de informações para auxiliar no processo de tomada de decisão?
2. Em algum momento, esses ativos foram utilizados para tomada de decisão? Se sim, quais foram essas decisões? Se não, quais as principais justificativas para o não uso dos ativos?
3. Existe alguma informação que você gostaria de extrair dos ativos visuais, que não foi possível visualizar?
4. Existe algum problema que foi possível visualizar através dos ativos visuais, que não tinha sido identificado anteriormente, ou então algum problema que se conhecia, mas não se tinha noção da sua abrangência?
5. Quais as principais barreiras e benefícios para a incorporação do VANT no sistema de monitoramento de segurança?

Nível de desempenho e identificação dos riscos

Indique, de acordo com a sua percepção, o nível de desempenho do equipamento para os diferentes itens apresentados abaixo, classificados em: Facilidade de operação do sistema (aeronave, controle remoto)

- | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 () | 2 () | 3 () | 4 () | 5 () |
| • Interferência nas atividades desenvolvidas na obra (paralisação de atividades, equipamentos e pessoas) | 1 () | 2 () | 3 () | 4 () | 5 () |
| • Aceitação dos intervenientes, quanto à invasão de privacidade dos trabalhadores. | 1 () | 2 () | 3 () | 4 () | 5 () |
| • Risco de colisão e queda durante o voo em canteiro | 1 () | 2 () | 3 () | 4 () | 5 () |

APÊNDICE 6: ROTEIRO DE ENTREVISTA COM COLABORADORES

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Escola Politécnica - Departamento de Construções e Estruturas
Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)
Parceria: Georgia Institute of Technology



Entrevista com colaboradores

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a percepção do usuário sobre questões relacionadas a privacidade e riscos do uso de VANT em canteiro de obras.

Informações específicas

Indique, de acordo com suas percepções, questões relacionadas com a privacidade no uso de VANT e riscos associados ao uso da tecnologia em canteiro de obras.

Função: _____ Local de execução do serviço: _____	Você conhece ou já ouviu falar de drones antes? Sim () Não()
	Durante o voo do drone, qual foi o grau de invasão de privacidade que você sentiu? 1 – Muito Baixo; 2 - Baixo; 3 - Moderado; 4 - Alto; 5 – Muito Alto.
	Durante o voo do drone, qual foi o grau de distração que você teve? 1 – Muito Baixo; 2 - Baixo; 3 - Moderado; 4 - Alto; 5 – Muito Alto.
	Durante o voo do drone, qual foi o grau de preocupação com o risco de queda da aeronave que você sentiu? 1 – Muito Baixo; 2 - Baixo; 3 - Moderado; 4 - Alto; 5 – Muito Alto

ANEXO 1: SAFETY CHECKLIST BY SNAPSHOT TYPES

Georgia Institute of Technology School of Building Construction CONECTech LAB			
Safety Checklist by Snapshot Types (4 shot types with 42 Items)			
Drone Checklist Item Descriptions	Visible in the Shot (is item observable in the image)		Comments (if not observable, is it present on site?)
	Yes	No	
Shot Type # 1. Overview - Takeoff and climb to high altitude (below 400ft per FAA) : Drone reaches altitude at which large areas of the jobsite could be seen in the shot. Depending on site area, several shots may be required. This provides an overall view of the jobsite. Items to be surveyed from visual assets obtained from this viewpoint include:			
Parking facilities for employees or visitors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Perimeter fencing (security)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Emergency evacuation routes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
State of all equipment, material, and personnel traffic routes (should be clear)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Neatness of worksite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Exterior waste containers provided	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Erosion control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tool storage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Material laydown areas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Portable sanitary facilities	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Location of pedestrian and worker jobsite access	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Shot Type # 2. Medium altitude views - Climb or Descend to medium altitude and film structures or points of interest. The flight altitude depends on the height of structures and points of interest (always below 400ft per FAA) : Drone climbs or descends and films structures or locations of interest on the project site and collect visual assets to evaluate applicable safety conditions.			
Workers wearing hard-hats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Workers wearing protective equipment (face, hearing, noise, hand and foot)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Guardrails, intermediate rails, and toe boards are in place	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Workers protected from falling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Are exposed workers on ramps or runways protected by guardrails, safety nets or personal fall arrest systems?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Are exposed workers working on the face of formwork or reinforcing steel protected by fall arrest systems, safety nets, or positioning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Georgia Institute of Technology School of Building Construction CONNECTech LAB		Georgia Tech 	
device systems?			
Are exposed pieces of reinforcing steel capped when required?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Are workers exposed to falling through holes protected by fall arrest systems, guardrails, nets or covers?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Safety nets or planked floors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>Shot Type # 3. Close up view – Approach project structures or other points of interest on site for a close up view</p> <p>: Drone can approach project structures or other points of interest and be able to inspect the condition of temporary structures and other objects (i.e. scaffolding and, shoring). Distance to points of interest would be selected to minimize interference with operations and ensure safety of workers.</p>			
Scaffolding is plumb and square, and with cross bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Scaffolding tied to structure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Scaffoldings erected on solid footing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Working areas free of debris or grease, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Fall protection PPE for steel erection in use	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Floor openings covered or barricaded when required	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Taglines for controlling loads in use?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Concrete forms installed and braced	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Shoring, plumbed, and cross-braced	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>Shot Type # 4. Close up view of overall site operations – Climb or descend to required altitude to observe specific items related to overall site operations. (The flight altitude depends on items to be observed (i.e. signs, material or equipment) (13 items)</p> <p>: Drone can monitor other specific issues such as small signs, flagpersons, material and equipment including heavy equipment.</p>			
Emergency shower facility on the site	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Flagger use for signaling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
All traffic control signs or devices for workers' protection	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
All materials secured to prevent sliding, falling, or collapse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Hydrants clear, access to public thoroughfare open	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Are accessible areas within the swing radius	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Georgia Institute of Technology School of Building Construction <u>CONECTech</u> LAB		Georgia Tech 	
of the rear-rotating superstructure of the crane barricaded?			
Outriggers used	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Are overhead protective coverings provided on top of hoist cages or platforms?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Where conveyors pass over areas or aisles, have guards been provided to protect employees from falling materials?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ladders provided for excavation work	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Excavation barricaded	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Equipment ramps are adequate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Underground utility installation identified	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	