

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Avaliação do potencial da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados na investigação de acidentes de viação

- Versão Final –

*Tese de Doutoramento em
Informática*

JOSÉ MANUEL CARVALHO DE SOUSA

Orientação: Professor Doutor Joaquim João Moreira de Sousa

Coorientação: Professor Doutor Emanuel Soares Peres Correia



Vila Real, 2017

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Avaliação do potencial da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados na investigação de acidentes de viação

*Tese de Doutoramento em
Informática*

JOSÉ MANUEL CARVALHO DE SOUSA

Orientação: Professor Doutor Joaquim João Moreira de Sousa

Coorientação: Professor Doutor Emanuel Soares Peres Correia

Composição do Júri:

Professor Doutor José Alberto Álvares Pereira Gonçalves (Universidade do Porto)

Professor Doutor João Eduardo Quintela Alves de Sousa Varajão (Universidade do Minho)

Professor Doutor Joaquim João Moreira de Sousa (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)

Professor Doutor António Manuel Ribeiro de Sousa (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)

Professor Doutor José Boaventura Ribeiro da Cunha – Presidente do Júri (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Departamento de Engenharias

Vila Real, 2017

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Avaliação do potencial da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados na investigação de acidentes de viação

Tese de Doutoramento

JOSÉ MANUEL CARVALHO DE SOUSA

Esta tese foi submetida para o cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Informática.

Este trabalho de doutoramento foi realizado no Departamento de Engenharias da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, sob a orientação do Professor Doutor Joaquim João Sousa e Coorientação do Professor Doutor Emanuel Peres.

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Departamento de Engenharias

Vila Real, 2017

Às mulheres da minha vida!

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Agradecimentos

Esta tese é um produto resultante de um trabalho desenvolvido no âmbito do Curso de Doutoramento em Informática da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Um trabalho destes é, sem dúvida alguma, o resultado do trabalho esforço e da dedicação não só do seu autor, mas também de todas as pessoas que o apoiaram materialmente e, sobretudo, cientificamente. Só dessa forma foi possível atingir os objetivos inicialmente propostos.

Assim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização e finalização deste trabalho, deixo os meus mais sinceros agradecimentos, pois sem o seu apoio, contributo e amizade a tarefa teria sido ainda mais complicada.

Dessa forma, manifesto nalgumas palavras a minha sincera gratidão a todos os que, a nível profissional e pessoal, me ajudaram a concretizar esta etapa académica, transmitindo ainda toda a confiança para que esta tese fosse possível.

À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro agradeço a disponibilização de condições para a realização deste Doutoramento, concluindo mais um etapa da minha formação académica.

Ao Presidente da Escola de Ciências e Tecnologia, Professor Doutor José Boaventura Ribeiro da Cunha, agradeço as facilidades concedidas para a realização deste trabalho.

Aos meus orientadores e amigos, Professor Doutor Joaquim João Moreira de Sousa e Professor Doutor Emanuel Soares Peres Correia, pela forma incansável e inextinguível como me orientaram, pelo entusiasmo e motivação, pela orientação científica, pela dedicação incondicional à elaboração deste trabalho e pela genuína afetividade. Agradeço, ainda, todo o apoio prestado, pelos conselhos, pelas sugestões e compreensão demonstrada, por acreditarem em mim, me mostrarem o caminho da ciência, por serem exemplos de profissionalismo, competência, dedicação e paciência contribuírem para o meu crescimento profissional e por serem também um exemplo a ser seguido e por me terem dado a possibilidade de ser seu orientando. É uma honra e um privilégio tê-los ao meu lado como amigos e orientadores, sem eles este percurso não era possível.

Aos docentes do Curso de Doutoramento em Informática da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, pelo conhecimento transmitido.

Ao Comando Distrital da Polícia de Segurança Pública de Vila Real, na pessoa do Sr. Comissário João Martins, por todo o apoio, disponibilidade e colaboração no nosso projeto.

Aos Bolseiros de Investigação, Luís Pádua, Telmo Adão, Jonas Hruska e Jakub Vanko, pelos fundamentais apoio e colaboração na execução deste trabalho.

Aos alunos de Comunicação e Multimédia que me ajudam todos os dias a crescer a nível pessoal e profissional.

À Ana Rosa pelo suporte, carinho, incentivo e companheirismo durante todos estes anos, tornando-se o meu norte e porto seguro.

À minha filha Cátia e ao Cristiano pelo muito carinho e incentivo.

Aos meus amigos..., pela força, apoio incondicional, carinho e amizade.

Enfim, a todos aqueles que não foram citados, mas que, direta ou indiretamente, colaboraram para que a realização deste trabalho fosse bem-sucedida, quero deixar os meus afetuosos e sinceros agradecimentos.

A participação de todos foi fundamental para a realização deste trabalho.

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Resumo

A investigação de acidentes rodoviários é um tema contemporâneo e em elevado desenvolvimento, havendo, atualmente, cada vez mais entidades privadas e públicas a investir no sentido de perceber quais as causas que envolvem o acidente, desenvolvendo novas técnicas e metodologias para a reconstituição dos eventos que o originaram. No entanto, a tarefa de recolha de dados no local do acidente não é, geralmente, focada com a mesma orientação e relevância. Assim, pretende-se atingir o fim (reconstrução do acidente), mas ainda sem ter os meios.

Investigar este tipo de acidente requer um equilíbrio entre dois requisitos fundamentais, mas concorrentes: a recolha de informação, processo minucioso e moroso, e a necessidade de reabrir, o mais rapidamente possível, a via ao tráfego, permitindo que este flua novamente.

Este documento apresenta um trabalho inovador e que pretende avaliar o potencial de um novo método de investigação de acidentes de viação, baseado na utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT, também conhecidos por UAV ou *drones*) de pequenas dimensões e de baixo peso. O trabalho foi desenvolvido em colaboração com a Polícia de Segurança Pública (PSP), Comando Distrital de Vila Real e apresenta uma solução completa, concebida para recolher as informações/indícios no local do acidente. Esta nova metodologia de obtenção de informação no local do acidente, suportada na utilização de *drones*, constituirá uma peça fundamental na futura metodologia de reconstrução e medição de acidentes de viação, sendo mais rápida, rigorosa e segura, sendo integrada numa aplicação informática capaz de gerar modelos tridimensionais do acidente e da área envolvente, permitindo, desta forma, obter todas as medições necessárias *a posteriori* e restringindo o processo de recolha de informações de campo a alguns minutos. O sistema proposto oferece, por isso, uma gama de ferramentas, com base em imagens aéreas, possibilitando, às equipas de investigação, os meios de recolha de indícios (provas) necessários para reduzir o tempo e os recursos alocados ao processo de levantamento e de recolha de informação.

O reconhecimento deste trabalho surgiu quando, no primeiro trimestre deste ano, fomos contactados pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) a fim de realizarmos uma apresentação para a ANSR, a Guarda Nacional Republicana (GNR) e a PSP. As três ins-

tuições estiveram representadas ao mais alto nível na UTAD e como resultado surgiu o acordo de, até ao final do ano, formarmos três equipas da GNR e outras três da PSP, para que possam aplicar a metodologia apresentada neste documento.

Palavras-chave: Acidentes rodoviários; VANT; *drones*, UAV, Recolha de Informação, Reconstrução 3D.

Abstract

Traffic collisions' investigation is a contemporary and under high development issue, with more private and public entities investing in the sense of perceiving an accident's causes and developing new techniques and methodologies for reconstituting the events which caused it. However, the task of collecting data at the crash site is not usually focused with the same orientation and relevance, i.e. it is intended to achieve the end (accident's reconstruction), but still without the means.

To research this type of accidents requires a balance between two fundamental but competing requirements: the collection of information, which is a time-consuming and pains-taking process, and the need to reopen the road to traffic as quickly as possible, allowing it to flow again.

This document presents an innovative work that intends to evaluate the potential of a new method to investigate traffic collisions based on the use of small light weighted Unmanned Aerial Vehicles (UAVs, also known as drones). The work was developed with the Portuguese Public Security Police (PSP), District Command of Vila Real, and presents a complete solution, designed to reconstruct and measure traffic collisions. It originates a new method – faster, accurate and secure - for traffic collisions' investigation and reconstruction, consisting of a computer application capable of generating three-dimensional models of the accident and the surrounding area. As such, it allows obtaining all necessary measurements later, restricting the process of gathering field information to a few minutes.

In the first quarter of this year, the contact of the National Authority for the Road Safety (ANSR) represented the recognition of this work. A public presentation of the project was performed for GNR and PSP that were represented at a high level. As a consequence of this presentation an agreement was set to form, until the end of 2017, 3 GNR teams and 3 PSP teams, so that they can apply our methodology.

Key-words: Traffic collision; UAV, drone, evidence gathering; 3D reconstruction

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Índice de Conteúdo

| | |
|---|--------------|
| Agradecimentos | viii |
| Resumo | xi |
| Abstract | xiii |
| Índice de Figuras | xvii |
| Índice de Tabelas..... | xxiii |
| Capítulo 1 Introdução | 1 |
| 1.1 <i>Enquadramento</i> | 5 |
| 1.2 <i>Motivação</i> | 6 |
| 1.3 <i>Objetivos e principais contributos</i> | 7 |
| 1.4 <i>Metodologia</i> | 9 |
| 1.5 <i>Estrutura do documento</i> | 11 |
| Capítulo 2 Reconstrução e investigação de acidentes rodoviários..... | 13 |
| 2.1 <i>Introdução</i> | 14 |
| 2.2 <i>O Método Atual</i> | 15 |
| 2.3 <i>Novas Tendências</i> | 23 |
| Capítulo 3 Veículos Aéreos Não Tripulados – VANT | 27 |
| 3.1 <i>Introdução</i> | 27 |
| 3.2 <i>Componentes tecnológicos dos VANT</i> | 29 |
| 3.2.1 <i>Plataformas</i> | 29 |
| 3.2.2 <i>Sensores</i> | 36 |
| 3.2.3 <i>Estação de controlo</i> | 38 |
| 3.3 <i>(Potenciais) Benefícios da utilização dos VANT para as forças de segurança</i> ... | 40 |
| 3.4 <i>Limitações (atuais) dos VANT</i> | 41 |
| 3.5 <i>Enquadramento legislativo</i> | 42 |
| 3.6 <i>A evolução do mercado</i> | 44 |
| 3.7 <i>Seleção do VANT para a realização deste estudo</i> | 45 |

| | | |
|---|--|------------|
| Capítulo 4 | Proposta de nova metodologia para Investigação de Acidentes rodoviários | 47 |
| 4.1 | <i>Metodologia proposta</i> | 48 |
| 4.1.1 | Planeamento do voo..... | 49 |
| 4.1.2 | Aquisição das imagens | 49 |
| 4.1.3 | Processamento | 50 |
| 4.2 | <i>Estudos/trabalhos semelhantes</i> | 55 |
| 4.3 | <i>Definição de alguns conceitos importantes</i> | 59 |
| Capítulo 5 | Resultados Experimentais..... | 65 |
| 5.1 | <i>Cenário 1: o caso ideal</i> | 68 |
| 5.1.1 | Determinação da altura de voo e do ângulo da câmara ideais..... | 69 |
| 5.1.2 | Comparação entre UAV e os métodos clássicos | 73 |
| 5.1.3 | Simulação de obstáculos..... | 76 |
| 5.2 | <i>Testes com obstáculos em cenários reais.....</i> | 78 |
| 5.2.1 | Teste 1: Existência de postes e de cabos elétricos/comunicações | 78 |
| 5.2.2 | Teste 2: Cenário com presença de árvores de grandes dimensões | 79 |
| 5.2.3 | Teste 3: Vegetação densa (recurso a imagens com drone e smartphone)..... | 81 |
| 5.2.4 | Teste 4: Presença de edifícios..... | 84 |
| 5.2.5 | Teste 5: Situação extrema em que é impossível utilizar o drone..... | 86 |
| 5.3 | <i>Testes noturnos.....</i> | 87 |
| 5.3.1 | Teste 1: Ausência total de iluminação | 88 |
| 5.4 | <i>Testes reais.....</i> | 92 |
| 5.5 | <i>Discussão dos resultados</i> | 104 |
| Capítulo 6 | Conclusões e Trabalho Futuro | 109 |
| Referências | | 117 |
| Anexo I: Participação do Acidente de Viação | | 123 |
| Anexo II: Auto do Acidente..... | | 149 |
| Anexo III: Divulgação do projeto pelos média | | 155 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 – O método das coordenadas como suporte ao registo das medições. | 3 |
| Figura 1.2 – O método da triangulação como suporte ao registo das medições. | 4 |
| Figura 1.3 – O método científico usado neste estudo (adaptado de Offermann <i>et al.</i> (2009)). | 10 |
| Figura 2.1 – O esboço ou croqui: peça desenhada que suporta o método tradicional de investigação de acidentes rodoviários. | 15 |
| Figura 2.2 – Recolha de informações no terreno por parte da brigada de acidentes da PSP. Acidente encenado. | 16 |
| Figura 2.3 – Croqui da cena do acidente realizado usando a plataforma <i>online AccidentSketch.com</i> , com base no esboço da Figura 2.1. | 17 |
| Figura 2.4 – Fluxograma com os procedimentos a executar no local do acidente [Adaptado de (Silva, 2004)]. | 22 |
| Figura 2.5 – Utilização do laser <i>scanning</i> (em cima) e da estação total (em baixo) na investigação de acidentes rodoviários (imagens retiradas de http://www.atlanticlaser-scanning.com/accident-reconstruction.html e https://store.csd-sinc.com/departments/accident-forensic-investigation-%7C01%7CCARF.html , respetivamente). | 24 |
| Figura 3.1 – Comparação das diferentes classes de VANT (segundo Polski, 2004). | 31 |
| Figura 3.2 – Alguns VANT de média dimensão utilizados em aplicações civis. Os modelos da NASA: (a) Ikhana; (b) SIERRA e; (c) Pathfinder-Plus. | 33 |
| Figura 3.3 – Alguns dos UAV de asa fixa comerciais mais populares: (a) QuestUAV Q-Pod; (b) Trimble UX5; (c) SenseFly eBee; (d) MAVinci Sirius Pro; e (e) PrecisionHawk Lancaster. A UTAD possui os modelos eBee e Lancaster. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes. | 34 |
| Figura 3.4 – Alguns dos multirrotores comerciais mais populares: (a) Topcon Falcon 8; (b) DJI Phantom 4; (c) 3DR SOLO Quadcopter; (d) SenseFly eXom; and (e) Yuneec Typhoon. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes. | 35 |
| Figura 3.5 – Alguns sensores óticos (RGB) utilizados por UAV (a) GoPro Hero 4 Black edition; (b) Canon G9X; (c) Panasonic Lumix DMC-TZ71; (d) Sony Alpha 7; e (e) Nikon D800. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes. | 36 |
| Figura 3.6 – Sensores NIR comumente utilizados por UAV: (a) Canon S110; (b) Panasonic Lumix 7; e (c) Fujifilm X-M1. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes. | 37 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.7 – Exemplos de sensores térmicos desenvolvidos para UAV: (a) Workswell WIRIS e (b) FLIR Vue. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes..... | 38 |
| Figura 3.8 – A estação de controlo terrestre (GCS) do eBee (senseFly). | 39 |
| Figura 3.9 – Destaques de incidentes recentes com <i>drones</i> | 42 |
| Figura 3.10 - O modelo de VANT utilizado neste estudo (Phantom 4 da DJI) com pormenor do <i>gimbal</i> , da câmara e do comando. As imagens foram obtidas do sítio web do fabricante. | 46 |
| Figura 4.1 – Diagrama da metodologia proposta para a investigação de acidentes de viação utilizando UAV. | 54 |
| Figura 4.2 – Imagem renderizada de uma animação desenvolvida em <i>OneRay-RT</i> (Analist Group, 2015). | 55 |
| Figura 4.3 – (Em cima): Esquema de aquisição das imagens de uma área de um acidente usando uma asa fixa; (Em baixo): Animação renderizada criada usando o 3D Studio Max (senseFly Ltd., 2015). | 56 |
| Figura 4.4 – Comparação entre a nuvem de pontos obtida com o Laser <i>scanning</i> (Esquerda) e a nuvem de pontos resultante do processamento das imagens obtidas com o <i>drone</i> (direita) (Pix4D, 2014). | 58 |
| Figura 4.5 – Relações geométricas entre a distância focal e a altura de voo. | 60 |
| Figura 4.6 – Determinação da sobreposição frontal (azimutal). | 61 |
| Figura 4.7 – A largura do sensor está orientada perpendicular à direção do voo. | 61 |
| Figura 4.8 – A largura do sensor está orientada paralelamente à direção do voo..... | 62 |
| Figura 5.1 – Versão para Android da App <i>Pix4Dcapture</i> | 66 |
| Figura 5.2 – Configurações básicas disponibilizadas pela App <i>Pix4Dcapture</i> | 67 |
| Figura 5.3 – O processo de constrangimento da escala no <i>Pix4Dmapper Pro</i> | 68 |
| Figura 5.4 - Exemplo de um plano de voo com grelha simples (em cima) e com grelha dupla (em baixo). | 70 |
| Figura 5.5 – Barras metálicas utilizadas para constrangimento da escala. | 71 |
| Figura 5.6 – O cenário de testes para a determinação da altura e do ângulo da câmara ideais. | 71 |
| Figura 5.7 – Vista aérea da experiência, com a marcação dos pontos que serviram para a comparação dos métodos. Dimensão da área ~30m × 30m. | 74 |
| Figura 5.8 – Medições de distâncias recorrendo ao recetor GNSS Topcon HiPer II..... | 74 |
| Figura 5.9 – Medições de distâncias recorrendo à estação total Topcon GPT-3005N. | 75 |
| Figura 5.10 – Nuvem de pontos densa gerada com as imagens obtidas por UAV. | 76 |
| Figura 5.11 – Nuvem densa de pontos gerada a partir das imagens obtidas por <i>smartphone</i> | 77 |

| | |
|--|----|
| Figura 5.12 – Nuvem de pontos resultante da fusão dos dois conjuntos de dados. | 77 |
| Figura 5.13 – Resultado final resultante da fusão das imagens do <i>drone</i> com as imagens do <i>smartphone</i> . (Esquerda) Modelo 3D gerado e posição das câmaras no momento da aquisição das imagens; (Direita) Ortomosaico gerado com a integração dos dois conjuntos de dados. | 77 |
| Figura 5.14 – Simulação de um acidente numa área com obstáculos aéreos (cabos elétricos).78 | |
| Figura 5.15 – Vista aérea da simulação de um acidente de viação numa área com obstáculos. Para comparação de resultados, marcaram-se, no terreno, alguns pontos (A a F)..... | 79 |
| Figura 5.16 – Simulação de um acidente em que os automóveis envolvidos estão parcialmente obstruídos por vegetação de grande porte. Novamente, para aferir o rigor das medições realizadas a partir dos produtos obtidos através das imagens obtidas pelo <i>drone</i> , foram marcados pontos no terreno (A a F). | 80 |
| Figura 5.17 – Imagem de um veículo, obtida pelo <i>drone</i> , com parte considerável do automóvel obstruída pela vegetação densa. | 81 |
| Figura 5.18 – Definição de um volume para remoção da vegetação. Os pontos a verde indicam a posição do sensor no momento de aquisição das imagens. Como se pode constatar, as imagens foram obtidas, sobretudo, de um dos lados do veículo. | 82 |
| Figura 5.19 - Modelo 3D obtido recorrendo, apenas às imagens do <i>drone</i> , com indicação da posição do sensor no momento da aquisição das imagens, a verde. | 82 |
| Figura 5.20 – Reconstrução 3D da parte do veículo obstruída pela vegetação, recorrendo a imagens obtidas por <i>smartphone</i> | 83 |
| Figura 5.21 – Modelo final, obtido combinando as imagens adquiridas pelo <i>drone</i> com as imagens adquiridas pelo <i>smartphone</i> | 83 |
| Figura 5.22 – Ortofotomosaico gerado, com os pontos usando para comparação de metodologias destacados. | 84 |
| Figura 5.23 – Imagem aérea representando uma situação em que um dos veículos envolvidos no acidente está próximo de um edifício. Novamente, os pontos assinalados (A a F) foram usados para comparação dos métodos de medição..... | 85 |
| Figura 5.24 – Modelo 3D representando a cena do acidente com a identificação da posição do sensor no momento em que foram adquiridas as imagens. | 86 |
| Figura 5.25 – Simulação de um acidente em que é impossível a utilização do <i>drone</i> | 87 |
| Figura 5.26 – Ortomosaico representando a cena do acidente. É notória a obstrução causada pela vegetação densa. | 87 |
| Figura 5.27 - O iluminador Lume Cube LC-44GM, utilizado nos testes noturnos (temperatura de cor: 6000k; 1 a 1500 lumens). | 88 |
| Figura 5.28 – Os iluminadores de solo usados nas experiências noturnas (Aputure Amaran, modelo AL-H198, com regulador de intensidade)..... | 89 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.29 – Testes aos iluminadores LC-44GM a diferentes alturas de voo. | 90 |
| Figura 5.30 – Apresentação dos testes de iluminação realizados: (Esquerda) – apenas iluminadores do <i>drone</i> ; (Direita) – Combinação dos iluminadores do <i>drone</i> com os iluminadores de solo..... | 91 |
| Figura 5.31 – Ortofotomosaicos obtidos através de imagens noturnas: (esquerda) utilizando apenas a iluminação do <i>drone</i> ; (direita) utilizando iluminação do <i>drone</i> e iluminação de solo. | 91 |
| Figura 5.32 – Mosaico gerado a partir das imagens obtidas pelo drone. (Esquerda) Apenas iluminação pública; (Direita) Iluminação pública combinada com a iluminação do <i>drone</i> . (Altitude do voo = 20 metros)..... | 92 |
| Figura 5.33 – Identificação dos veículos envolvidos no acidente (em cima) e medição usando o método clássico, em simultâneo com a utilização do <i>drone</i> (ao centro e em baixo). ... | 93 |
| Figura 5.34 – O croqui desenhado pela brigada de acidentes da PSP e que servirá de documento oficial para criar a PAV..... | 94 |
| Figura 5.35 – Croqui desenhado pela PSP usando a aplicação Visio, tendo por base a informação recolhida no local do acidente apresentada na Figura 5.34..... | 95 |
| Figura 5.36 – O mosaico gerado a partir das imagens adquiridas com o <i>drone</i> | 96 |
| Figura 5.37 – Representação 3D da área do acidente de dia 10 de abril de 2017..... | 96 |
| Figura 5.38 – (Em cima) Sobreposição do ortomosaico gerado a partir das imagens adquiridas por <i>drone</i> com a planta realizada pela PSP, a partir do croqui desenhado no local do acidente. (Em baixo) Os dois modelos para mais fácil comparação. | 97 |
| Figura 5.39 – Planta do acidente ocorrido a 11 de maio de 2017, desenhada no Visio pela PSP..... | 98 |
| Figura 5.40 – Ortomosaico do acidente ocorrido a 11 de maio de 2017, gerado a partir das imagens adquiridas com <i>drone</i> | 99 |
| Figura 5.41 – (Em cima) Sobreposição do ortomosaico gerado a partir das imagens adquiridas por <i>drone</i> com a planta realizada pela PSP, a partir do croqui desenhado no local do acidente. (Em baixo) Os dois modelos para mais fácil comparação. São notórios os desvios entre as duas representações. | 100 |
| Figura 5.42 – Exemplo de identificação da sinalização vertical no modelo 3D..... | 101 |
| Figura 5.43 – Planta do acidente ocorrido a 18 de maio de 2017, desenhada no Visio pela PSP..... | 102 |
| Figura 5.44 – Ortomosaico do acidente ocorrido a 11 de maio de 2017, gerado a partir das imagens adquiridas com <i>drone</i> | 103 |
| Figura 5.45 – (Esquerda) Sobreposição do ortomosaico gerado a partir das imagens adquiridas por <i>drone</i> com a planta realizada pela PSP, a partir do croqui desenhado no | |

local do acidente. (Direita) Os dois modelos para mais fácil comparação. Nos casos mais simples, como este, as diferenças entre as duas abordagens são atenuadas..... 104

Figura 6.1 – Metodologia científica a utilizar no REVEAL. 114

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Índice de Tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 3.1 – Comparação entre mini e micro UAV de asa fixa e multirrotores, em função de parâmetros específicos e das aplicações a que se destinam. | 35 |
| Tabela 4.1 – Listagem de alguns dos mais conhecidos <i>softwares</i> fotogramétricos com capacidade de processamento de imagens de UAV. | 52 |
| Tabela 4.2 – Comparação entre as várias metodologias usadas na recolha de informação no local do acidente. | 59 |
| Tabela 5.1 – Principais características dos VANT utilizados nas experiências. | 65 |
| Tabela 5.2 - Comparação dos resultados em função dos valores da altura de voo, do ângulo de inclinação da câmara e da percentagem de sobreposição entre fiadas. | 72 |
| Tabela 5.3 - Comparação entre medições realizadas à fita e usando o VANT para diferentes alturas de voo e orientação de câmara. | 73 |
| Tabela 5.4 - Comparação de vários métodos de medição de distâncias: UAV, fita métrica, estação total e GNSS. | 76 |
| Tabela 5.5 – Comparação entre as medições realizadas à fita e a partir do ortomosaico, gerado através das imagens adquiridas com o <i>drone</i> . Os erros associados às leituras a partir dos produtos do <i>drone</i> foram calculados pelo Pix4D. | 79 |
| Tabela 5.6 – Comparação entre as medições obtidas através do método clássico (fita métrica) com as obtidas através dos produtos gerados a partir de imagens aéreas. | 80 |
| Tabela 5.7 - Comparação entre as medições obtidas através do método clássico (fita métrica) com as obtidas a partir dos produtos gerados a partir de imagens aéreas, num cenário com forte obstrução provocada por vegetação. | 84 |
| Tabela 5.8 - Comparação entre as medições obtidas através do método clássico (fita métrica) com as obtidas a partir dos produtos gerados a partir de imagens aéreas, para a situação representada na Figura 5.23. | 86 |
| Tabela 6.1 – Número de acidentes registados no nosso país nos dois últimos anos, incluindo o número de vítimas e feridos e as variações anuais. | 115 |

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Siglas e Acrónimos

Neste documento são utilizadas abreviaturas de designações comuns, apenas apresentadas aquando da sua primeira utilização, cujo significado pode ser consultado nesta lista:

- AESA Agência Europeia para a Segurança da Aviação
- ANAC Autoridade Nacional de Aviação Civil
- AUVSI *Association for Unmanned Vehicle Systems International*
- CAD *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)
- CNPD Comissão Nacional de Proteção de Dados
- CNSR Conselho Nacional de Segurança Rodoviária
- DSM *Digital Surface Model* (Modelo Digital de Superfície)
- FIR *Far InfraRed* (Infravermelho afastado)
- GCP *Ground Control Points* (Pontos de Controlo)
- GCS *Ground Control Station* (Estação de controlo)
- GLONASS *GLobal Orbiting Navigation Satellite System*
- GNR Guarda Nacional Republicana
- GNSS Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System*)
- GPS *Global Positioning System*
- GSD *Ground Sample Distance*
- HALE *High Altitude and Long Endurance*
- ICAO *International Civil Aviation Organization* (Organização da Aviação Civil Internacional)
- IMU *Inertial Measurement Unit* (Unidade Inercial)
- LALE *Low Altitude and Long Endurance*
- LASE *Low Altitude and Short-Endurance*
- LiDAR *Light Detection And Ranging*
- MALE *Medium Altitude and Long Endurance*
- MAV *Micro Air Vehicle*
- NASA *National Aeronautics and Space Administration* (Agência Espacial dos Estados Unidos da América)
- NAV *Nano Air Vehicle*
- NIR *Near InfraRed* (Infravermelho próximo)
- OMS Organização Mundial de Saúde

- PAV Participação de Acidente de Viação
- PNPR Plano Nacional de Prevenção Rodoviária
- PSP Polícia de Segurança Pública
- RGB *Red, Green, Blue* (Banda do visível)
- RPAS *Remotely Piloted Aircraft Systems* (Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados)
- SfM *Structure from Motion*
- SIFT *Scale Invariant Feature Transform*
- SIG Sistema de Informação Geográfica
- SKPOS *SlovaK real-time POSitioning service*
- UAV *Unmanned Aerial Vehicle* (mesmo que *drone* ou VANT)
- UE União Europeia
- UTAD Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
- VANT Veículo Aéreo Não Tripulado (mesmo que *drone* ou UAV)
- VLOS *Visual Line Of Sight* (Voo em linha de vista)
- VTOL *Vertical Take-Off and Landing*

Capítulo 1

Introdução

Apesar das campanhas promovidas e do forte investimento em prevenção rodoviária, o nosso país continua a registar taxas de sinistralidade elevadas, comparativamente com os nossos parceiros europeus. No entanto, os esforços despendidos, ao longo dos últimos anos, têm vindo a fazer diminuir a sinistralidade rodoviária e, dessa forma, também o número de vítimas mortais.

Com efeito, em 1997, numa tentativa de aproximar os números portugueses da média europeia, foi aprovado o Conselho Nacional de Segurança Rodoviária (CNSR) com a função de coordenar a ação dos departamentos que participam na política de segurança rodoviária¹, sendo, em 2003, aprovado o Plano Nacional de Prevenção Rodoviária (PNPR), estabelecendo-se, como objetivo geral, a redução em 50% o número de vítimas mortais e de feridos graves até ao ano de 2010, e definindo-se medidas e estratégias direcionadas à parte da população mais exposta². As medidas resultantes destes planos de intervenção permitiram alcançar o objetivo principal precocemente, pois, em 2007, registaram-se 3224 acidentes com mortos e/ou feridos graves³ (765 com mortos), contra os 9178 acidentes com mortos e/ou feridos graves (1732 com mortos), registados no ano de referência (1997).

Segundo os dados mais recentes (Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária, 2016), os números de mortos e de feridos graves, resultantes de acidentes rodoviários, estabilizou em torno de 500 vítimas mortais e 2000 feridos graves, o que representa cerca de +16% em relação à média da União Europeia (Valores publicados pela Infraestruturas de Portugal, IP).

Para além das consequências sociais, espelhadas nos números anteriormente apresentados, os acidentes rodoviários acarretam, também, consequências económicas consideráveis. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que, em 2014, os acidentes rodoviários tenham

¹ Resolução do Conselho de Ministros n.º 42/97, de 13 de março.

² Resolução do Conselho de Ministros n.º 54/2009, de 26 de junho, p. 4161.

³ Só com o Despacho n.º 27808/2009, de 31 de dezembro, foi introduzido o conceito de vítima mortal a 30 dias, pelo que, os números apresentados para efeitos de contabilização do número de vítimas mortais, apenas consideravam as que faleciam nas 24 horas subsequentes ao acidente.

sido responsáveis por 500 biliões de euros de encargos, a nível mundial, o que faz das seguradoras instituições com grandes interesses nesta matéria. É, por isso, fundamental que a investigação destes acontecimentos seja feita com o máximo de rigor e objetividade e, acima de tudo, permita que sejam apuradas as causas do acidente. Por esta razão, a recolha de dados no local do acidente assume um carácter preponderante, pois esta informação suportará todas as fases subsequentes do processo.

As autoridades de segurança são, na maioria das vezes, as primeiras entidades a chegar ao local do acidente e é a elas que compete a tarefa da recolha de informações. Tal facto confere um papel crucial à Guarda Nacional Republicana (GNR) e à Polícia de Segurança Pública (PSP), pois são as suas equipas de guardas e de agentes que registam as informações indispensáveis para compreender o que aconteceu no momento anterior ao impacto. Esta tarefa não é, contudo, simples, pois para além da recolha das informações, os agentes de autoridade terão de garantir que a área do acidente está devidamente sinalizada, assegurar a circulação do tráfego por vias alternativas, e a sua reposição tão breve quanto possível.

Para além das dificuldades já referidas que se prendem, sobretudo, com o facto de, dependendo da complexidade do cenário encontrado, ser necessário recolher um conjunto elevado de informações, destacando-se, entre outros, a largura da via, os sinais de trânsito, a distância da roda da frente e de trás, do mesmo lado, aos pontos de referência – PR – (usando o método da triangulação), a distância da roda da frente e de trás a cada uma das linhas (usando método das coordenadas), distâncias do(s) ponto(s) de impacto aos pontos de referência, a largura das faixas de rodagem e os rastros de travagem e/ou derrapagem. Acresce a dificuldade de as medições, anteriormente descritas, deverem ser realizadas a partir de referências específicas, o que nem sempre é (pode ser) respeitado. Por exemplo, no que se refere às distâncias a partir das rodas do veículo, estas deverão ser medidas a partir do seu centro e não do extremo do pneu e, ainda, serem feitas a partir do mesmo local, no ponto de referência. Em condições atmosféricas adversas, corre-se o risco de algumas marcas/indícios se tornarem pouco visíveis ou mesmo desaparecerem. No caso de haver peões envolvidos no acidente, as informações a recolher aumentam consideravelmente.

Como se pode constatar, no método das coordenadas ([Figura 1.1](#)), as medidas são retiradas em ângulo reto, a partir de uma linha base, desenhada a partir dos pontos de referência. A forma mais prática de executar o método consiste na colocação de uma fita métrica a simu-

lar a linha base ou utilizar as bermas/guias da estrada, quando o acidente acontece num segmento reto da estrada. A limitação do método prende-se com a dificuldade em medir grandes distâncias em linha reta.

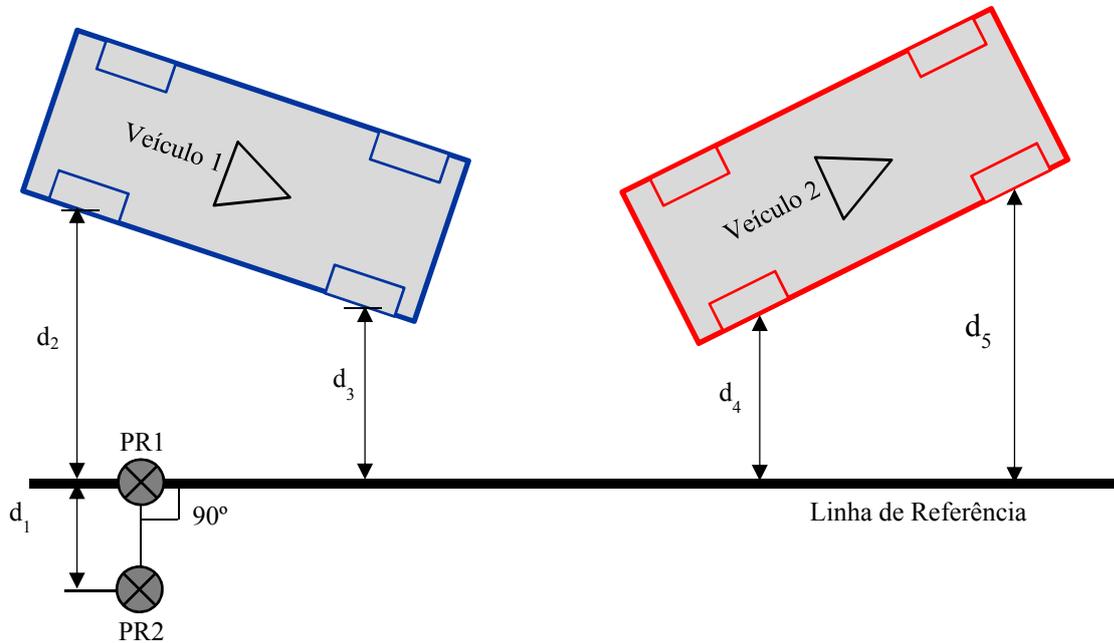


Figura 1.1 – O método das coordenadas como suporte ao registo das medições.

O método da triangulação (Figura 1.2) é especialmente indicado quando as distâncias à linha base são superiores a 10 m, mas também quando o limite da estrada não se distingue ou em zonas em troços curvilíneos (como rotundas ou curvas). A metodologia consiste em definir a posição de um objeto medindo a distância a dois pontos de referência. Ao serem efetuadas estas medições, verifica-se que perfazem um triângulo, daí a origem do nome do método.

Por todas estas razões, é de importância vital que novas metodologias sejam exploradas com vista a complementar, ou mesmo substituir, a metodologia atual, assegurando ou melhorando, no entanto, os critérios de precisão, velocidade de execução e de máxima segurança.

Hoje em dia dispomos de recursos tecnológicos inovadores que podem ser utilizados para desenvolver e implementar novos métodos capazes de substituir (ou pelo menos complementar) os métodos tradicionais de investigação e de reconstrução de acidentes rodoviários. Esses recursos tecnológicos são capazes de garantir resultados que preenchem todos os requisitos, perfeitamente enquadráveis no código de processo penal, que se baseia na aquisição de provas criminais, abandonando, progressivamente, o antigo processo inquisitivo. Por

outras palavras, a reconstrução de um acidente, ou pelo menos a sua fase inicial, que é a mais delicada, pode ser levada a cabo com recurso a equipamentos e/ou instrumentos inovadores, mas devidamente aprovados para o efeito.

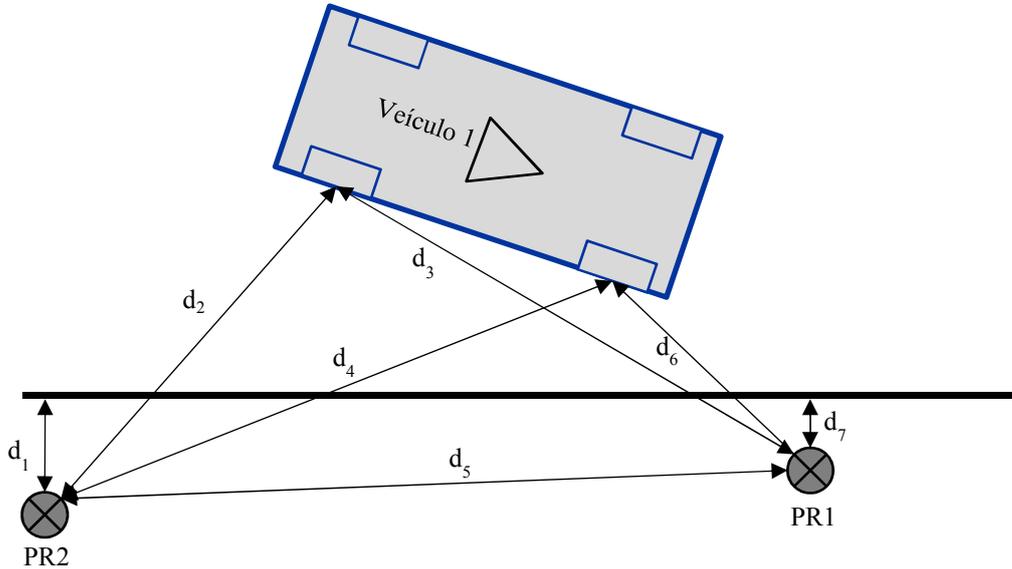


Figura 1.2 – O método da triangulação como suporte ao registo das medições.

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) – popularmente conhecidos por *drones* – de pequenas dimensões e de baixo peso, equipados com uma câmara para adquirir imagens de alta resolução do local do acidente e da área envolvente, combinado com um *software* de reconstrução, permitirá, de forma rápida, precisa e económica, reconstruir e documentar o acidente, através da aquisição contextual dos dados fotogramétricos. Toda esta operação poderá ser realizada em apenas alguns minutos. Por outro lado, os erros associados à recolha de informação de campo serão drasticamente reduzidos (virtualmente nulos), desaparecendo os riscos para pessoas e agentes que teriam de ocupar a área do acidente. Tudo isto permitirá, obviamente, reabrir a via ao tráfego ao fim de alguns minutos, o que, em cidades e vias com tráfego intenso, representará um ganho significativo.

Os resultados preliminares deste trabalho serviram para comprovar as vantagens da metodologia proposta, comparativamente com os métodos tradicionais, o que permitiu estabelecer algumas conclusões em termos de impactos esperados pela sua utilização, nomeadamente:

1. Diminuição drástica do tempo de investigação no local;
2. Poupança em recursos humanos;

3. Diminuição da perturbação dos normais fluxos de tráfego;
4. Auxiliar na investigação de crimes em acidentes rodoviários, nomeadamente na aplicação da justiça, na atribuição da responsabilidade criminal dos seus autores, e, indiretamente, no sentimento de impunidade dos condutores;
5. Preservação da informação para memória futura;
6. Caracterização, com base em metadados, da informação recolhida em cada local de acidente.

Com este projeto de investigação pretendeu-se apresentar a conceptualização de abordagens inovadoras, aplicáveis no domínio da investigação de acidentes rodoviários, aproveitando o rápido desenvolvimento tecnológico a que assistimos nos últimos anos. Serão abordados temas que vão desde a aquisição das imagens aéreas de grande resolução até ao tratamento da informação e apresentação dos resultados.

O projeto incide, exclusivamente, na recolha de indícios de prova material, podendo auxiliar na influência que esta poderá apresentar na imputação de eventual responsabilidade criminal.

1.1 ENQUADRAMENTO

A Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) dispõe de um grupo de investigação que recorre à utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT, mais conhecidos por UAV ou *drones*)⁴ para as mais diversas aplicações. Este grupo, que começou por dedicar-se a aplicações agroflorestais, nomeadamente, para a deteção de doenças na vinha e para a gestão florestal, atingiu um estágio de maturação que lhe permite diversificar a utilização destas tecnologias para os mais diversos fins e aplicações. Mais, o grupo dispõe, atualmente, de capacidade para conceber *software* e *hardware* (entre outros, os próprios *drones*), o que lhe proporciona total autonomia no desenvolvimento de soluções completas e à medida de cada aplicação/utilizador.

⁴ Neste documento, os vários termos serão utilizados indiscriminadamente, mas sempre com este significado.

O candidato começou a colaborar com este grupo desde a primeira hora, sobretudo pelas suas atividades relacionadas com os cursos em Comunicação e Multimédia da UTAD, em que teve responsabilidade pela adoção destes equipamentos, assim que ficaram disponíveis no mercado.

Foi, por isso, natural que se começasse a pensar em alargar as áreas de aplicação, surgindo, como evidente, a utilização dos *drones* para auxiliar as forças de segurança na recolha de informações, no terreno, relativas aos acidentes rodoviários.

Depois de contactada a PSP para apresentar o projeto, via Comando Distrital de Vila Real, este foi aprovado pela Direção Nacional daquela força de segurança para que se realizassem os testes que provassem o conceito. Uma vez que, para utilização em cenário real, poderá haver captação de imagens em que poderão estar representadas pessoas, houve a necessidade de solicitar autorização à Comissão Nacional de Proteção de Dados (CNPd), que informou sobre as condições em que o projeto poderia ser realizado:

“Em resposta ao seu e-mail, que mereceu a nossa melhor atenção, informa-se que desde que haja possibilidade, através de filtros ou outra forma, de não possibilitar a identificação de pessoas e/ou veículos, não se aplica a Lei de Proteção de Dados Pessoais e, consequentemente, não é necessário obter nenhuma autorização ao obrigo da lei em referência.”

*Ellen Barends, 03/08/2015
GAP - Gabinete de Atendimento ao Público
CNPd - Comissão Nacional de Proteção de Dados*

De salientar que, na realização deste projeto, houve sempre o cuidado de assegurar as condições que se prendem com a proteção de direitos de imagem e privacidade, assim como todas as condições de segurança.

1.2 MOTIVAÇÃO

Do anteriormente exposto, pode concluir-se que a investigação de acidentes rodoviários tem ganhado um relevo crescente (sobretudo na Europa e na América do Norte) e, obviamente, também em Portugal. Esta é, portanto, a hora de apostar em sistemas integrados que permitam substituir (em casos pontuais complementar) os métodos atualmente utilizados no sentido de otimizar a tarefa de recolha de informação no local do acidente. Esta perceção, conjuntamente com a certeza de que os veículos aéreos não tripulados atingiram, atualmente, um nível de

maturidade capaz de os levar a um patamar operacional, foram o mote para a seleção desta temática para o projeto de doutoramento. Assim, e em jeito de resumo, esta escolha, como tema central deste projeto, ficou a dever-se, essencialmente, a três fatores motivacionais:

1. Juntar uma das mais recentes e promissoras áreas de desenvolvimento tecnológico à recolha remota de informação da área do acidente, indo, assim, ao encontro dos temas de trabalho que o candidato tem vindo a desenvolver;
2. Acreditar que esta tecnologia remota será uma mais-valia na investigação de acidentes rodoviários, porque reduz o tempo de execução e os custos associados, comparativamente com os métodos tradicionais de obtenção de informação, que são metodologias geralmente morosas e dispendiosas;
3. Desenvolver uma metodologia, independente das condições meteorológicas e de iluminação, capaz de fornecer informações mais abrangente sobre a área do acidente, mantendo os níveis de precisão.

Com a realização deste trabalho de investigação, será possível responder a duas questões fulcrais que se prendem com a viabilidade da utilização desta metodologia na investigação de acidentes rodoviários:

“Poderão, efetivamente, os *drones* ser utilizados na investigação de acidentes, substituindo as metodologias de recolha de informação atuais?”

Se a resposta à questão anterior for afirmativa, então, torna-se obrigatório investigar se será possível realizar este estudo em quaisquer condições, ou saber se haverá constrangimentos à aplicação desta metodologia para recolher as informações que suportarão a investigação. Será, então, possível responder à segunda questão:

“Quais são os principais constrangimentos à aplicação desta metodologia na investigação de acidentes rodoviários?”

1.3 OBJETIVOS E PRINCIPAIS CONTRIBUTOS

Para além das consequências económicas e sociais, que têm feito aumentar as campanhas de sensibilização dos condutores para não adotarem comportamentos de risco, os aciden-

tes rodoviários originam, muitas vezes, filas de trânsito intermináveis durante horas. Quando os acidentes acontecem em autoestradas ou noutros itinerários principais, poderão mesmo propiciar outros acidentes.

Parte significativa do tempo necessário à resolução de um acidente, e correspondente desimpedimento da via, prende-se com o trabalho metuculoso de recolha de dados no local do acidente, por parte das autoridades.

Com este trabalho, que consiste na utilização de *drones* multirrotores de pequenas dimensões e de baixo peso, testou-se a capacidade da metodologia proposta no sentido de, a curto/médio prazo, poder vir a substituir os métodos atualmente em vigor no que se refere à investigação de acidentes rodoviários.

Assim, motivados pela oportunidade científica proporcionada por este projeto e pela carência de contributos para a melhoria dos métodos de aquisição de informação de acidentes rodoviários, sobre o terreno, estabeleceu-se o seguinte objetivo principal:

Desenvolver uma metodologia inovadora, independente das condições meteorológicas e de iluminação, capaz de fornecer informações mais abrangente sobre a área do acidente mantendo os níveis de precisão.

Deste objetivo principal emanam vários objetivos específicos:

1. **Diminuir, significativamente, o tempo de investigação no local:** Deixará de ser necessário realizar quaisquer medições no local, pois como toda a área de interesse ficará registada numa imagem aérea e georreferenciada, todas as medições poderão ser realizadas *a posteriori* e com todo o rigor (o pixel da imagem final será da ordem dos 1 a 2 cm. No âmbito deste estudo estas medições foram realizadas recorrendo a um software comercial. No entanto, o objetivo final será que as medições sejam realizadas usando software próprio a desenvolver no âmbito do projeto já submetido (ver [Capítulo 6](#)), que permitirá, entre outros, a emissão de relatórios.
2. **Poupar em recursos humanos:** Com a menor necessidade de tempo em permanecer no local do acidente, os agentes poderão ser orientados para outras missões/iniciativas;

3. **Terminar com as incoerências:** As limitações impostas, naturalmente, pela metodologia aplicada, serão ultrapassadas, pois todos os intervenientes visualizarão a “mesma cena”;
4. **Influenciar o fluxo automóvel:** Desimpedindo a via mais rapidamente, o trânsito poderá fluir com normalidade num menor espaço de tempo;
5. **Preservar a informação para memória futura:** O local do acidente será “preservado” para utilizações futuras, nomeadamente para resolução de litígios legais. A interpretação será objetiva, pois todos os indícios do acidente permanecerão inalterados.

Para atingir o objetivo principal, e por inerência, os vários objetivos específicos, o trabalho foi dividido em várias fases, estando retratadas na estrutura deste documento.

Assim, começou-se por validar o conceito proposto por esta nova metodologia, ou seja, por comparação de medições, verificou-se a viabilidade de recorrer a imagens aéreas de alta resolução para, sobre elas, se realizar a recolha da informação relativa ao acidente. Posteriormente, através da realização de inúmeros testes, em cenário real, verificaram-se as condições limite de utilização (condições meteorológicas, diurno/noturno, presença de obstáculos, entre outros) para, finalmente, se propor o modelo estrutural da plataforma informática que servirá ao preenchimento, semiautomático, da Participação de Acidente de Viação (PAV) e, também, para a reconstrução do acidente, através da nuvem de pontos 3D. Esta plataforma será integrada na plataforma atualmente utilizada pelas forças de segurança (GNR e PSP) evitando, desta forma, duplicação de informação e eventuais erros. Esta plataforma será, também ela, desenvolvida no âmbito do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (SI I&Dt), Aviso N° 03/SI/2017, no caso do projeto, entretanto submetido em parceria com um fabricante de UAV nacional de referência, vier a ser aprovado.

1.4 METODOLOGIA

O conjunto de atividades que uma comunidade de investigadores considera apropriado à produção de conhecimento designa-se por métodos e técnicas de investigação. As comunidades de investigação, designadas de paradigmáticas, recorrem à observação dos fenómenos para, a partir dela, compreenderem e definirem os métodos e as técnicas de investigação mais apropriados. Outras comunidades de investigação estão vinculadas a uma comunidade nomi-

nal por sobreposição de conjuntos de fenómenos de interesse e/ou sobreposição de métodos de investigação. São as designadas comunidades de investigação pré-paradigmáticas ou multiparadigmáticas.

Os trabalhos que conduziram aos resultados e às conclusões refletidos neste documento, tendo por referência o problema e os objetivos definidos, foram desenvolvidos de acordo com o método científico que caracteriza a investigação nas ciências exatas, pelo que proporciona objetividade e detalhe, na forma como os resultados apresentados foram atingidos, mas também, a fiel reprodução, passo a passo, dos testes realizados.

Adotou-se, então, o processo de investigação representado na [Figura 1.3](#), em que são seguidas as orientações gerais definidas por [Offermann et al. \(2009\)](#), e que se combinam métodos de investigação qualitativos e quantitativos.

Neste trabalho, optou-se por abordar as várias fases da metodologia de trabalho/investigação adotada nas secções dos diferentes capítulos, em lugar de fazer uma descrição exaustiva, de cada uma das etapas, nesta fase. Assim, em cada capítulo, aquando da introdução dos vários tópicos que necessitam de apoio da metodologia científica utilizada, será feita a apresentação/descrição dessa etapa, nos moldes em que foi utilizada.

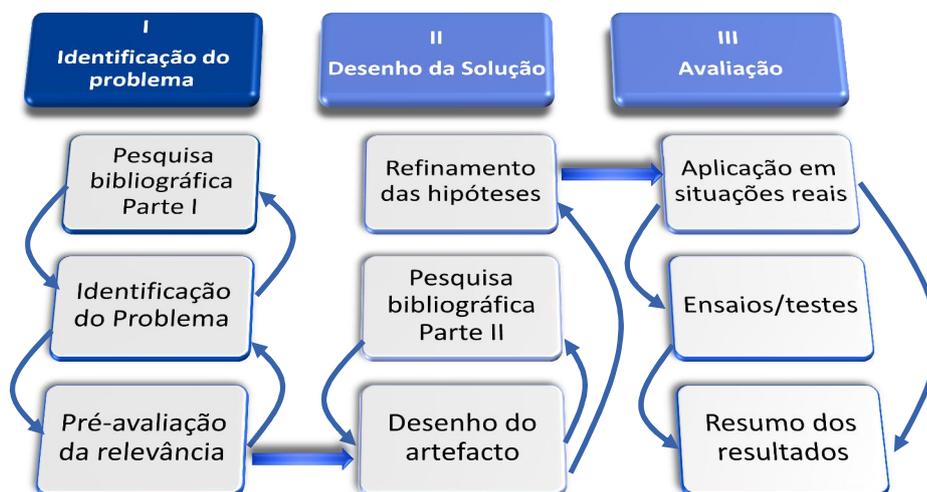


Figura 1.3 – O método científico usado neste estudo (adaptado de [Offermann et al. \(2009\)](#)).

1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este documento está dividido em seis capítulos, os quais abordam os assuntos e os temas identificados na definição dos objetivos apresentados anteriormente. Depois deste capítulo introdutório, o [Capítulo 2](#) apresenta, de forma detalhada, o método tradicional de recolha de informação no cenário do acidente, salientando-se as principais limitações das metodologias atualmente utilizadas.

No [Capítulo 3](#), apresenta-se uma breve história do desenvolvimento dos *drones*, abordando os vários tipos existentes, os componentes tecnológicos associados e os diversos tipos de sensores, passíveis de serem utilizados nestas plataformas. Na parte final deste capítulo, abordam-se, ainda, os benefícios potenciais da utilização dos VANT pelas forças de segurança e faz-se um breve enquadramento legislativo que regula a sua utilização. Finalmente, justifica-se a escolha do *drone* usado nos testes realizados.

No [Capítulo 4](#), descreve-se a metodologia apresentada, assim como as vantagens que dela poderão resultar. Neste capítulo, apresenta-se, ainda, a metodologia utilizada e os testes realizados para a validação do conceito.

No [Capítulo 5](#), apresenta-se e analisam-se os resultados obtidos em diversos cenários e condições de operação, com vista a sistematizar os procedimentos em função das várias condições que poderão limitar a operacionalidade e a viabilidade da nova metodologia. Esta análise é o resultado dos inúmeros testes efetuados em ambiente real, onde acompanhámos os agentes da PSP e realizámos levantamentos, autónomos e independentes, recorrendo a um multirrotor de pequenas dimensões e de baixo peso.

Finalmente, no [Capítulo 6](#), apresentam-se as conclusões assim como uma reflexão sobre as perspetivas de futuro e dos principais desafios que se colocam, perspetivando, também, qual poderá ser a contribuição do candidato para esses cenários.

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Capítulo 2

Reconstrução e investigação de acidentes rodoviários

Todos os dados que se possam recolher de um acidente são de relevante importância para o melhoramento das condições das vias e para uma melhor intervenção, por parte das autoridades. No entanto, a investigação de um acidente rodoviário ultrapassa os dados estatísticos: podem resultar danos irreversíveis nas pessoas e ter que ser apurada a responsabilidade dos agentes causadores do mesmo. Nesse sentido, com este trabalho, pretende-se dar um contributo nesta área, sobretudo na melhoria da qualidade da investigação das forças de segurança.

O papel das forças de segurança na investigação de acidentes rodoviários, concretamente o da PSP, está em constante mudança, adaptação e atualização, pelo que não se esgota na investigação de acidentes rodoviários *stricto sensu*, mas deve contribuir também para que os objetivos apontados pelas estratégias nacionais de promoção de segurança rodoviária sejam atingidos.

Este capítulo aborda a metodologia, atualmente utilizada no nosso país, mas também na generalidade dos países desenvolvidos, para recolher a informação, no terreno, que suportará a investigação de acidentes rodoviários.

Depois de identificado o problema a estudar, efetuou-se uma revisão bibliográfica exaustiva (de acordo com a metodologia apresentada na [Figura 1.3](#)), pois é uma das ferramentas mais importantes para determinar problemas não resolvidos, nas mais diferentes temáticas. Esta revisão bibliográfica foi, também, de fundamental importância para analisar e aferir o estado da arte, no âmbito do problema identificado.

A revisão bibliográfica efetuada permitiu conhecer, de forma aprofundada, a metodologia de recolha de informação para a investigação de acidentes rodoviários, atualmente utilizada no nosso país, e que se apresenta nas secções seguintes, em todas as suas etapas mais relevantes.

De referir que da extensa e exaustiva revisão efetuada, a redação deste capítulo fez-se com recurso a essencialmente três fontes: [Gomes \(2010\)](#); [Vieira \(2014\)](#); e documentos internos da PSP⁵, nossa parceira na realização deste projeto. Considerou-se que os referidos trabalhos estão bastante detalhados, permitindo obter as informações necessárias à descrição da metodologia atual.

2.1 INTRODUÇÃO

De entre as várias atribuições das forças de segurança, nomeadamente da PSP, destaca-se a investigação de acidentes rodoviários. Na generalidade dos casos, as informações recolhidas são compiladas num único documento (PAV, exemplo no [Anexo I](#)). No entanto, este processo pode introduzir alguma falta de homogeneidade na recolha de informação, pois o seu preenchimento depende muito da perceção da equipa que ocorre ao local e das orientações que emanam das próprias esquadras.

O esboço ou croqui ([Figura 2.1](#)), realizado no local do acidente, é um elemento essencial e que será usado, posteriormente, para a elaboração da planta do acidente que integrará a Participação do Acidente. O PAV pretende ser uma representação fiel do cenário do acidente contendo informações relevantes como medidas das marcas de travagem, orientação e posições finais dos veículos, características da via, entre outras. Porém, apesar da aplicação e dos cuidados, por parte dos agentes que ocorrem ao local, os procedimentos utilizados para retirar estas informações são incompletos e, muitas vezes, erróneos, levando a que a suposta representação do cenário do acidente possa ser confusa, incoerente e imprecisa, o que constitui, logo à partida, uma limitação da investigação posterior. A equipa responsável por levar a cabo a restante investigação não integra as equipas de agentes que estiveram no local, sendo que a única informação disponível que esta tem sobre o sinistro é a Participação do Acidente. O facto de serem equipas diferentes a recolher os dados e a proceder à restante investigação, constitui por si só uma limitação da metodologia aplicada.

⁵ Documentos de trabalho, produzidos pela própria PSP, utilizados na formação das equipas de investigação de acidentes de viação. Muita da informação disponibilizada neste capítulo resulta dessas informações.

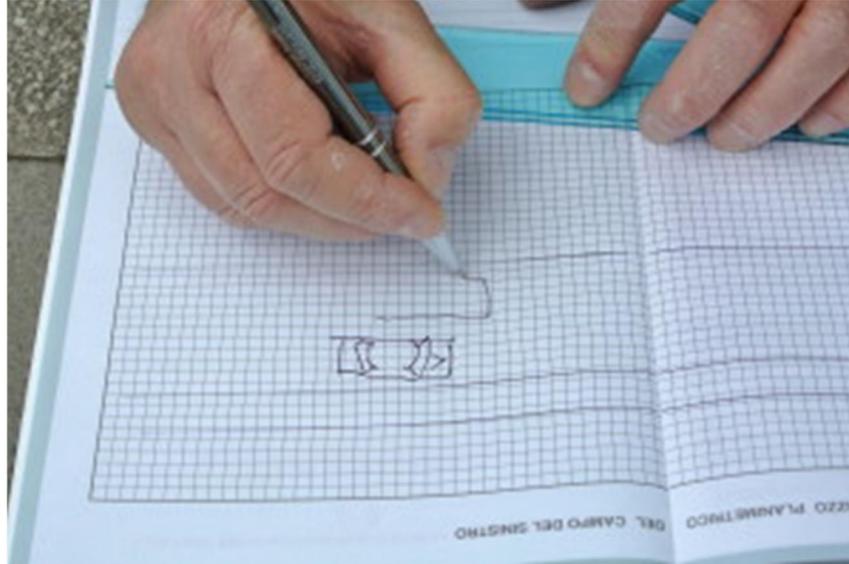


Figura 2.1 – O esboço ou croqui: peça desenhada que suporta o método tradicional de investigação de acidentes rodoviários.

2.2 O MÉTODO ATUAL

Para melhor se compreender o método atual de recolha de informação e reconstituição de acidentes rodoviários, apresenta-se, a seguir, uma encenação de um acidente rodoviário. As medições foram realizadas por uma equipa da PSP, obedecendo a todos os requisitos a que estão obrigados. Esta metodologia de reconstituição de acidentes rodoviários está perfeitamente consolidada e baseia-se, quase sempre, em medições feitas à mão, recorrendo a triangulações e a linhas paralelas para, a partir dessas medições, ser gerado o esboço ou croqui. O profissionalismo dos elementos da brigada de acidentes da PSP e a sua preparação são fundamentais para assegurar o rigor e a completagem da cena do acidente. Normalmente, o material utilizado resume-se a uma fita métrica ou roda de medição, um bloco de notas para a realização do esboço, um lápis, giz e uma máquina fotográfica. Da listagem de material apresentada é fácil identificar alguns constrangimentos da técnica [Gomes \(2010\)](#); [Vieira \(2014\)](#), destacando-se :

- o tempo significativo despendido no local do acidente;
- a alocação de recursos humanos, que poderiam estar envolvidos noutras atividades;
- a forte perturbação dos fluxos de tráfego;
- o impacto económico significativo pelo facto de ter a via impedida;

- a impossibilidade de verificar, no futuro, eventuais dúvidas, pois não há preservação de informação para memória futura;
- os agentes e outras pessoas envolvidas no acidente ficam expostos a riscos elevados, enquanto permanecerem na área do acidente.

Normalmente, uma brigada de acidentes da PSP é composta por dois elementos, em que um deles fica responsável por redirecionar o tráfego e o segundo executa as operações de medição e de preenchimento da documentação. Na [Figura 2.2](#) apresenta-se a encenação de um acidente de viação, realizada no Campus da UTAD, onde se pode ver a obtenção de informações por parte das autoridades. Neste caso particular, muito simples, o tempo gasto para efetuar as medições foi de cerca de 30 minutos.



Figura 2.2 – Recolha de informações no terreno por parte da brigada de acidentes da PSP. Acidente encenado.

As medições efetuadas pelos elementos da PSP estão num sistema de coordenadas cartesianas local, tal como exemplificado na [Figura 2.3](#), em que está representada a cena do acidente encenado através de um esboço executado utilizando a plataforma *online AccidentSketch.com*. No terreno, o esboço é realizado num bloco de notas com a representação feita à mão ([Figura 2.1](#)). Neste caso concreto, utilizou-se, para origem do referencial local, um poste de iluminação ao qual se atribuiu as coordenadas $x = 0,0 m$; $y = 0,0 m$. As restantes medições foram referidas a este ponto. Além das medidas à fita, algumas imagens do acidente são, normalmente, tomadas para fins de documentação.

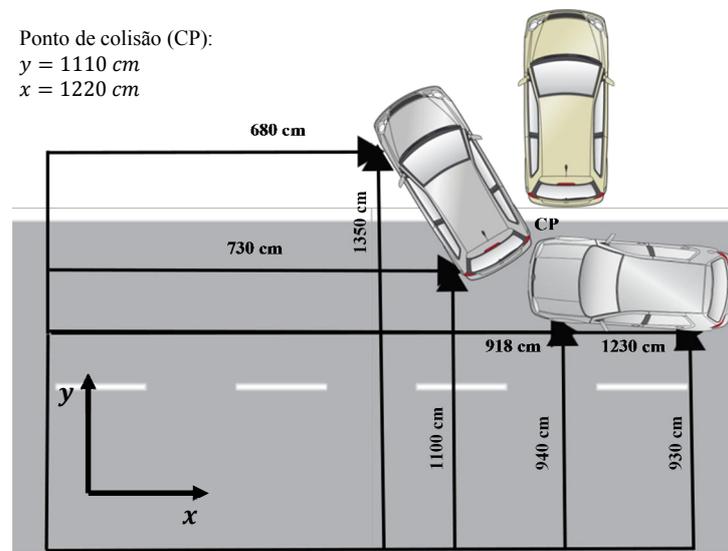


Figura 2.3 – Croqui da cena do acidente realizado usando a plataforma *online AccidentSketch.com*, com base no esboço da [Figura 2.1](#).

Assim, e tal como se pode ver na [Figura 2.1](#) e na [Figura 2.3](#), embora pareça de execução simples, o esboço/croqui de um acidente pressupõe a execução de um conjunto alargado de procedimentos, normalmente, de tal forma complexos que, no final, carecem de rigor. Eis a sequência de passos necessários para a elaboração correta do esboço do local do acidente, segundo o “Guia Estudar os Acidentes rodoviários” (*Traffic Accident Study Guide, 2010*) e adaptado de [Gomes \(2010\)](#):

1. Desenhar a estrada e todos os objetos relevantes para o sinistro, nas suas posições relativas;
2. Representar as seguintes informações:

- a) Marcas rodoviárias (como por exemplo: linhas contínuas, linhas de paragem “STOP”, etc.);
 - b) Posição dos veículos, corpos, destroços, sangue;
 - c) Sentidos de marcha dos veículos intervenientes;
 - d) Sinalização vertical, luminosa, temporária;
 - e) Condições atmosféricas e de luminosidade;
 - f) Qualquer característica do local que possa ser considerada relevante para o acidente. Neste ponto, o agente deve ter em atenção que qualquer indício ou vestígio que venha a ser considerado irrelevante posteriormente, mas que tenha sido tido como importante na altura, deve ser representada;
 - g) Nomes das vias, quando aplicável;
 - h) Tipo de pavimento (betuminoso, empedrado, cimento, etc.) e estado do piso;
 - i) Qualquer objeto que possa ter obstruído a visão dos condutores;
 - j) Tipo e localização dos candeeiros, caso o acidente tenha ocorrido de noite;
 - k) Marcas de travagem e/ou quaisquer outros rastos deixados pelas viaturas;
 - l) Depressões ou lombas da estrada;
 - m) Larguras da estrada e das faixas de rodagem;
 - n) Ponto(s) de referência;
 - o) Ponto(s) de impacto.
3. Numerar os veículos envolvidos;
 4. Identificar os pontos de referência através de letras;
 5. Orientar o esboço com a direção do norte;
 6. Toda a informação do esboço deverá ser escrita em paralelo com as margens superiores e inferiores do desenho.

Como facilmente se compreende pela listagem anterior, só para a realização do croqui, os agentes têm um infindável número de passos e procedimentos, alguns de carácter subjetivo. Com o objetivo de simplificar estes procedimentos, as forças de segurança elaboram normas internas com vista à sua simplificação e sistematização por parte dos seus agentes. No caso da PSP, os passos principais da recolha dividem-se em duas secções: os procedimentos para a recolha de vestígios e o relatório fotográfico.

Segundo a documentação interna da PSP, para assegurar uma boa recolha de vestígios, os agentes deverão:

1. Chegar rapidamente ao local do acidente;
2. Observar todos os restos, sinais, marcas e indícios;
3. Fotografar a cena do acidente, de acordo com as indicações apresentadas no ponto seguinte;
4. Anotar (fotografia/croqui/caderno de campo) enquadrando-as no plano do acidente:
 - Todas as marcas, restos e vestígios (partes ou peças dos veículos, as impressões deixadas pelos pneumáticos, sangue, líquidos, etc.). Nota: Das marcas da banda de rolagem dos pneus em terreno mole pode e deve obter-se um molde em gesso, principalmente em acidentes com fuga;
 - Posição dos veículos e peões intervenientes no acidente.
5. Identificar os elementos da polícia e dos vários corpos de intervenção (bombeiros, INEM e outras entidades que compareçam no local do acidente);
6. Recolher objetos e partes de peças dos veículos, que possam servir de prova e/ou para conclusões e análises posteriores (amostras de restos de pinturas, pedaços de vidro do sistema de iluminação e sinalização - faróis, farolins, piscas, etc.);
7. Identificar líquidos e óleos - fazer a correspondência com o órgão de onde provêm.
8. Inspeccionar os veículos e verificar:
 - Comutador do sistema de iluminação (ligado/desligado);
 - Manetes das mudanças;
 - Cintos de segurança;
 - Banda de rolamento dos pneus;
 - Conta-quilómetros.

Relativamente ao registo fotográfico, os agentes deverão obter fotografias:

1. panorâmicas do local do acidente:
 - vias de sentido da marcha dos intervenientes e sentidos opostos;

- fotografia aérea do local do acidente (quando disponibilizadas por algumas fontes, por exemplo municípios);
 - fotografias da sinalização existente.
2. das posições finais de veículos e pessoas (enquadrá-las com o cenário do acidente);
 3. do ponto conflito (enquadrá-lo com o cenário do acidente);
 4. de detalhe (enquadrá-las com o cenário do acidente):
 - danos dos veículos;
 - outros danos (por exemplo, passeios, postes/candeeiros, *rails*, muros, vedações, pavimento, etc.);
 - fotografia de vestígios, ou seja, de detalhe e de enquadramento do vestígio no acidente (por exemplo, plásticos, vidros, partes do veículo, líquidos, sangue, restos de infraestrutura, qualquer objeto que tenha relação com o acidente, etc.);
 - rastros de travagem e outras marcas no pavimento;
 - fotografias dos pneus (em que seja possível identificar a marca, o modelo, a data de fabrico, estado de conservação e os danos sofridos).
 5. outras fotografias aos veículos:
 - conta-quilómetros;
 - manete/pedal – no caso de motociclos – das mudanças no caso de automóveis;
 - comandos dos sistemas de iluminação (ligado/desligado);
 - ignição (posição da chave);
 - cintos de segurança (cortados, no encaixe, etc.);
 - capacetes (danos, se estava apertado, marca, homologação, etc.);
 - posição do travão de mão, etc.

Os vários procedimentos a executar no local do acidente pelas forças de segurança estão traduzidos no fluxograma da [Figura 2.4](#) e são explicados a seguir:

1. Chegando ao local, o veículo policial deverá ser colocado numa posição que permita proteger o local do acidente, protegendo as pessoas e os utilizadores da via;
2. No caso de serem os agentes de autoridade os primeiros a chegar ao local do acidente, deverão dar prioridade ao socorro de eventuais vítimas, apurando o seu número e a natureza das lesões. Este apuramento do estado das vítimas será essencial para, ao

contactar os serviços de socorro, fornecer as informações necessárias. Posteriormente, deverão ser afastados os curiosos, que sempre ocorrem ao cenário do acidente, garantindo que nesse local permanecem, apenas, as pessoas e os meios autorizados. Nesta altura, os agentes sinalizarão a zona do acidente.

3. Garantido o socorro às vítimas e a sinalização da via, inicia-se o processo de recolha de informação, falando com os condutores e os ocupantes das viaturas sinistradas (caso o estado de saúde o permita) e com as testemunhas e verifica-se a posição dos veículos. No caso da circulação normal da via ter sido afetada, esta deverá ser restabelecida o mais rapidamente possível, sem colocar, no entanto, em causa a recolha de indícios. Nesta fase, os agentes preenchem o Auto do Acidente, seguindo as várias indicações.
4. Se ainda existir informação a recolher que não esteja contemplada no Auto do Acidente, e caso esta se mostre essencial à investigação, deverá ser recolhida com todo o rigor. Finalmente, poderá ser reposta a normalidade, removendo os veículos do local e limpando a via.

O [Anexo II](#) apresenta um exemplo de um Auto do Acidente, ou seja, o documento elaborado pelas forças de segurança que contém todos os elementos importantes relacionados com o acidente, desde a identificação das pessoas e dos veículos dos envolvidos até ao croqui, elaborado a partir das medições realizadas no terreno, passando pelo tipo de acidente, a gravidade do acidente e as características do local, entre outros.

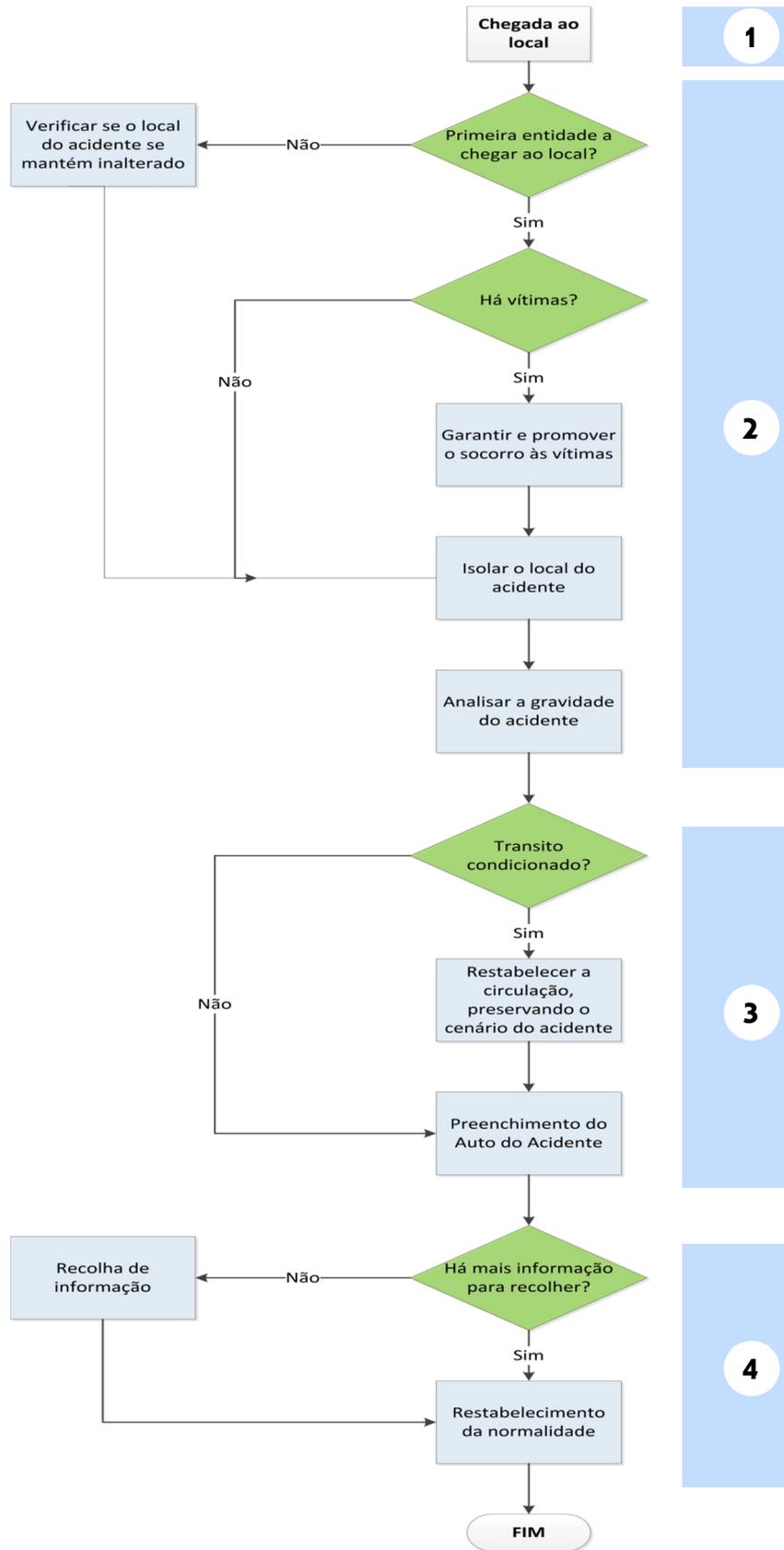


Figura 2.4 – Fluxograma com os procedimentos a executar no local do acidente [Adaptado de (Silva, 2004)].

2.3 NOVAS TENDÊNCIAS

Como se depreende da secção anterior, o trabalho das forças de segurança no local do acidente pode ser, dependendo da gravidade, da localização, da existência de vítimas, etc., muito complexo e moroso. A recolha de informações no local do acidente, embora seja uma tarefa essencial, poderá revelar-se complexa e, por mais rigor e cuidado que os agentes utilizem, poderá não ser possível recolher todos os indícios que suportarão a investigação.

Nos dias de hoje, dispomos de soluções tecnológicas inovadoras que podem ser utilizadas para desenvolver e implementar novos métodos capazes de substituir (ou pelo menos complementar) os atualmente em uso na investigação e na reconstrução de acidentes rodoviários. Essas soluções tecnológicas são capazes de garantir resultados que preenchem todos os requisitos, perfeitamente enquadráveis no código de processo penal, que se baseiam na aquisição de provas criminais, o que poderá permitir que o método atual seja, progressivamente, substituído ou pelo menos complementado.

Por outras palavras, a reconstrução de um acidente, ou pelo menos a sua fase inicial, que é, como se pode concluir das secções anteriores, a mais delicada, pois suporta toda a investigação a jusante, pode ser levada a cabo com recurso a equipamentos e/ou instrumentos inovadores, mas devidamente aprovados para o efeito. Recetores GNSS (Sistemas Globais de Navegação por Satélite - *Global Navigation Satellite System*), estações totais ou sistemas de varrimento a laser são perfeitamente capazes de providenciar as medições necessárias com a fiabilidade e o rigor requeridos. No entanto, e apesar das várias experiências e estudos realizados ao longo na última década por diversas equipas de investigação (Perry *et al.*, 2003; Pagonis, 2006; Ehigiator and Ehigiator, 2012; Voitel and Terpstra, 2016), pode concluir-se que essas técnicas implicam a utilização de equipamento dispendioso, o que, associado ao tempo de execução requerido e aos conhecimentos prévios exigidos, por exemplo de topografia, limita a sua utilização. A [Figura 2.5](#) apresenta algumas situações reais de uso destas novas técnicas por parte das forças policiais. Países como os Estados Unidos da América, o Canadá, o Reino Unido, a Irlanda, a Suíça, a Itália, a Nova Zelândia e a Austrália, entre outros, já utilizam estes métodos, pelo que é de esperar que num futuro próximo, possam vir a ser adotados por mais países, nomeadamente os de maiores recursos financeiros.



Figura 2.5 – Utilização do laser *scanning* (em cima) e da estação total (em baixo) na investigação de acidentes rodoviários (imagens retiradas de <http://www.atlanticlaserscanning.com/accident-reconstruction.html> e <https://store.csdsinc.com/departments/accident-forensic-investigation-%7C01%7CARE.html>, respetivamente).

No entanto, no nosso país, mas também um pouco por toda a parte, as forças policiais sofrem, muitas vezes, com a escassez de recursos humanos e financeiros ou, pelo menos, trabalham com recursos financeiros limitados, o que condiciona o acesso aos equipamentos de última geração de forma generalizada. É, por essa razão, importante considerar novas opções de baixo custo. Os VANT, vulgarmente referidos por *drones* ou, mais recentemente, por RPAS (*Remotely Piloted Aerial Systems*), para além de serem tecnologicamente avançados, são, também, relativamente baratos, pelo menos quando comparados com as estações totais ou os laser de varrimento 3D. Daniel e Wietfeld (2011) referem que, no futuro próximo, os

departamentos de polícia, de bombeiros e de outros serviços de proteção civil e segurança terão acesso a *drones* de pequeno porte e de baixo peso e que estes serão integrados nas suas operações quotidianas (ver [Secção 3.3](#)). Para que tal aconteça, os VANT deverão respeitar os seguintes requisitos: baixo custo; fácil de operar; considerável resistência ao vento; baixo tempo de operação e carga útil leve. [Constantinescu e Nedelcut \(2011\)](#) salientam, também, que da grande diversidade de VANT existentes, os mais adequados para as forças policiais são aqueles que podem ser facilmente transportados e não necessitam de quaisquer apoios de solo, por exemplo, estação de controlo para operar ou controlar o voo.

Os VANT podem fornecer, de forma rápida, informações preciosas a partir das imagens aéreas adquiridas, de elevadas resoluções espacial e temporal. Será, assim, possível uma intervenção rápida em várias situações com que se deparam as forças policiais no exercício da sua atividade, sobretudo em situações críticas onde o acesso imediato à geoinformação 3D é crucial. Com efeito, os VANT possuem recursos que permitem, em tempo real, a aquisição, a transmissão e o processamento de dados rápidos ([Remondino et al., 2011](#)).

É, assim, perfeitamente plausível pensar que os VANT, se utilizados para apoiar o processo de recolha de informações no local do acidente, poderão tornar essa operação consideravelmente mais rápida e menos sujeita a erros.

No [Capítulo 3](#), será apresentado o estado da arte no que se refere aos RPAS e justificada a escolha do equipamento utilizado neste estudo.

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Capítulo 3

Veículos Aéreos Não Tripulados – VANT

Os VANT são aeronaves que podem ser pilotadas remotamente, através de dispositivos eletrônicos, ou programadas para operarem autonomamente. A utilização destas aeronaves tem vindo a generalizar-se nas mais variadas áreas, nomeadamente em aplicações agroflorestais de precisão, monitorização e inspeção de infraestruturas e ações de vigilância e salvamento. A informação obtida com estes dispositivos depende dos sensores que transportam, sendo, os dados obtidos, analisados posteriormente por algoritmos de processamento digital para obtenção de informação relevante e variada. A extração desta informação permite, entre outras, a deteção e a identificação automática de objetos, sendo esta uma área de investigação em expansão, de aplicação abrangente e de grande utilidade. Para ser efetuado o correto reconhecimento das áreas de interesse (extração de objetos), nas imagens adquiridas, é necessária a seleção dos sensores mais adequados, assim como das técnicas mais eficientes para o processamento digital das imagens.

3.1 INTRODUÇÃO

A primeira aeronave remotamente pilotada foi construída no ano de 1920 e teve por nome “*The Sperry Messenger*”, contudo, e apesar de ter suscitado muita curiosidade, o tempo de paz que se vivia fez com que não lhe fosse atribuída grande utilidade prática. Só volvida uma década sobre este acontecimento, voltariam a ser usados *drones*, mas apenas para efeitos de treino de antiaéreas (DeGarmo, 2004).

Só os assinaláveis desenvolvimentos tecnológicos, sobretudo, nas áreas das telecomunicações e do controlo, registados nas décadas de 70 e 80 do século passado, levaram ao reacendimento do interesse por estes veículos, tendo, a força aérea israelita, liderado, a nível global, o desenvolvimento de novos VANT. Mesmo os Estados Unidos da América viriam a integrar equipamento israelita, nas décadas de 80 e 90 do século XX, no seu arsenal bélico (DeGarmo, 2004). Desde essa altura, o desenvolvimento dos VANT, essencialmente com propósitos militares, não mais parou (Keegler, 2004; DeGarmo, 2004; Dowd, 2013).

Na última década do século XX, com a miniaturização dos componentes eletrónicos e mecânicos, assistiu-se a um ponto de viragem, começando a aparecer aplicações pacíficas para os VANT, sobretudo em áreas ambientais (DeGarmo, 2004). A partir dessa altura, o desenvolvimento e as áreas de aplicação e de operação dos *drones* têm-se expandido a um ritmo exponencial (Austin, 2010). Com efeito, o uso de *drones* para aplicações civis deverá explodir no futuro próximo. Os principais fatores que sustentam este crescimento estão relacionados com a crescente sensibilização para os benefícios que esta tecnologia pode trazer para uma vasta gama de indústrias e setores não comerciais, bem como com a introdução de sistemas de baixo custo e com os avanços tecnológicos que possibilitaram a miniaturização de componentes individuais.

De acordo com a associação internacional de veículos aéreos não tripulados (*Association for Unmanned Vehicle Systems International – AUVSI*), espera-se que a integração dos RPAS no espaço aéreo nacional dos Estados Unidos, crie mais de 100 mil postos de trabalho e gere um impacto económico de 82 mil milhões de dólares, só para a década de 2015-2025 (*AUVSI Economic Report, 2013*).

Assim, e em jeito de resumo, pode afirmar-se que os *drones*, à semelhança de muitas outras soluções tecnológicas, começaram por ser um produto estritamente militar (DeGarmo, 2004) e começam, agora, a ser utilizados pelo público em geral, necessitando, como todas as tecnologias adotadas, do tempo certo para serem estudadas e integradas no quotidiano das pessoas e das empresas.

Com o forte crescimento a que hoje assistimos e com a generalização da utilização destes sistemas, no futuro próximo, é urgente uma solução, que se revele adequada e necessária à clarificação das condições em que tais aeronaves podem utilizar o espaço aéreo europeu, procurando-se garantir e reforçar, desta forma, a segurança operacional da navegação aérea e de bens e pessoas à superfície. A este nível, Portugal está na linha da frente tendo em vigor, desde 14 de janeiro de 2017, o Regulamento 1093/2016, da Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC), que estabelece as condições de operação, aplicáveis aos RPAS, tendo em consideração, nomeadamente, as normas aplicáveis à organização do espaço aéreo e as regras do ar, constantes do Regulamento de Execução (UE) n.º 923/2012, da Comissão, de 26 de setembro de 2012, que estabelece as regras comuns e as disposições operacionais no respeitante aos serviços e aos procedimentos de navegação aérea, bem como as várias realidades existen-

tes, no que concerne aos locais onde as mesmas podem ou não ser utilizadas. – o regulamento da Autoridade Nacional de Aviação Civil pode ser consultado em <https://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1401209>.

É, no entanto, importante que se caminhe no sentido de se obter uma legislação harmonizada a nível internacional, ou pelo menos a nível europeu, especificamente aplicável à utilização e à operação deste tipo de aeronaves. As iniciativas já em curso na Organização da Aviação Civil Internacional, bem como na Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA), faz supor que esta legislação harmonizada estará para breve.

3.2 COMPONENTES TECNOLÓGICOS DOS VANT

O Sistema VANT é composto por um conjunto de subsistemas que, no seu conjunto, formam o RPAS com várias capacidades, sendo que, cada subsistema tem uma função específica e é indispensável na constituição do produto final. Do ponto de vista tecnológico, os RPAS podem dividir-se em três sistemas principais: a plataforma, ou seja a aeronave; a estação de controlo no solo (*Ground Control Station – GCS*); e os sensores (vulgarmente designados por *payload*), utilizados para adquirir a informação de interesse.

Nas subsecções seguintes, serão aprofundados estes três subcomponentes, pois são muito diversificados e podem ter aplicações distintas, adaptáveis às diversas situações práticas, sobretudo as plataformas e os sensores.

3.2.1 Plataformas

Como referido anteriormente, os VANT são aeronaves que podem ser pilotadas à distância, a partir de uma base ou plataforma que disponibiliza meios eletrónicos e computacionais, controlados por uma pessoa ou por controladores lógicos programáveis. Estas plataformas aéreas podem, também, ser programadas para operarem autonomamente, seguindo um plano de voo predeterminado.

Relativamente à sua denominação, os VANT são, normalmente, classificados em função do tamanho, da autonomia de voo e da capacidade de carga. A classificação é atribuída por categorias: *Micro Air Vehicle* (MAV) ou *Nano Air Vehicle* (NAV), *Vertical Take-Off and Landing* (VTOL), *Low Altitude and Short-Endurance* (LASE), *Low Altitude and Long En-*

duration (LALE), *Medium Altitude and Long Endurance* (MALE), *High Altitude and Long Endurance* (HALE) (Ruiz, 2015). Esta nomenclatura está representada na Figura 3.1, onde se apresenta uma comparação a nível da autonomia e da altura de voo.

De seguida, apresenta-se uma breve síntese de cada uma das classificações listadas anteriormente:

- MAV: inicialmente definido como sendo um *drone* com uma envergadura (comprimento de asa) inferior a 150 cm. É especialmente indicado para operações em ambientes urbanos, incluindo interiores (*indoor*). Devido ao seu baixo peso e à reduzida dimensão, estes modelos são vulneráveis às condições atmosféricas;
- NAV: a sua reduzida dimensão torna-os especialmente úteis para serem utilizados em enxames, para confundir radares, ou em operações de vigilância de muito curta distância. Normalmente, e tal como os MAV, estas plataformas operam a baixas alturas (até 1000 pés – ~300 metros) e têm uma autonomia que varia entre os 5 e os 30 minutos;
- LASE: pequenos VANT de envergadura inferior a 3 metros e com peso entre 2 e 5 kg. Dependendo do modelo, podem ser lançados manualmente ou com recurso a uma catapulta. Normalmente, o sistema completo permite um tempo de comunicação até 2 horas a uma distância limitada (alguns km) da estação de controlo;
- LALE: aeronaves de dimensão e de peso consideráveis, capazes de transportar cargas notáveis a vários km de distância e durante dezenas de horas a alturas relativamente elevadas (vários km);
- MALE: aeronaves de maior dimensão do que os LALE, com maior capacidade de carga e maior autonomia. Normalmente, são operados a distâncias de centenas de km, a partir de bases fixas;
- HALE: os VANT pertencentes a esta categoria são os de maior dimensão e os mais complexos, contando com exemplares semelhantes aos existentes na aviação tripulada. Podem voar a alturas superiores a 20km e contam com autonomias superiores a 30h de voo. São especialmente indicados para missões de longo alcance de reconhecimento e vigilância e estão cada vez mais aptos a transportar armas.

Na lista anteriormente apresentada não estão incluídos os VANT classificados na categoria VTOL, pois são um grupo distinto, por permitirem descolar e aterrar na vertical. Esta

característica representa uma grande vantagem sobre os restantes grupos, sobretudo, porque não necessitam de grandes áreas para efetuarem estas manobras. Normalmente, são utilizados a baixas alturas (centenas de metros), dispõem de capacidade para pairar no ar e de autonomia de algumas (poucas) dezenas de minutos. Estes VANT, vulgarmente designados por multirrotores, têm começado a ganhar aceitação e a sua proliferação parece inevitável, sobretudo, pela grande flexibilidade de operação que oferece. Para a obtenção de imagens utilizadas na deteção de objetos no solo, os VANT mais utilizados estão enquadrados na classificação MAV, VTOL ou LASE. Estas categorias são as mais requisitadas, essencialmente, devido ao baixo custo e à facilidade de operação.

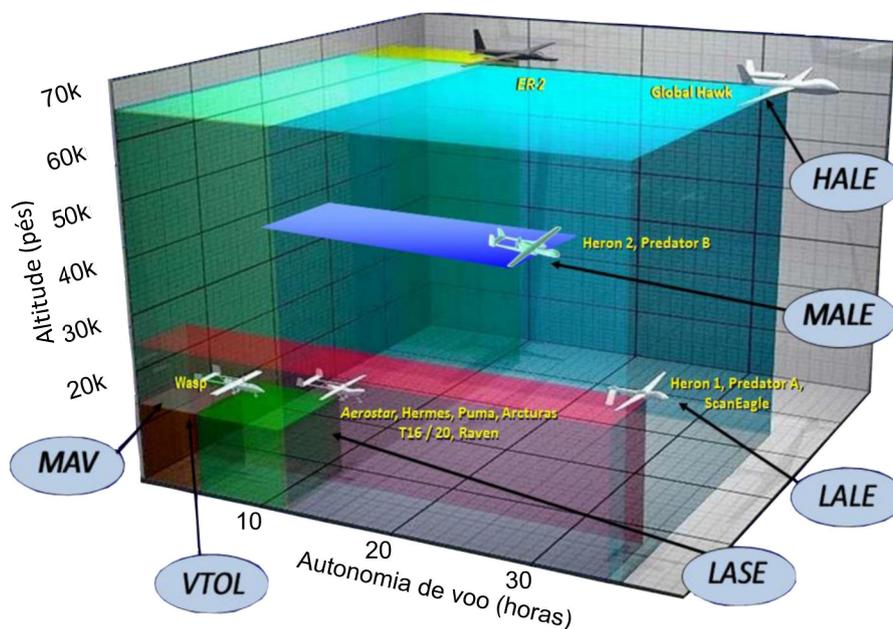


Figura 3.1 – Comparação das diferentes classes de VANT (segundo Polski, 2004).

Do anteriormente exposto, é possível concluir que os VANT são, também, divididos em dois tipos: asa fixa e multirrotores. Normalmente, os asa fixa são utilizados para cobrirem maiores distâncias/áreas, enquanto os multirrotores são mais utilizados em áreas de menor dimensão ou então em aplicações em que a mobilidade e a capacidade de pairar são importantes.

No entanto, a classificação anteriormente apresentada não é unânime, havendo autores que classificam os VANT, em função da ocupação do espaço aéreo, da altura de voo e da au-

tonomia (Austin 2010; Nex and Remondino 2013; Watts et al. 2012; Zhang and Kovacs 2012).

A seleção do tipo da plataforma aérea a utilizar, e o seu desempenho, é determinada pelas necessidades operacionais da missão a desenvolver, sendo, a distância operacional, a velocidade e a resistência necessária para desempenhar a missão, fatores determinantes para a seleção do veículo aéreo apropriado.

Os VANT de maiores dimensões, utilizados em aplicações civis, resultam, normalmente, de adaptações dos modelos militares. Destinam-se a tarefas em que a utilização de aeronaves tripuladas poderiam representar perigos potenciais ou então serem menos eficientes (por exemplo, em operações de vigilância/combate a incêndios florestais). O modelo Ikhana, da NASA (Figura 3.2 (a)), foi usado para adquirir e processar dados relativos à deteção de incêndios florestais, através de uma câmara multiespectral (Ambrosia et al. 2011). Este tipo de equipamento tem associado avultados investimentos devido ao desenvolvimento tecnológico de ponta e à complexidade logística das operações terrestres.

Os VANT de média dimensão padecem, no essencial, das mesmas limitações que os VANT de grande dimensão. A principal vantagem, relativamente a estes últimos, é que permitiram reduzir os custos e facilitar as operações, normalmente delicadas, de descolagem e de aterragem. O modelo SIERRA, também da NASA, é um exemplo de um VANT de média dimensão (Figura 3.2 (b)). Como principais aplicações, destacam-se os estudos da composição atmosférica, os levantamentos árticos, a caracterização da cobertura terrestre, os fluxos superfície/ar, a gestão e a resposta a desastres naturais, a agricultura e os ecossistemas, a oceanografia biológica/física, a teledeteção insular e costeira e a monitorização de recifes de corais (Watts et al. 2012). Para a deteção de ervas daninhas e de incoerências no fornecimento de fertilizantes de plantações de café (Herwitz et al. 2004), foi utilizado o Pathfinder-Plus (Figura 3.2 (c)).

Pelos custos associados, pela baixa portabilidade e pela perícia necessária para o seu manuseamento, estes modelos não são adequados (ou mesmo acessíveis) à maioria das aplicações civis.

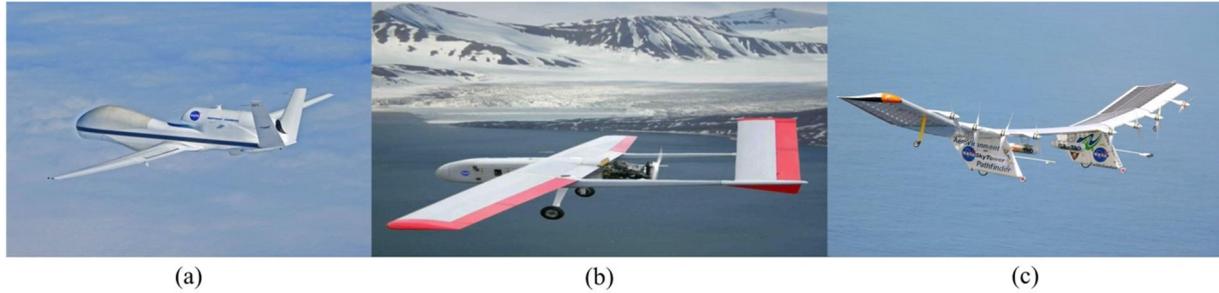


Figura 3.2 – Alguns VANT de média dimensão utilizados em aplicações civis. Os modelos da NASA: (a) Ikhana; (b) SIERRA e; (c) Pathfinder-Plus.

Os mini e micro VANT, especialmente desenvolvidos para utilizações/aplicações civis, são plataformas amigáveis, com peso inferior a 20 kg e com autonomias limitadas, que variam entre alguns minutos e algumas horas (Hardin and Jensen, 2011). Os avanços tecnológicos recentes permitiram desenvolvimentos significativos nesses dispositivos, que são, agora, capazes de obter dados de elevada resolução espacial e a baixo custo (Watts et al., 2012). A expansão desses dispositivos foi facilitada pela miniaturização e pela drástica redução dos preços dos sensores e dos computadores de bordo (Berni et al., 2009).

Como já referido, existem dois tipos principais de micro e mini UAV: asa fixa e multirrotor. Cada um destes tipos tem vantagens próprias para diferentes ambientes e tarefas de utilização. O tamanho da área de interesse, a sua complexidade, a resolução desejada, as condições meteorológicas e o espaço disponível para levantar/aterrar, são as principais condições a considerar no momento de se selecionar o VANT. Obviamente que a simplicidade de operação do equipamento é, também, fator importante a ter em conta, constituindo a facilidade de planeamento de missões e de operação dos VANT uma grande vantagem, pois os voos poderão ser realizados através de um único interface.

Os *drones* de asa fixa, pela sua capacidade para realizarem voos até vários quilómetros do ponto de lançamento, são particularmente indicados para aplicações ligadas à agricultura, extração mineira e gestão ambiental. Normalmente, este tipo de *drone* pode voar a alturas elevadas e a velocidades relativamente elevadas, o que lhes permite cobrir grandes áreas, garantindo resoluções espaciais de alguns centímetros. No entanto, são lançados à mão ou, então, recorrem a equipamento extra, tais como rampas de lançamento, complicando a logística associada ao voo, e exigem, também, um corredor, relativamente largo (algumas dezenas de

metros) e comprido (algumas centenas de metros), livre de obstáculos para aterrar. Existe, no mercado, uma grande variedade deste tipo de UAV, estando alguns dos mais bem-sucedidos, para aplicações civis, apresentados na **Figura 3.3**.



Figura 3.3 – Alguns dos UAV de asa fixa comerciais mais populares: (a) QuestUAV Q-Pod; (b) Trimble UX5; (c) SenseFly eBee; (d) MAVinci Sirius Pro; e (e) PrecisionHawk Lancaster. A UTAD possui os modelos eBee e Lancaster. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes.

O segundo tipo de UAV recorre a um conjunto de 4 ou mais hélices, dispostas em torno do seu núcleo (**Figura 3.4**) e são especialmente indicados para inspeção de estruturas, construção, extração mineira, resposta em situações de emergência, verificação de conformidade legal e audiovisual, sobretudo pela sua flexibilidade de utilização. As suas relativamente baixa altura de voo e limitada autonomia não lhes permitem cobrir grandes áreas. No entanto, apresentam como grandes vantagens a elevada resolução espacial (até alguns milímetros por pixel) e o facto de não exigirem muito espaço para executar as manobras mais delicadas como são o levantamento e a aterragem. Para além disso, os multirrotores, quando comparados com os asa fixa, são menos propensos a vibrações (**Wallace et al., 2011**). À medida que mais rotores são adicionados, menor é o risco de colisão e cargas mais pesadas poderão ser suportadas, embora a limitação da dimensão da carga útil permaneça (**Anderson e Gaston, 2013**).

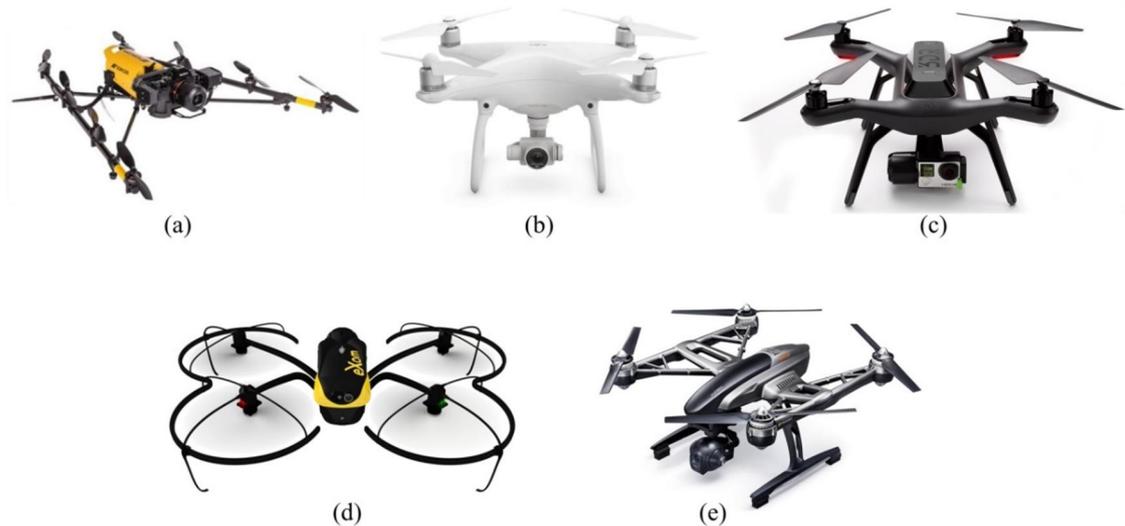


Figura 3.4 – Alguns dos multirrotores comerciais mais populares: (a) Topcon Falcon 8; (b) DJI Phantom 4; (c) 3DR SOLO Quadcopter; (d) SenseFly eXom; and (e) Yuneec Typhoon. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes.

No momento da aquisição de um mini e/ou micro UAV, deverão ser considerados alguns fatores. [Anderson e Gaston \(2013\)](#) apresentaram os quatro fatores principais a serem considerados: (1) o tipo de plataforma; (2) o(s) sensor(es); (3) a facilidade de operação; e (4) as restrições ambientais. A [Tabela 3.1](#) resume as principais diferenças entre os UAV de asa fixa e os multirrotor.

Tabela 3.1 – Comparação entre mini e micro UAV de asa fixa e multirrotores, em função de parâmetros específicos e das aplicações a que se destinam.

| | Asa fixa | Multirrotor |
|---------------------------------|--|--|
| Resolução da imagem | Até ao cm/pixel | Até mm/pixel |
| Levantamento | Lançamento à mão/rampa | Vertical |
| Capacidade de carga | Baixa | Pode ser relativamente elevada (dependendo do número de rotores) |
| Autonomia | Média (típico 1 h) | Baixa (típico < 20 min) |
| Aterragem (necessidades) | (várias) centenas de metros de extensão | Poucos metros quadrados |
| Cobertura | Na maioria das situações, os asa fixa têm melhores desempenho nestes parâmetros | |
| Velocidade de cruzeiro | | |
| Resistência ao vento | | |
| Principais aplicações | Cartografia, agricultura e floresta, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), gestão ambiental, etc. | Inspeções/monitorização de proximidade, cartografia de escala muito elevada, construção e emergência |

3.2.2 Sensores

Independentemente da aplicação a que se destina a operação com UAV, esta só pode ser bem-sucedida se for(em) utilizado(s) o(s) sensor(es) apropriado(s) (Siebert e Teizer 2014). O mercado tem para oferecer uma vasta variedade de sensores, pelo que a escolha nem sempre é fácil, sobretudo para utilizadores menos experientes.

A título de exemplo, e para completar este capítulo, incluindo, também, um dos principais componentes dos RPAS, apresentam-se a seguir, e de forma bastante resumida, os principais tipos de sensores disponíveis e algumas das suas principais utilizações. De salientar que, dada a velocidade a que este setor tem vindo a desenvolver-se (Wagner 2015), é provável que esta secção fique, rapidamente, desatualizada.

Os UAV são capazes de transportar uma grande variedade de sensores, desde câmaras digitais comerciais de baixo custo até equipamentos profissionais e muito dispendiosos, tais como câmaras hiperespectrais ou sensores LiDAR, especialmente desenvolvidos para UAV (Klemas 2015). Assim, os sensores utilizados podem ser passivos (os mais comuns e, geralmente, menos dispendiosos) ou ativos (emitem e recebem a sua própria energia/radiação).

Os sensores óticos (vulgarmente conhecidos por RGB – *Red/Green/Blue*) operam nas bandas da região do visível (ao olho humano), aproximadamente, de 400 a 700 nm. Estes são o tipo de sensor mais utilizado e são, também, aqueles que oferecem maior diversidade de desempenho, mas também de preços. Em Colomina e Molina (2014), apresenta-se uma lista de câmaras disponíveis que operam nas bandas do visível. A Figura 3.5 apresenta alguns desses sensores, especialmente indicados para mini e micro *drones*.



Figura 3.5 – Alguns sensores óticos (RGB) utilizados por UAV (a) GoPro Hero 4 Black edition; (b) Canon G9X; (c) Panasonic Lumix DMC-TZ71; (d) Sony Alpha 7; e (e) Nikon D800. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes.

Os principais produtos que se podem obter a partir do processamento das imagens obtidas por estes sensores são ortomosaicos e modelos digitais de terreno/superfície e modelos 3D recorrendo ao algoritmo SfM (*Structure from Motion*) (Nex and Remondino 2013).

Outro tipo de sensor muito utilizado, sobretudo em aplicações agroflorestais, opera na região do Infravermelho próximo (NIR – *Near InfraRed*), ou seja, no intervalo de 700 a 1000 nm, ainda que estas fronteiras, entre visível e infravermelho, não estejam muito bem definidas (Austin 2010). Normalmente, as câmaras RGB podem ser transformadas para operarem na região do NIR. A Figura 3.6 apresenta alguns sensores NIR utilizados por UAV.



Figura 3.6 – Sensores NIR comumente utilizados por UAV: (a) Canon S110; (b) Panasonic Lumix 7; e (c) Fujifilm X-M1. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes.

Existem, ainda, sensores que operam na região do infravermelho afastado (FIR – *Far InfraRed*). Nesta região, e à medida que o comprimento de onda aumenta, a radiação vai sendo sentida como calor. As câmaras térmicas operam, sobretudo, entre os 5000 nm e os 14000 nm, sendo cada pixel medido transformado numa medição de temperatura. A Figura 3.7 apresenta dois exemplos de câmaras térmicas desenvolvidas para serem utilizadas num UAV.

Comparativamente aos dois grupos de sensores anteriormente apresentados, as câmaras térmicas são bastante mais dispendiosas e a sua resolução é bastante inferior (Mejias et al., 2015). Estes sensores proporcionam a obtenção de mapas térmicos (Lagüela et al., 2015) e podem ser utilizados para a gestão de sistemas de rega (Gonzalez-Dugo et al., 2013), avaliação de painéis solares (Quarter et al., 2014) e deteção de vida, através das assinaturas térmicas de animais ou de pessoas (Israel, 2011).



Figura 3.7 – Exemplos de sensores térmicos desenvolvidos para UAV: (a) Workswell WIRIS e (b) FLIR Vue. As imagens foram obtidas a partir dos sítios web dos fabricantes.

Até recentemente, os sensores multi e hiperespectrais eram considerados demasiado pesados para serem utilizados em UAV de pequenas dimensões e de baixo peso, exceção feita a alguns protótipos (Saari et al. 2011). Só recentemente, com os desenvolvimentos tecnológicos, foi possível produzir sensores que pudessem ser transportados por UAV, ainda que continuem a preços muito elevados.

Finalmente, existem também disponíveis no mercado, sensores LiDAR, cada vez mais utilizados para gerar nuvens de pontos 3D. No futuro muito próximo, e com a miniaturização tecnológica que temos assistido, é expectável uma forte redução do preço deste tipo de equipamento (Watts et al., 2016).

3.2.3 Estação de controlo

Os VANT representam, então, uma evolução tecnológica nas áreas da automação e da robótica e estão equipados com sistemas de telemetria, recetor GNSS e uma unidade inercial (IMU – *Inertial Measurement Unit*). O IMU é composto por medidores da força da gravidade, orientação e velocidade (Han et al., 2011). A telemetria é utilizada para a comunicação entre a aeronave e a estação de controlo (na literatura é vulgarmente conhecida por *Ground Control Station* – GCS). Na maior parte das vezes, e para os VANT de pequena dimensão, a GCS é materializada por um computador portátil, servindo como patamar principal, e uma antena (Cai, Dias and Seneviratne, 2014). É, normalmente, através da GCS que se controla o voo e, muitas vezes, se programa a missão. Dependendo do VANT utilizado, a GCS pode servir para comandar todas as operações no VANT, usando o sistema de comunicações para transmitir as

diferentes instruções. Também o lançamento e a aterragem da aeronave são, normalmente, comandados a partir da GCS.

O sistema de comunicações, materializado por uma antena de rádio, atualmente o único meio (conhecido) utilizado por estes sistemas (Cai, Dias and Seneviratne, 2014) é, provavelmente, o componente mais exigente, pois tem por requisito providenciar a transmissão de dados, nos dois sentidos, entre a estação de controlo e o veículo (Austin, 2010). Teoricamente, esta comunicação poderia ser, também, assegurada via laser ou fibra ótica (Austin, 2010).

Novamente, será necessário obter-se um compromisso entre a tecnologia a bordo e o preço e a dimensão do VANT, pois, normalmente, são diretamente proporcionais. A distância a que é possível controlar o VANT, desde a GCS, a sofisticação necessária para assegurar as transmissões *downlink/uplink* e a necessidade de segurança, determinam o nível de energia elétrica, a complexidade do processamento, a complexidade da antena, o peso e o custo das comunicações rádio (Austin, 2010).

Na Figura 3.8 pode ver-se a preparação da GCS que permite controlar o UAV de asa fixa, eBee da senseFly, propriedade da UTAD.



Figura 3.8 – A estação de controlo terrestre (GCS) do eBee (senseFly).

3.3 (POTENCIAIS) BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DOS VANT PARA AS FORÇAS DE SEGURANÇA

Este trabalho de investigação, realizado em colaboração com a PSP de Vila Real, mas com o patrocínio da Direção Nacional da PSP, incide sobre uma das possíveis aplicações dos *drones* para auxiliar as forças de segurança numa das suas tarefas diárias, no caso concreto, os acidentes rodoviários. No entanto, e como facilmente se percebe pelas secções anteriores, os *drones* poderão auxiliar as forças de segurança num vasto conjunto de funções, desde o patrulhamento a ações das forças especiais. Da experiência adquirida com a realização deste trabalho, pode concluir-se que, num futuro próximo, os *drones* serão meios baratos e eficazes para garantir a segurança interna. O seu baixo custo, quando comparados com operações que recorrem a helicópteros tripulados, representa, indiscutivelmente, uma grande vantagem para apoiar pequenas formações de polícias (Constantinescu and Nedelcut, 2011). Os mesmos autores defendem que, se utilizados numa base diária, os *drones* poderão ser usados no patrulhamento, detetando, diretamente a partir do ar, crimes de rua, furtos, roubos, assaltos de carros, entre muitos outros eventos.

Por outro lado, a utilização de helicópteros tripulados para missões de alto risco, nomeadamente, aquelas executadas pelas forças especiais, para além de requererem um tempo de preparação elevado, podem ser facilmente detetadas devido ao ruído emitido por aquelas máquinas voadoras e, também, pela sua grande dimensão. Em oposição a este cenário, os VANT podem ser lançados imediatamente e permitem uma atuação discreta e a reduzido custo (Alfaro, 2015). Assim, e em apenas alguns minutos e sem colocar vidas em risco, poderá ser feito o reconhecimento do terreno facilitando a preparação da intervenção. Mesmo depois de iniciada aquela intervenção, os *drones* continuam a poder ser usados na supervisão da operação em curso, informando os membros no terreno, e em tempo real, sobre os perigos eventuais e/ou alterações que vão ocorrendo (Constantinescu and Nedelcut, 2011). Ainda no tema das intervenções de elevado risco, os *drones* poderão ser equipados com diferentes sensores e utilizados para detetar agentes químicos e/ou biológicos (Keegler, 2004; Wallace, 2012) ou utilizados em missões de deteção e desmantelamento de explosivos o que, pelo baixo custo de algumas soluções atuais, permite descartá-las no final da missão, se houver essa necessidade (Maynell, 2007). Também ao nível da gestão e do planeamento de situações que envolvam reféns, os VANT poderão desempenhar um papel fundamental (Constantinescu and Nedelcut,

2011;Wallace, 2012). Qualquer das possíveis utilizações propostas anteriormente permitirá evitar o uso de agentes que, com elevada exposição ao risco, são normalmente utilizados para recolher informações relevantes para preparar as intervenções das forças de segurança. Por outro lado, e embora as grandes organizações contem com meios aéreos tripulados, estes são em número reduzido e envolvem elevados custos de operação e de manutenção. Os VANT, por seu lado, são fáceis de transportar e não representam despesas de manutenção elevadas.

Se utilizados a outro nível, por exemplo, em situações de desordem pública, a presença dos VANT terá um efeito dissuasor, pois a mera presença do VANT avisará as massas que os seus movimentos estão a ser monitorizados/vigiados (Wallace, 2012). Por fim, mas não menos importante, as gravações efetuadas pelos VANT poderão ser usadas como elemento de prova em tribunal (Constantinescu and Nedelcut, 2011), embora, neste caso e para o nosso país, seja necessária uma revisão das leis de privacidade e de proteção de dados.

3.4 LIMITAÇÕES (ATUAIS) DOS VANT

Pese embora os extraordinários desenvolvimentos registados nos últimos anos, as condições de forte turbulência do ar continuam a ser uma das principais limitações da utilização dos VANT. Estas condições extremas, para além de colocarem em risco o equipamento, põem em causa o sucesso da missão, pois poderá não ser possível assegurar a rota, previamente, definida. Ainda assim, e quando comparados com veículos aéreos tripulados, os *drones*, por terem o seu equipamento eletrónico bem acondicionado, e normalmente integrado no corpo do aparelho, apresentam uma grande vantagem (Austin, 2010). Outra limitação, sobretudo dos *drones* de baixo custo e de pequenas dimensões, reside na limitada capacidade de carga, o que implica o recurso a câmaras de pequenas dimensões e menos estáveis, resultando imagens de qualidade inferior (Eisenbeiß, 2009). Por outro lado, e embora esta limitação esteja em vias de ser resolvida, pois a maioria dos fabricantes já está a trabalhar neste campo, a generalidade dos VANT ainda não possui sistemas que evitam obstáculos, dificultando a sua utilização para além da linha de vista. Adicionalmente, os VANT ainda não estão equipados com sistemas de comunicação de tráfego aéreo e sistema anti-colisão.

Outra limitação atual dos VANT prende-se com a autonomia, pois a maioria dos pequenos VANT estão equipados com motores elétricos de baixa potência, algo que só poderá ser ultrapassado com a introdução de motores elétricos mais potentes, o que necessitará de me-

lhorias ao nível da capacidade das baterias. Para colmatar esta limitação começam já a aparecer soluções híbridas, ou seja, plataformas que usam bateria e energia solar (Smith and Rajendran, 2014).

Um outro problema, e que pode passar despercebido às forças de segurança, é o facto de os *drones* poderem ser utilizados para fins ilícitos (Severiano, 2015). Por exemplo, o *payload* pode incluir uma quantidade determinada de droga e a entrega pode ser feita sem risco direto para os traficantes. Ou seja, como quase sempre acontece com as novas tecnologias, será sempre possível pensar em aplicações ilícitas que serão, com toda a certeza, aproveitadas por pessoas mal-intencionadas.

3.5 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

A utilização de aeronaves civis não tripuladas (pilotadas remotamente) é hoje uma realidade irrefutável, seja em atividades de recreio, desportivas, de competição, de interesse público ou em atividades de natureza comercial. Esta realidade tende a conhecer um desenvolvimento e um incremento substanciais, sendo que a operação massiva e desregulada das mesmas pode, em certas situações, ser suscetível de afetar, negativamente, a segurança operacional da navegação aérea e, ainda, a segurança de pessoas e de bens à superfície, bem como permitir a sua utilização para a prática de atos de interferência ilícita. A Figura 3.9 apresenta alguns destaques de incidentes recentes provocados por utilizações de drones em espaço não autorizado. Estes incidentes têm feito aumentar a pressão sobre as autoridades e o poder político para que sejam tomadas medidas.

Novo incidente com *drone*. É o sétimo neste mês

Avião da Ryanair estava na aproximação ao Aeroporto de Lisboa quando se cruzou com *drone*.

LUSA · 26 de Junho de 2017, 22:17 (actualizado a 26 de Junho às 22:28)



Incidentes com *drones*? "Isto não pode continuar"



SOCIEDADE

É já a 14.^a vez desde o início do ano: jacto cruza-se com *drone* no Aeroporto do Porto

Figura 3.9 – Destaques de incidentes recentes com *drones*.

Ainda não existe, a nível internacional ou europeu, legislação harmonizada especificamente aplicável à utilização e operação deste tipo de aeronaves, pese embora existam já algumas iniciativas em curso na Organização da Aviação Civil Internacional (*ICAO – International Civil Aviation Organization*), bem como na AESA. Tendo presente a utilização crescente, para os mais diversos fins, destas aeronaves e os riscos inerentes à sua utilização desregulada, anteriormente identificados, Portugal tem em vigor, desde 14 de janeiro de 2017, um regulamento (1093/2016 da ANAC) que determina as condições aplicáveis à operação e utilização destas aeronaves no espaço aéreo nacional. Estas normas aplicam-se independentemente da atividade que se pretende realizar ou da finalidade de utilização destas aeronaves. Assim, e em termos gerais, as principais regras de utilização (retiradas do regulamento ANAC 1093/2016) ditam que:

1. Os sistemas aéreos remotamente pilotados (RPAS) apenas podem efetuar voos diurnos, em operações de linha de vista (*VLOS – Visual Line Of Sight*), até 120 metros acima da superfície (400 pés), à exceção das aeronaves brinquedo, que não devem exceder 30 metros de altura (100 pés);
2. A operação de RPAS deve ser executada de forma a minimizar riscos para as pessoas, bens e outras aeronaves;
3. Os UAV devem manter uma distância segura de pessoas e bens patrimoniais, de forma a evitar danos em caso de acidente ou incidente;
4. O piloto remoto deve dar prioridade de passagem às aeronaves tripuladas e afastar-se das mesmas sempre que, por qualquer razão, as aeronaves tripuladas estejam excepcionalmente a voar a uma altura próxima do UAV;
5. Os pilotos remotos e os observadores do UAV não podem exercer funções quando se encontrem em qualquer situação de incapacidade da sua aptidão física ou mental, que possa afetar a segurança no exercício daquelas funções, nem quando se encontrem sob a influência de quaisquer substâncias psicoativas ou medicamentos que possam afetar a sua capacidade de as exercer de forma segura e adequada;
6. O piloto remoto deve certificar-se previamente que tanto o UAV como o restante sistema, se encontram em perfeitas condições para a realização do voo;
7. Existindo um ou mais observadores a auxiliar o piloto remoto, os mesmos devem manter contacto visual direto e ter capacidade para estabelecer, a qualquer momento, comunicações bilaterais diretas, por qualquer meio ao seu dispor;

8. Nas operações VLOS não podem ser pilotadas mais de uma aeronave em simultâneo;
9. Os UAV devem voar sempre com luzes de identificação ligadas (quando existentes), independentemente de se tratar de voos noturnos ou diurnos;
10. Os UAV que se encontrarem a voar no interior das áreas mencionadas no n.º 1 do artigo 8.º (Norma de isenção para os voos de aeromodelos), podem evoluir até ao limite máximo vertical de tais áreas, ainda que o mesmo seja superior a 120 metros acima da superfície.

As regras de utilização gerais que constam do regulamento em vigor limitariam a utilização deste tipo de equipamentos por parte das forças de segurança, no entanto, e tal como mencionado na alínea *a)* do ponto 3 do Artigo 1.º, daquele regulamento “*Exclui -se do âmbito do presente Regulamento a operação de sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente consideradas aeronaves de Estado*”, deixando, assim, margem para que operações consideradas de importância vital para a manutenção de um estado de direito possam ser executadas à margem do regulamento. Assim, estudos como aquele que é apresentado neste documento fazem cada vez mais sentido.

Segundo os últimos dados fornecidos pela AESA, em meados de 2018 deveremos dispor de uma legislação aplicável a toda a Europa. Pelo que se sabe, pelas discussões públicas existentes, o regulamento português estará próximo daquela legislação uniformizada.

A situação legislativa relativamente à utilização de VANT a nível internacional é apresentada por [Cracknell \(2017\)](#).

3.6 A EVOLUÇÃO DO MERCADO

Embora não seja diretamente do âmbito deste estudo, será interessante comparar os métodos principais de obtenção de imagens para diversos fins e atividades. Assim, e como referido anteriormente, uma das principais vantagens das imagens obtidas através do uso de *drones* reside no seu baixo custo, quando comparados com métodos de obtenção de imagem concorrentes como aviões tripulados ou satélites. Uma simples pesquisa na Internet não é capaz de revelar números concretos, pois esta é uma área muito sensível da atividade comercial. No entanto, qualquer comparação entre estas três diferentes formas de obtenção de imagens é intrinsecamente difícil. Qual é a solução mais rentável? A resposta dependerá sempre dos

propósitos da aplicação e do modelo de negócio. No entanto, comparando o preço unitário da plataforma, o satélite Landsat 8 envolveu, no seu desenvolvimento e exploração, um custo total de cerca de 800 M€, enquanto um Cessna 172, modelo regularmente utilizado em operações fotogramétricas, tem um custo de cerca de 800.000€. Um *drone* profissional, com capacidade para voo totalmente autónomo, como é o caso do eBee RTK, da senseFly, custa cerca de 25.000€ e o Phantom 4, da DJI, cerca de 1.600€. Obviamente que a operação de satélites está apenas ao alcance de instituições governamentais ou de grandes companhias. Nos casos em que o modelo de negócio não passa pela venda de imagens ou por serviços tendo por base imagens, a aquisição de um avião tripulado também está posta de parte. Qualquer entidade, mesmo a título individual, poderá adquirir um *drone*.

No entanto, a comparação de preços é mais realista quando se comparam os preços de aquisição das imagens. Nos últimos anos, com a queda dos preços dos *drones* e com a suavização da legislação (em alguns países continua a não existir qualquer legislação), os *drones* apresentam-se como a solução mais competitiva.

3.7 SELEÇÃO DO VANT PARA A REALIZAÇÃO DESTE ESTUDO

Do anteriormente exposto, facilmente se conclui que existe uma grande variedade de modelos de VANT que se poderiam utilizar na realização deste estudo. No entanto, tendo em conta que se pretende obter uma solução de fácil transporte e operação, a seleção da plataforma ficou, imediatamente, limitada aos VANT de pequenas dimensões e de baixo peso. Por outro lado, pretende-se que a solução final seja de relativo baixo custo, pelo que ficarão excluídas as soluções mais caras. Finalmente, mas não menos importante, tiveram que ser avaliados os recursos já disponíveis pelos parceiros do projeto.

Ponderando todos estes fatores, o VANT utilizado neste estudo foi o DJI Phantom 4 (DJI, Shenzhen, China). Trata-se de um VANT de pequenas dimensões, com 1380 g de peso e com uma autonomia de cerca de 25 minutos por bateria. Está equipado com um recetor GNSS (GPS/GLONASS), uma câmara de pequenas dimensões e um sistema frontal detetor de obstáculos. A câmara tem uma resolução de 12 MP, permitindo a obtenção de imagens com uma resolução máxima de 4000 × 3000 pixels. A estabilização da câmara é assegurada por um *gimbal* tri-axial. Relativamente ao comando remoto, este pode ser conectado a um *smartphone* ou a um *tablet*. A [Figura 3.10](#) apresenta o modelo utilizado:



Figura 3.10 - O modelo de VANT utilizado neste estudo (Phantom 4 da DJI) com pormenor do *gimbal*, da câmara e do comando. As imagens foram obtidas do sítio web do fabricante.

No capítulo seguinte apresenta-se a metodologia proposta e que resulta da realização de um conjunto elevado de testes e experiências, no âmbito deste estudo, com o objetivo de provar o conceito, ou seja, de verificar a viabilidade da utilização desta tecnologia na investigação de acidentes rodoviários.

Capítulo 4

Proposta de nova metodologia para Investigação de Acidentes rodoviários

Atualmente, a recolha de informações/indícios de acidentes rodoviários é, geralmente, realizada com recurso a fita métrica e rodas medidoras. Em alguns países, esta recolha é seguida, ou complementada, por medições com estação total, recetores GNSS ou laser *scanning* 3D (Pix4D, 2014). No entanto, para além de limitadas, pois providenciam apenas algumas medições, a generalidade dessas abordagens conduzem a erros, uma vez que dependem muito da perícia e do esforço do operador. O recurso ao laser *scanning* 3D é bastante dispendioso, muito demorado e exige operadores com alguma experiência. Além disso, terão de ser consideradas as obstruções aos raios laser, provocadas por obstáculos existentes, mesmo pelos veículos acidentados, e a dificuldade em localizar locais apropriados para instalação dos *scanners*. Como resultado, normalmente, obtêm-se nuvens de pontos com muitas falhas de informações. Por estas razões, as circunstâncias poderão levar à utilização da combinação de dois ou mais métodos anteriormente apresentados para completar a tarefa de recolha de informações no local do acidente.

Os VANT são, atualmente, soluções muito práticas e eficientes e já são amplamente utilizados para responder a situações de emergência, nomeadamente para monitorizar desastres naturais. Assim, faz todo o sentido pensar na utilização de *drones* para a recolha de informações e para a reconstrução de acidentes rodoviários.

Neste capítulo, apresenta-se uma nova proposta de recolha de informações e reconstrução da cena do acidente, recorrendo a *drones* de baixo peso e de pequenas dimensões, com capacidade para substituir, na grande maioria das situações, as metodologias atualmente utilizadas.

4.1 METODOLOGIA PROPOSTA

A nova metodologia baseia-se, então, na utilização de um VANT multirrotor, de baixo peso e de pequenas dimensões, que poderá operar em modo totalmente automático ou em modo manual, dependendo do enquadramento da área a sobrevoar, nomeadamente, da existência de obstáculos. A plataforma aérea está equipada com uma câmara RGB para recolher imagens da cena, um recetor GNSS para orientar as operações de voo e para fornecer informação geográfica para cada imagem adquirida. É, também, a existência do recetor GNSS que permite voar autonomamente, seguindo uma trajetória de voo predefinida e adquirir, automaticamente, imagens da cena do acidente.

A metodologia proposta é, na sua maior parte, totalmente automatizada, reduzindo, por isso, a intervenção humana e os erros que lhe estão associados, e o protocolo para a sua utilização pode ser apresentado de forma simples:

- Preparação do *drone* e aquisição das imagens da área do acidente e da sua envolvente;
- Determinação de duas ou três medidas de referência para aferição da qualidade dos produtos finais e calibração (podem ser usadas pequenas barras com dimensão bem conhecida, colocadas na área em direções concorrentes, medições à fita ou medições com recetor GNSS) – Este passo revelou-se, com a realização dos vários testes, desnecessário;
- Processamento recorrendo a um *software* fotogramétrico e a um fluxo de trabalho totalmente automático.

O procedimento completo, poderá ser executado logo após a chegada ao local do acidente e terá uma duração total de alguns minutos. No caso do protocolo anteriormente apresentado, as operações de aquisição das imagens demorarão cerca de 5 minutos, dependendo, obviamente, da dimensão da área a cobrir. Relativamente ao último ponto, dependendo do número de imagens adquiridas, o tempo de processamento estará compreendido entre 15 e 100 minutos, mas, nesta fase, já em gabinete.

A técnica baseada no uso de VANT pode ser usada para substituir, ou complementar, os métodos tradicionais, como se prova no capítulo seguinte, tornando a reconstrução do acidente adequada para utilização em memória futura. Em gabinete, poderão ser realizadas medições

precisas e, a qualquer momento, poderão ser confirmadas e realizadas novas medições. Isso não é possível com os métodos tradicionais, pois, a partir do momento em que o acidente é declarado resolvido, as viaturas são retiradas e quaisquer evidências serão perdidas. O tempo é, por isso, essencial para manter os indícios, sobretudo quando as condições climáticas, ou outras, os podem fazer desaparecer.

Para garantir que a metodologia proposta é capaz de substituir, ou pelo menos complementar, as abordagens atuais, o planeamento da missão e a aquisição das imagens (ponto 1 do protocolo), assim como o processamento (ponto 3 do protocolo) são cruciais em termos de garantia de rigor e em termos do tempo de execução.

4.1.1 Planeamento do voo

Depois de chegar ao local do acidente, e ainda antes de recolher os dados, é opcional realizar duas ou três medições ou, em alternativa, colocar objetos com dimensões conhecidas no cenário a ser coberto pelo voo (ponto 2 do protocolo). Essas medições, tal como referido, servirão para constranger a escala e para melhorar a precisão dos resultados. Evidências materiais, normalmente espalhadas pela área do acidente, poderão ser destacadas recorrendo a um marcador de *spray* ou a giz, para aumentar a visibilidade nas imagens. O próximo passo consiste em preparar o *drone* para a missão. Existem diferentes aplicativos disponíveis que podem ser usados para planejar a missão, no entanto, o aplicativo escolhido deverá permitir configurações básicas, mas essenciais, como definir a área de interesse, o ângulo da câmara e a altura do voo (ou a resolução espacial). Obviamente, estas tarefas poderão ser realizadas em simultâneo com as anteriores, dependendo do número de agentes disponíveis, mas normalmente serão, no mínimo, dois agentes a deslocar-se ao local.

4.1.2 Aquisição das imagens

As características da área circundante ao local do acidente terão de ser consideradas na definição da altura do voo, pois será necessário realizar a aquisição das imagens obedecendo a todos os princípios de segurança. Áreas abertas, com poucos obstáculos, não oferecem, normalmente, grandes condicionantes. No entanto, e como a maioria dos acidentes ocorrem onde há maior intensidade de tráfego, por um lado, e como se pretende apresentar uma solução capaz de ser usada na grande maioria das ocorrências, por outro lado, teremos que contar com a existência de obstáculos. Por exemplo, se o acidente ocorrer em ambiente urbano, é bem pos-

sível que a área envolvente esteja preenchida com postes de iluminação, árvores ou edifícios, ou todos em simultâneo.

Em áreas abertas, sem obstáculos, o VANT pode operar autonomamente, ou seja, cumprirá, em modo totalmente automático, um plano de voo predefinido. Neste caso, bastará um plano simples, que cubra a área do acidente e a sua envolvente, com a câmara ajustada na posição nadiral (apontando diretamente para o solo – ângulo 90°) para se obter o ortomosaico da área de interesse. No entanto, para se obter mais detalhes e para gerar um modelo 3D mais preciso, será fundamental uma missão que garanta, também, a aquisição de imagens oblíquas, seja em voo autónomo ou através de uma missão de voo livre (modo manual). Esta operação garantirá que as laterais dos veículos da cena do acidente serão devidamente cobertas pelas imagens adquiridas. A operação em modo manual é especialmente indicada quando os acidentes ocorrem em ruas ladeadas por edifícios altos ou em outros locais com outro tipo de obstáculos com alguma dimensão, pois a altura de segurança exigida para a operação em modo automático poderá ser de tal forma elevada que não será possível garantir o nível de detalhe. Mesmo assim, haverá casos em que, pelo menos, um dos lados do(s) veículo(s) acidentado(s) não poderá(ão) ser coberto(s) pelo *drone*, pelo que essas lacunas poderão ser colmatadas recorrendo a imagens terrestres adquiridas, por exemplo, com um *smartphone* – o [Capítulo 5](#) apresenta alguns testes realizados envolvendo, também, imagens obtidas de uma perspetiva terrestre.

4.1.3 Processamento

Após a realização de cada voo, as imagens adquiridas são processadas recorrendo a um *software* fotogramétrico, o que permite automatizar o processamento das imagens adquiridas. De forma simplista, poderemos dizer que a fotogrametria permite recorrer às imagens aéreas obtidas para recrear a cena em ambiente digital. Tem, por isso, muitos benefícios e está a ser implementada, gradualmente, em muitas áreas de aplicação ([Topolšek et al., 2014](#)). Geralmente, este tipo de ferramenta tem a capacidade para gerar nuvens de ponto, malhas 3D texturizadas, ortomosaicos e modelos digitais de superfície (DSM – *Digital Surface Model*). Para além desta informação, fundamental para permitir inspecionar a cena do acidente como se estivéssemos no local, estas ferramentas permitem, também, extrair relatórios para aferir a qualidade do processamento. De entre as várias opções de *softwares* fotogramétricos disponíveis, suscetíveis de serem utilizados no processamento, deveremos optar por aqueles que

permitam constranger a escala do mosaico obtido, garantindo, dessa forma, medições mais precisas.

O aparecimento das câmaras digitais, no início deste século, mudou completamente o fluxo de trabalho típico em fotogrametria. Com efeito, a utilização de fotografias digitais possibilitou o recurso a computadores para processar as imagens e produzir informação geográfica, sem necessidade de recorrer a *scanners* dispendiosos, usados nos processos analíticos. Em paralelo, as técnicas de visão por computador também contribuíram, de forma decisiva, para os avanços da “nova” fotogrametria digital, até há menos de duas décadas, restrita a muito poucos. Com efeito, nesta área em forte e rápido desenvolvimento, apareceram vários algoritmos que são hoje, a base dos *softwares* fotogramétricos mais recente. O algoritmo SIFT (*Scale Invariant Feature Detector*), desenvolvido por [David Lowe \(1999\)](#), permite encontrar pontos fundamentais na imagem, chamados de *keypoints*, atribuindo-lhes uma assinatura característica. Ao comparar imagens diferentes, podemos comparar os *keypoints*, e, quando as assinaturas de um certo conjunto de pontos possuir valores muito próximos, podemos dizer que esses pontos representam o mesmo objeto retratado nas duas imagens.

Os vários processos de obtenção do ortofotomosaicos, na fotogrametria digital, são semelhantes aos utilizados na fotogrametria analítica. A grande diferença aparece com a utilização da técnica SfM (*Structure from Motion*) que permite estimar modelos 3D a partir de imagens 2D: este é mais um algoritmo “emprestado” à fotogrametria pela área da visão por computador. O primeiro passo consiste, geralmente, em encontrar correspondências entre imagens, mesmo quando os algoritmos utilizados não recorrem a essa correspondência ([Dellaert et al., 2000](#)). Para encontrar esses elementos, recorre-se à deteção de pontos notáveis, por exemplo cantos (contornos em várias direções), em várias imagens sucessivas, pois estas características apresentam, normalmente, um comportamento estável nas diferentes imagens.

Atualmente são várias as soluções existentes, algumas – as mais utilizadas – comerciais, mas existem, também, aplicações gratuitas, embora com menos recursos. A [Tabela 4.1](#) apresenta uma listagem e uma breve comparação das principais soluções existentes.

Tabela 4.1 – Listagem de alguns dos mais conhecidos *softwares* fotogramétricos com capacidade de processamento de imagens de UAV.

| Nome | Tipo de Licença | Tipo de operação fotogramétrica | Tipo de imagem | Preço de referência |
|------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------|---|
| 3DF Zephyr | Desconhecido | Close-range, UAV | Fotos, Vídeos | US\$149- US\$4,200 |
| 3Dsurvey | Desconhecido | Aerial, UAV | Fotos | Pro €3.000, Educativo €300, Estudante grátis |
| Altizure | Proprietário | Close-range, Aerial, UAV | Fotos | US\$59 / 416 4K Fotos |
| Australis | Desconhecido | Close-range, UAV | Fotos | US\$10.100 |
| Cognitech Auto-Measure | Desconhecido | Aerial, Close-range, UAV | Fotos, Vídeos | Desconhecido |
| COLMAP | GNU GPL v3 | Aerial, Close-range, UAV | Fotos | Grátis |
| Correlator3D | Desconhecido | Aerial, Satellite, UAV | Fotos | US\$295/mês |
| DatuSurvey | Proprietário | Close-range, UAV | Fotos | Depende (anual, etc.) |
| DataMapper | Proprietário | UAV | Fotos | Grátis |
| DroneDeploy | Proprietário | UAV | Fotos | Grátis |
| DroneMapper | Proprietário | Aerial, Oblique, UAV | Fotos | Grátis |
| e-foto | GNU GPL | Aerial, UAV | Fotos | Grátis |
| EnsoMOSAIC | Desconhecido | Aerial, UAV | Fotos | US\$900 |
| Fotostation | Proprietário | Aerial, Satellite, UAV | Fotos | Desconhecido |
| IMAGINE Photogrammetry | Proprietário | Aerial, Satellite, UAV | Fotos | Desconhecido |
| INPHO | Desconhecido | Aerial, Satellite, UAV | Fotos | Desconhecido |
| Micmac | CeCILL-B | Aerial, Satellite, UAV | Fotos | Grátis |
| OpenDroneMap | GPL v3 | UAV | Fotos | Grátis |
| Orbit Softcopy | Proprietário | Aerial, Close-range, UAV | Fotos | Desconhecido |
| PHOTOMOD | Proprietário | Aerial, Satellite, UAV | Fotos | Desconhecido |
| PHOTOMOD Lite | Proprietário | Aerial, Satellite, UAV | Fotos | Grátis |
| PHOTOMOD | Proprietário | UAV | Fotos | Templa- |

| Nome | Tipo de Licença | Tipo de operação fotogramétrica | Tipo de imagem | Preço de referência |
|------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|--|
| UAV | | | | te:US\$4900 |
| PhotoModeler UAV | Proprietário | Close-range, UAV | Fotos | US\$3.495 |
| PhotoScan | Desconhecido | Aerial, UAV | Fotos | US\$179–3.499 Educativo US\$59–549 |
| Pix4Dmapper Pro | Proprietário | Aerial, Close-range, UAV | Fotos, Vídeos | Depende (compra, mensal, etc.) |
| PixProcessing | Desconhecido | Close-range, UAV | Fotos | Desconhecido |
| RapidStation | Desconhecido | Aerial, UAV | Fotos | Desconhecido |
| RealityCapture | Desconhecido | Aerial, Close-range, UAV | Fotos, Laser-Scans | €99-15.000 (Grátis Demo) |
| ReCap 360 | Desconhecido | Close-range, UAV | Fotos, Laser-Scans | US\$300/ano |

A listagem apresentada na [Tabela 4.1](#) centra-se, apenas, nas aplicações fotogramétricas mais conhecidas que suportam, também, processamento de imagens adquiridas por UAV.

Após a obtenção do ortomosaico, este poderá ser importado para um *software* de SIG para se fazerem medições e análises, podendo o mesmo ser aplicado às malhas 3D texturizadas, que poderão ser importadas para um *software* de Desenho Assistido por Computador (CAD) para se realizarem medições e anotações, ou em alternativa, poderá ser utilizado um *software* de renderização 3D para criar simulações e/ou animações do acidente. Na [Figura 4.1](#) apresenta-se o diagrama que sumaria a metodologia proposta.

A prova de que a utilização de VANT na investigação de acidentes rodoviários está em franca expansão e que, num futuro muito próximo, será considerada uma metodologia corrente, é dada pelos, cada vez mais numerosos, estudos nesta área. A [Secção 4.2](#) apresenta alguns dos mais relevantes trabalhos semelhantes àquele proposto neste estudo.

Salienta-se, no entanto, que este estudo é, de acordo com o nosso conhecimento, o mais avançado de todos, pois avalia a utilização desta metodologia para além da situação ideal, ou seja, aquela em que a área do acidente é ampla e está livre de obstáculos. Assim, neste trabalho testam-se, também, os casos menos favoráveis, mas mais realistas, ou seja, os cenários em

que a área do acidente se apresenta com obstáculos. São, também realizados testes com diferentes condições de iluminação e feitas propostas para tornar a metodologia independente das condições atmosféricas.

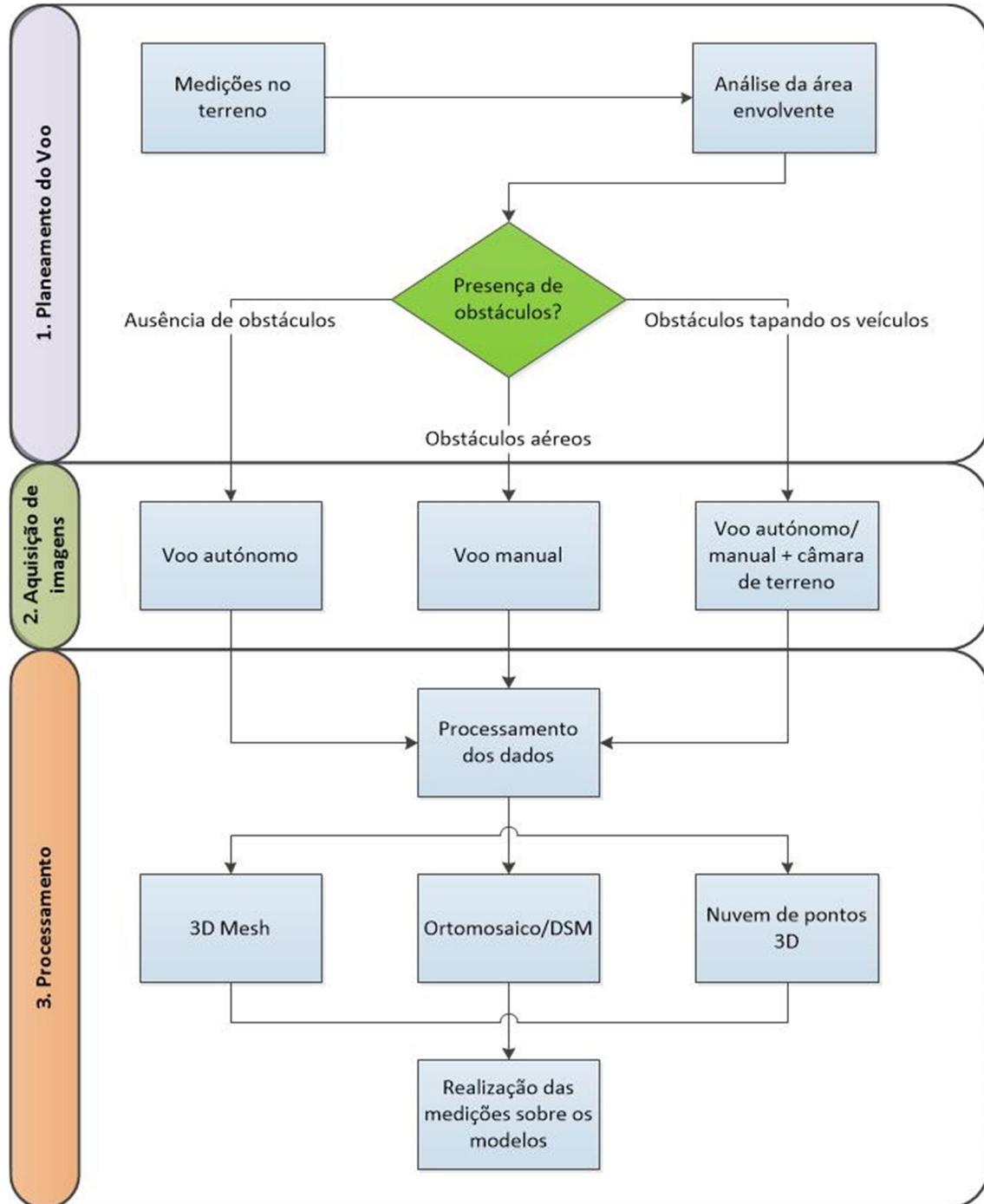


Figura 4.1 – Diagrama da metodologia proposta para a investigação de acidentes de viação utilizando UAV.

4.2 ESTUDOS/TRABALHOS SEMELHANTES

A temática da recolha de informação no local dos acidentes rodoviários está, como referido anteriormente, em forte desenvolvimento. O recurso à utilização de VANT para a reconstrução e para a análise de acidentes rodoviários já está a ser testado em vários projetos e em diferentes países, sobretudo por parte de consultores especializados. O método desenvolvido e proposto pelo [Analist Group \(2015\)](#), recorre a uma medição sobre o terreno e à realização de um voo para obtenção de um ortomosaico e de um modelo 3D da cena do acidente, recorrendo à aplicação Pix4Dmapper Pro (Pix4D SA, Lausana, Suíça). Posteriormente, as medições necessárias são realizadas numa aplicação baseada em CAD e poderão ser desenvolvidas animações usando a aplicação OneRay-RT (Analist Group, Avellino, Italy). A [Figura 4.2](#) ilustra uma *frame* de uma animação.



Figura 4.2 – Imagem renderizada de uma animação desenvolvida em *OneRay-RT* ([Analist Group, 2015](#)).

Greg Gravesen, especialista em reconstrução de acidentes rodoviários, utiliza as imagens fornecidas a partir de um VANT de asa fixa para criar diagramas detalhados. Recorre ao ortomosaico, para usar como base nas várias simulações que desenvolve, e a uma malha 3D, gerada a partir da nuvem de pontos obtida pelo voo, para criar animações do acidente ([senseFly Ltd, 2015](#)). Posteriormente, a cena é reconstruída e simulada usando *software* dedicado, como o HVE-CSI (*Engineering Dynamics Corporation, Beaverton, EUA*), o PC-Crash (Dr.

Steffan Datentechnik Ges.mbH, Linz, Áustria) e o 3D Studio Max (Autodesk Inc., San Rafael, EUA). Este último *software* pode ser usado para a reconstrução de acidentes de trânsito e medições forenses. A [Figura 4.3](#) ilustra uma cena renderizada no 3D Studio Max e apresenta, esquematicamente, a aquisição das imagens no local do acidente.

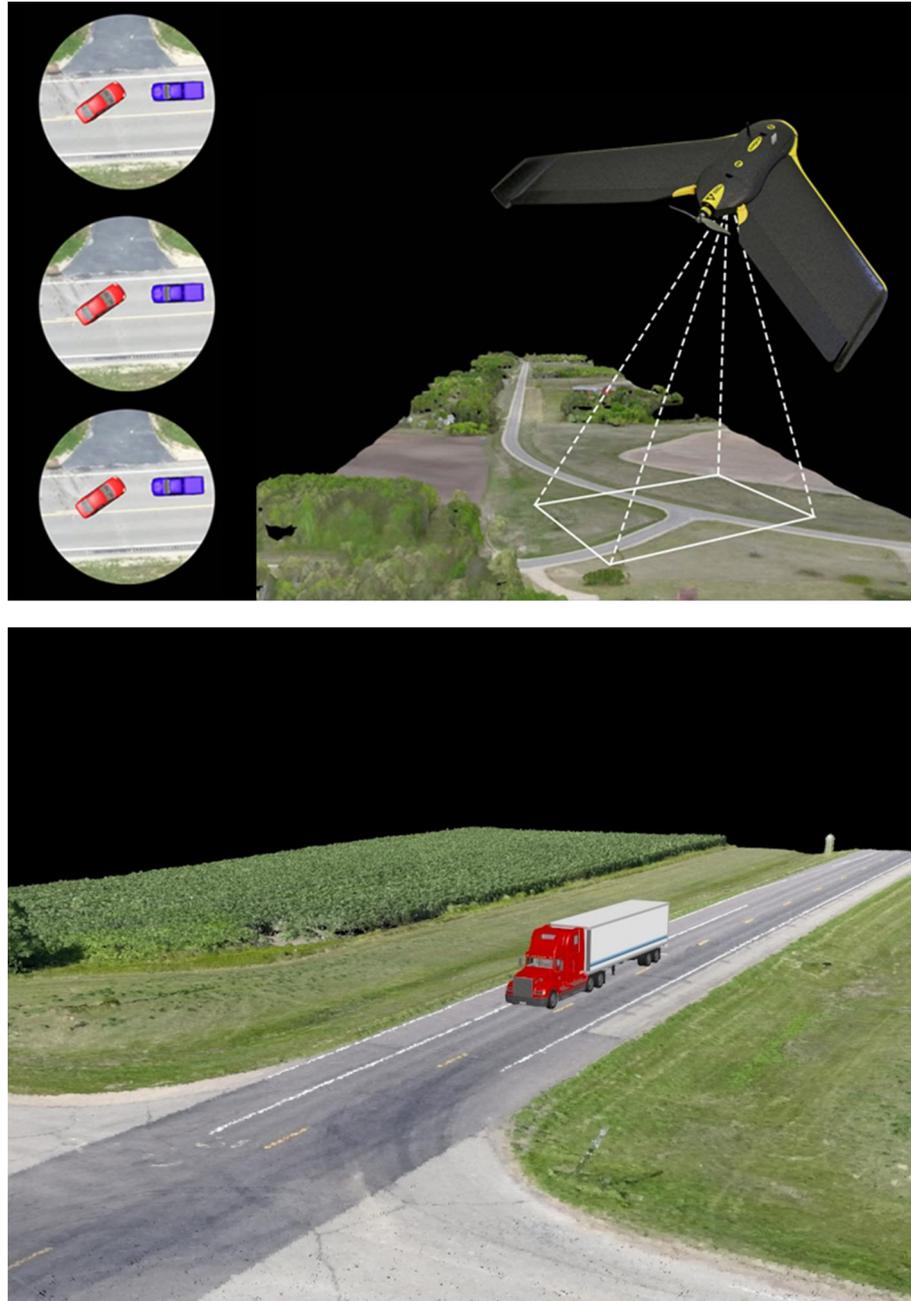


Figura 4.3 – (Em cima): Esquema de aquisição das imagens de uma área de um acidente usando uma asa fixa; (Em baixo): Animação renderizada criada usando o 3D Studio Max ([senseFly Ltd., 2015](#)).

A *Royal Canadian Mounted Police* (polícia montada canadiana) e a empresa produtora do *software* Pix4D, estabeleceram uma colaboração com vista a comparar os métodos tradicionais, entre os quais o Laser Scanning 3D e os métodos baseados em imagens adquiridas por *drones* (Pix4D, 2014). Foi utilizado um multirroto *Dragangly* (*Dranganfly Innovations Inc.*, Saskatoon, Canadá) para realizar um voo sobre um acidente encenado. Os agentes realizaram as medições exigidas pelo método tradicional, que viriam a ser utilizadas para comparação/validação dos vários métodos. Os vários destroços e/ou indícios com potencial interesse à investigação foram assinalados recorrendo a marcos de cor amarela, para serem facilmente identificados nas imagens aéreas. De seguida, foi realizado um voo para aquisição de imagens oblíquas e nadirais, proporcionando uma resolução espacial inferior a 1 cm (altura de voo de cerca de 40 metros). No total foram utilizadas 212 imagens, com elevada sobreposição. Para pontos de controlo (GCP – *Ground Control Points*) foram utilizadas medições GNSS dos cantos dos objetos e dos marcadores distribuídos pelo local do acidente. Novamente, recorreu-se ao *software* Pix4Dmapper Pro para gerar o ortomosaico, a nuvem de pontos e o modelo de superfície. No total, a experiência teve a duração de cerca de 30 minutos, incluindo o voo e as várias medições no terreno. Para comparar vários métodos, foram, também, realizadas medições do local do acidente recorrendo a uma estação total, a um recetor GNSS e a um laser de varrimento 3D. A comparação das nuvens de pontos obtidas com recurso ao laser *scanning* e ao *software* fotogramétrico permite concluir que o último método consegue obter muito mais detalhe (Figura 4.4).

Monadronne (2014) utilizou um VANT *Aeryon Scout* (*Aeryon Labs Inc.*, Waterloo, Canadá) para obter imagens de uma colisão simulada. O tempo de preparação de voo foi de 5 minutos, tendo sido necessários outros 5 minutos para adquirir 40 imagens para obtenção do ortomosaico e do modelo 3D.

A partir da literatura consultada, foi possível elaborar a Tabela 4.2, onde se apresentam as vantagens e as limitações de cada método que pode ser utilizado na investigação e na recolha de informação do local do acidente. Pela análise desta tabela, é notório que os VANT permitem a obtenção de mais informação. No entanto, em certas condições, não é possível a obtenção de alguma informação de campo. Obstáculos, como árvores, cabos ou edifícios poderão significar riscos para a operação do VANT, mesmo tendo em conta que algumas plataformas já contêm equipamento de deteção de obstáculos. Em Topolšek *et al.* (2014) é forne-

cida uma ampla revisão sobre as diferentes metodologias que podem ser utilizadas na recolha de informação e na reconstrução de acidentes rodoviários.



Figura 4.4 – Comparação entre a nuvem de pontos obtida com o *Laser scanning* (Esquerda) e a nuvem de pontos resultante do processamento das imagens obtidas com o *drone* (direita) (Pix4D, 2014).

Existem, como se pode constatar da descrição anterior, várias experiências em curso. No entanto, há ainda muito espaço de evolução, até se obter a solução desejável. Nesse sentido, este trabalho contará como mais um contributo para se avançar em direção a uma solução integrada, escalável e adaptável às especificidades de cada força de segurança, mas que, simultaneamente, permita manter a homogeneidade dos seus resultados, permitindo, assim, a partilha facilitada de informação e a sua utilização transversal. As principais características da solução final deverão ser:

1. A metodologia deverá poder ser utilizada independentemente das condições meteorológicas, de iluminação e de obstáculos existentes na envolvente da cena do acidente, capaz de fornecer informações mais abrangente sobre a área do acidente mantendo os níveis de precisão;
2. A solução será complementada com uma aplicação informática que se liga às plataformas atualmente utilizadas pelas forças de segurança, evitando a sua substituição ou a duplicação de preenchimento;

3. O sistema terá forte impacto económico em recursos humanos das forças de segurança e na redução significativa do tempo em que as vias estarão condicionadas/encerradas.

Tabela 4.2 – Comparação entre as várias metodologias usadas na recolha de informação no local do acidente.

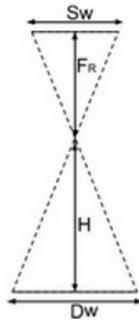
| Técnica | Vantagens | Desvantagens | Tipo de dados |
|-----------------------|---|---|--|
| Fita Métrica | - Fácil de utilizar | - Muito moroso - Sujeito a erros e imprecisões - Não proporciona dados visuais - Informações não georreferenciadas | - Medições |
| Esboços e fotografias | - Fácil de usar | - Muito moroso - Pouco preciso - Informações não georreferenciadas | - Medições - Fotografias da área - Esboços forenses |
| Estação total | - Medições muito rigorosas | - Muito moroso - Necessário um operador treinado | - Muito precisos |
| <i>Laser scanning</i> | - Medições muito rigorosas - Visualização 3D complexa | - Muito moroso - Pode escapar alguma informação | - Nuvem de pontos - Imagens |
| Recetores GNSS | - Medições rigorosas | - Muito moroso - Sujeito a obstruções do sinal, sobretudo em ambientes urbanos | - Pontos georreferenciados muito precisos |
| UAV | - Fácil de usar - Cobertura de grandes áreas - Resultados múltiplos - Visualização 3D complexa | - Pode não ser adquirida alguma informação - Riscos de colisão | - Nuvem de pontos - 3D <i>meshes</i> - Ortomosaicos - DSM |

4.3 DEFINIÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES

Antes de se avançar com a apresentação das experiências realizadas e com a discussão dos resultados obtidos, é fundamental a introdução de alguns conceitos que ajudarão a perceber a parametrização do trabalho realizado.

A *Ground Sample Distance* (GSD) – vulgarmente conhecida como resolução espacial – representa a distância, no terreno, correspondente ao centro de dois *pixels* consecutivos. Por esta razão, é muitas vezes designada por resolução espacial e influencia a precisão e a qualidade dos resultados finais, bem como o detalhe do ortomosaico obtido. A altura do voo, H, necessária para obter uma determinada GSD pode ser calculada e depende da distância focal

da câmara, da largura do sensor (em milímetros) e da largura da imagem (em *pixels*). Alguns fabricantes de lentes utilizam a distância focal (F_{35}), correspondente a um valor nominal de 35 mm. No entanto, deveremos utilizar a distância focal real que pode ser determinada. Para tal, iremos apoiar-nos na [Figura 4.5](#).



S_W – largura real do sensor (mm)
 FR – Distância focal real da lente (mm)
 H – Altura de voo (m)
 D_W – Distância coberta no terreno pela largura da imagem (m)

Figura 4.5 – Relações geométricas entre a distância focal e a altura de voo.

Assim, e no caso de imagens no formato 4:3, a distância focal real poderá ser determinada através da [Equação 1](#):

$$FR[\text{mm}] = (F_{35} \times S_W) / 34,6 \quad \text{Eq. (1)}$$

Recorrendo à [Figura 4.5](#), é possível estabelecer a relação apresentada na [Equação 2](#), para a altura de voo, usando a semelhança de triângulos:

$$H / F_R = D_W / S_W \leftrightarrow H = (D_W \times F_R) / S_W \quad \text{Eq. (2)}$$

Pelo que a distância, no solo, correspondente à largura da imagem será dada pela [Equação 3](#):

$$D_W = (imW \times GSD) / 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que imW representa a largura da imagem (pixels) e GSD representa a GSD desejada (cm/pixel). Combinando as [Equações 2 e 3](#), a altura de voo para a obtenção de determinada GSD é dada pela [Equação 4](#).

$$H [m] = (imW \times GSD \times FR) / (S_W \times 100) \quad \text{Eq. (4)}$$

Considere-se o seguinte exemplo: Qual a altura de voo para a obtenção de uma GSD 5 cm/pixel, usando uma câmara com uma distância focal de 5 mm e uma largura real do sensor

de 6,17 mm? Assumamos que a imagem tem 4000 *pixels* de largura. Recorrendo à Equação 4, obtém-se o valor de 162,07 m.

Outro parâmetro importante prende-se com a cadência de disparo da câmara para se garantir uma determinada sobreposição frontal da imagem. Como facilmente se compreende, este valor dependerá da velocidade da plataforma (UAV), da GSD e da resolução da câmara. Considere-se a [Figura 4.6](#):

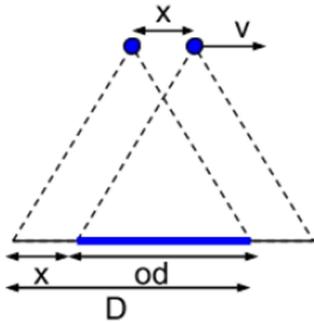


Figura 4.6 – Determinação da sobreposição frontal (azimutal).

A partir da [Figura 4.6](#) é possível estabelecer as seguintes relações:

$$od = \text{sobrep} \times D \quad \text{Eq. (5)}$$

$$x = D - od \quad \text{Eq. (6)}$$

$$t = x / v \quad \text{Eq. (7)}$$

Para continuarmos, teremos de considerar duas possibilidades:

1. Câmara orientada com a largura do sensor (dimensão longa), perpendicular à direção do voo (caso usual) - [Figura 4.7](#).

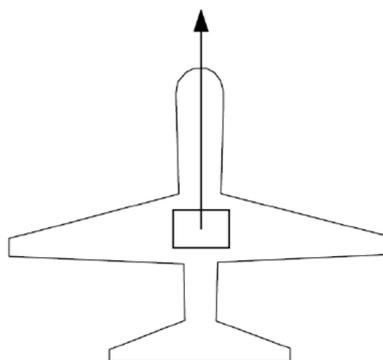


Figura 4.7 – A largura do sensor está orientada perpendicular à direção do voo.

É possível estabelecer-se a relação apresentada na [Equação 8](#):

$$D = Dh = (imH * GSD) / 100 \quad \text{Eq. (8)}$$

Em que Dh representa a distância (m), no solo, coberta por uma imagem na direção da altura da imagem e imH representa a altura da imagem (pixel).

Combinando as [Equações 5 e 8](#) obtém-se:

$$\begin{aligned} x &= Dh - sobrep \times Dh \\ x &= Dh \times (1 - sobrep) \\ x &= ((imH \times GSD) / 100) \times (1 - sobrep) \end{aligned} \quad \text{Eq. (9)}$$

Combinando agora as [Equações 7 e 9](#), obtém-se:

$$t = x / v = ((imH \times GSD) / 100) \times (1 - sobrep) / v \quad \text{Eq. (10)}$$

Por exemplo, se quisermos uma sobreposição de 75% ($sobrep = 0,75$) e uma GSD de 5cm/pixel, supondo uma imagem com 4000 *pixels* de largura e um UAV a deslocar-se a uma velocidade de 30km/h (8,33m/s), aplicando a [Equação 10](#) obteríamos um tempo de 6 segundos:

$$t = ((4000 \times 5) / 100) \times (1 - 0.75) / 8.33 = 6 \text{ s}$$

2. Câmara orientada com a largura do sensor (dimensão longa), paralela à direção do voo (caso usual) - [Figura 4.8](#).

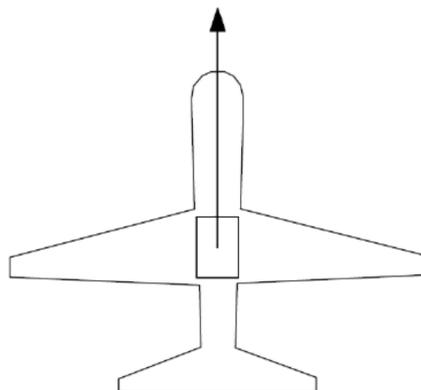


Figura 4.8 – A largura do sensor está orientada paralelamente à direção do voo

Neste caso, é possível estabelecer-se a relação apresentada na [Equação 11](#):

$$D = D_W = (imW \times GSD) / 100 \quad \text{Eq. (11)}$$

Em que D_W representa a distância (m), no solo, coberta por uma imagem na direção da largura da imagem e imW representa a largura da imagem (pixel).

Combinando as [Equações 5 e 11](#), obtém-se:

$$x = D_W - \text{sobrep} \times D_W$$

$$x = D_W \times (1 - \text{sobrep})$$

$$x = ((imW \times GSD) / 100) \times (1 - \text{sobrep}) \quad \text{Eq. (12)}$$

Finalmente, combinando agora as [Equações 7 e 12](#), obtém-se:

$$t = x / v = ((imW \times GSD) / 100) \times (1 - \text{sobrep}) / v \quad \text{Eq. (13)}$$

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Capítulo 5

Resultados Experimentais

Para testar a metodologia proposta no capítulo anterior, realizaram-se numerosas experiências/testes, encenando acidentes rodoviários em diversos ambientes. O processo iniciou-se pela situação ideal, ou seja, simulando o acidente numa área aberta, livre de quaisquer obstáculos. Esta situação mais favorável foi, também, utilizada como referência para aferir os parâmetros ideais. Posteriormente, adicionaram-se locais com obstáculos que podem surgir em situações reais, como por exemplo, árvores, cabos elétricos ou edifícios, tentando simular algumas das piores condições para a utilização dos VANT e que as forças de segurança podem encontrar com frequência, sobretudo quando os acidentes ocorrem em meio urbano.

O caso ideal foi utilizado para determinar os valores de altitude de voo e o ângulo de inclinação da câmara, parâmetros que serão depois usados em todas as situações, desde que a envolvente o possibilite. As áreas selecionadas para a realização dos testes não têm tráfego regular, pelo que não houve necessidade de as encerrar para realizar as experiências. A quase totalidade dos testes decorreu no Campus da UTAD.

Na realização dos testes foram utilizados dois modelos de VANT: o Phantom 4 (DJI, Shenzhen, China) e o modelo anterior, ou seja, o Phantom 3 Standard. A [Tabela 5.1](#) apresenta as principais características técnicas dos equipamentos utilizados.

Tabela 5.1 – Principais características dos VANT utilizados nas experiências.

| | Peso | Autonomia ^(*) | Equipamento | Câmara |
|------------------|--------|--------------------------|--|---------|
| Phantom 4 | 1380 g | ~28 min/bateria | Recetor GNSS Detetor de obstáculos (frontais) | 12,4 MP |
| Phantom 3 | 1216 g | ~25 min/bateria | Apenas GPS | 12 MP |

(*) – Valores referidos pelo fabricante, mas que nunca foram verificados experimentalmente.

De salientar que a câmara está montada num *gimbal* com 3 eixos, para proporcionar maior estabilidade, e que o comando é compatível com os sistemas operativos Android e iOS,

permitindo a utilização de diversas aplicações capazes de controlar o VANT, em modo manual ou totalmente automático, seguindo um plano de voo previamente definido. Nos exemplos aqui apresentados, utilizou-se a App *Pix4Dcapture* (Pix4D SA, Lausanne, Suíça), instalada em ambos os sistemas operativos. Esta aplicação permite configurar diferentes tipos de voo, nomeadamente, voos totalmente manuais e grelhas simples e duplas, no modo automático. As grelhas simples, com a câmara a apontar na direção nadiral, são especialmente indicadas para a obtenção de mosaicos 2D, enquanto as grelhas duplas, com a câmara orientada com um determinado ângulo, são mais indicadas para a obtenção de modelos 3D.

Em certos casos, não será possível realizar voos em modo automático, sobretudo, pela presença de obstáculos. Nesses casos, e para garantir um voo em segurança, a missão terá de ser executada em modo manual, por um operador experiente. A [Figura 5.1](#) apresenta o ecrã principal da aplicação móvel *Pix4Dcapture*, versão para Android, utilizada para planear as missões. Como se pode verificar, é bastante intuitiva de usar e permite controlar grande parte dos parâmetros de voo, através de simples toques/seleções.



Figura 5.1 – Versão para Android da App *Pix4Dcapture*.

A aplicação permite alterar algumas das configurações básicas, nomeadamente a velocidade do VANT, o ângulo da câmara, que pode variar entre os 0° e os 90°, e a percentagem da sobreposição entre fiadas (60% a 90%). No modo de voo manual, é possível configurar a frequência de aquisição das imagens. A [Figura 5.2](#) ilustra o painel de configuração da aplicação.



Figura 5.2 – Configurações básicas disponibilizadas pela App *Pix4Dcapture*.

Após a realização de cada voo, as imagens adquiridas foram processadas recorrendo ao *software* fotogramétrico *Pix4Dmapper Pro*. Esta operação é executada em três etapas:

1. Processamento inicial ou preliminar – o processo arranca com o processamento inicial, fase em que as imagens adquiridas durante o voo são importadas e analisadas para deteção de pontos homólogos e para extrair a geometria, ou seja, para se calcular a posição correta das câmaras (orientação interna);
2. Obtenção da nuvem esparsa de pontos – O resultado do processamento preliminar é uma nuvem de pontos esparsa. Opcionalmente, poderão ser realizados ajustes ao constrangimento da escala, selecionando 2 pontos de um objeto de dimensão bem conhecida. Selecionando esses dois pontos, as imagens onde o objeto aparece são, automaticamente, sugeridas pelo *software*, o que possibilita o refinamento da posição dos pontos (Figura 5.3). Será necessário marcar os pontos em pelo menos duas imagens. No entanto, pela experiência adquirida com este trabalho, recomenda-se a utilização de mais de duas imagens para otimizar os resultados.
3. Obtenção do DSM e do ortomosaico – Após o processamento inicial, segue-se a obtenção da nuvem densa de pontos e a geração de malha 3D texturizada. Esta é a etapa mais exigente, do ponto de vista computacional, sendo, por isso, também a mais morosa. Depois de concluída esta fase, as medições poderão ser realizadas diretamente sobre a malha. O último passo desta etapa consiste na geração do DSM e do ortomosaico. Todos os resultados mencionados são exportáveis, pelo que podem ser usados em análises posteriores, recorrendo a diversos *softwares*.



Figura 5.3 – O processo de constrangimento da escala no *Pix4Dmapper Pro*.

Nos casos em que a cena do acidente é completada com imagens de solo, ou seja, imagens tiradas usando um *smartphone* ou uma câmara fotográfica, será necessário executar a processamento preliminar dos dois conjuntos de imagens separadamente. Só depois será possível a fusão dos dois projetos, que, para ser bem-sucedida, necessita da identificação de vários pontos homólogos. A partir daqui, o processamento será realizado pelo processo normal.

A seguir, apresentam-se os principais resultados e as principais conclusões dos testes realizados, com vista a responder às duas questões centrais deste estudo:

Q1: “Poderão, efetivamente, os *drones* ser utilizados na investigação de acidentes, substituindo as metodologias de recolha de informação atuais?”

Q2: “Quais são os principais constrangimentos à aplicação desta metodologia na investigação de acidentes rodoviários?”

5.1 CENÁRIO 1: O CASO IDEAL

Os primeiros testes realizados pretenderam parametrizar os voos, ou sejam, avaliar quais as condições que providenciam os melhores resultados. Para tal, foram realizados inúmeros voos, variando a altura de voo e o ângulo da câmara, e analisados os seus efeitos sobre a duração do voo, o número de imagens obtidas, o tempo de processamento, a GSD e a preci-

são das medições. Por outras palavras, o primeiro cenário, por pretender ser a referência, foi realizado em áreas abertas, totalmente livres de obstáculos.

Realizaram-se duas experiências: a primeira, em que se pretendeu aferir a altura de voo que otimizasse a sua duração, a qualidade do mosaico e o detalhe do modelo 3D e a uma segunda, que teve como objetivo comparar os métodos de medição clássicos de documentação da cena do acidente com os resultados obtidos pelos VANT, em termos de precisão e tempo de execução.

5.1.1 Determinação da altura de voo e do ângulo da câmara ideais

Sendo objetivo deste trabalho obter, por um lado, o ortofotomosaico da cena levantada e, por outro lado, o modelo 3D da mesma área, foi necessário realizar vários testes com vista à obtenção do par altura de voo/ângulo de inclinação da câmara que otimizasse estes dois resultados. Teoricamente, e em termos de inclinação da câmara, as imagens nadirais seriam aquelas que permitiriam obter o melhor ortofotomosaico. No entanto, esta é, também, a situação menos favorável à obtenção do modelo 3D, pois, por exemplo, as partes verticais (laterais, frente e traseira) dos veículos teriam uma cobertura pobre. Relativamente à altura de voo, e ainda do ponto de vista meramente teórico, altitudes mais baixas permitem a obtenção de maior detalhe, o que pode ser importante para detetar, por exemplo, amolgadelas nos veículos envolvidos no acidente. No entanto, uma baixa altura de voo traz dificuldades de utilização na maioria dos cenários urbanos e pode, também, dificultar (em situações limite) a identificação de feições/entidades semelhantes, fundamental para que os algoritmos utilizados convirjam.

Para testar a combinação destes dois parâmetros, realizaram-se, então, vários testes em condições ideais, no que se refere à existência de obstáculos e das condições meteorológicas, para ser possível a realização de voos a qualquer altura e sem outras interferências que pusessem em causa a estabilidade do voo, como por exemplo o vento. Foi selecionada uma área no Campus da UTAD, de dimensão fixa, e foram testadas várias alturas, com incrementos de 5 metros (5 m até 100 m de altitude). Os voos correspondentes às alturas mais baixas (5 e 10 metros) foram executados em modo manual, pois, em ambiente real, assim será exigido, pela quase certa presença de obstáculos. Os restantes voos foram executados em modo totalmente automático, através do carregamento da missão, previamente planeada, usando o aplicativo Pix4Dcapture. Esta aplicação, usada para o planeamento da missão e autopilotagem, suporta

alturas de voo até 500 metros, porém, tais valores, não são recomendados para este tipo de situações, devido à baixa resolução das imagens obtidas, por um lado, e porque poderiam causar interferências no tráfego de aeronaves comerciais pilotadas, por outro lado.

Nas mesmas experiências e para testar o efeito provocado pela sobreposição das imagens, foram realizados testes recorrendo a grelhas simples (passagem do *drone* numa única direção) e grelha dupla (passagem cruzada), para aumentar, de forma considerável, a sobreposição (ver [Figura 5.4](#)).



Figura 5.4 - Exemplo de um plano de voo com grelha simples (em cima) e com grelha dupla (em baixo).

Nesta experiência, foram, também, utilizadas diferentes percentagens de sobreposição entre as várias fiadas (60% a 85%). Finalmente, para constranger a escala e avaliar o rigor posicional, mas sobretudo a escala do modelo gerado, foram colocadas duas barras metálicas, com dimensões bem definidas (50 centímetros) e com orientações perpendiculares (ver [Figura 5.5](#)).

Para efeitos de comparação, foram realizadas marcas no terreno e algumas medições, à fita, entre essas marcas. No total, foram marcados cinco pontos distintos, assinalados de A a E e distribuídos tal como indicado na [Figura 5.6](#).



Figura 5.5 – Barras metálicas utilizadas para constrangimento da escala.

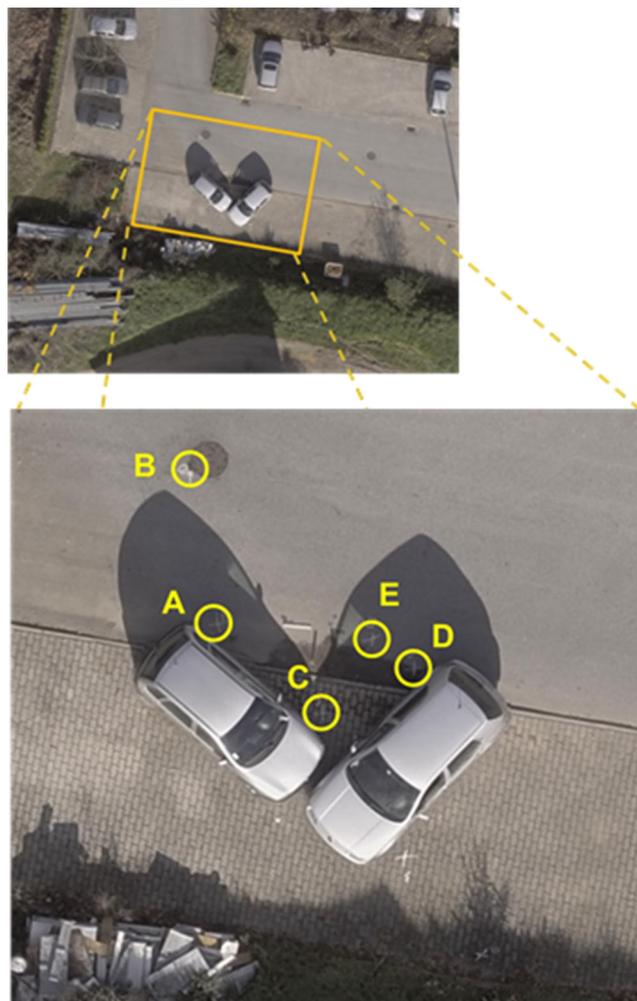


Figura 5.6 – O cenário de testes para a determinação da altura e do ângulo da câmara ideais.

O processamento das imagens adquiridas na grande maioria dos testes foi realizado numa máquina Intel Core i7 CPU, NVidia GTX 970M GPU, disco SSD, 16 GB de RAM, recorrendo ao *software* Pix4Dmapper Pro, licenciado à UTAD. Quando as características da máquina foram diferentes, tal facto será referido.

A [Tabela 5.2](#) e a [Tabela 5.3](#) sintetizam alguns dos resultados obtidos dos inúmeros testes realizados, usando a simulação representada na [Figura 5.6](#).

Tabela 5.2 - Comparação dos resultados em função dos valores da altura de voo, do ângulo de inclinação da câmara e da percentagem de sobreposição entre fiadas.

| Tipo de Missão | Altura (m) | Ângulo orientação câmara (°) | Sobreposição (%) | N.º de imagens | Tempo de voo | N.º de imagens excluídas | GSD (cm) | Tempo de processamento (min:seg) |
|----------------|------------|------------------------------|------------------|----------------|--------------|--------------------------|----------|----------------------------------|
| GD | 40 | 80 | 70 | 15 | 2:27 | 0 | 1,54 | 4:33 |
| GS | 40 | 90 | 70 | 18 | 3:52 | 0 | 1,70 | 3:32 |
| GD | 40 | 65 | 70 | 36 | 3:39 | 0 | 1,81 | 9:25 |
| GD | 40 | 65 | 85 | 57 | 5:53 | 0 | 1,79 | 11:21 |
| GS | 30 | 90 | 70 | 18 | 3:35 | 1 | 1,21 | 3:03 |
| GD | 30 | 65 | 70 | 36 | 3:27 | 0 | 1,33 | 7:43 |
| GD | 30 | 80 | 70 | 36 | 3:27 | 0 | 1,08 | 11:11 |
| GD | 30 | 65 | 85 | 59 | 5:32 | 0 | 1,10 | 12:58 |
| GS | 15 | 90 | 70 | 32 | 4:34 | 2 | 0,65 | 4:36 |
| GD | 15 | 65 | 70 | 76 | 4:56 | 0 | 0,72 | 14:02 |
| GD | 15 | 65 | 85 | 89 | 6:03 | 0 | 0,70 | 25:46 |
| GD | 15 | 80 | 70 | 72 | 4:58 | 0 | 0,59 | 21:59 |
| Manual | <10 | 30 to 60 | | 76 | 4:46 | 0 | 0,34 | 30:18 |

GS – Grelha Simples; GD – Grelha Dupla; GSD – Resolução (Ground Sample Distance).

N.º de Imagens – Este valor varia em função da altitude de voo e do tipo de missão: com a altitude diminui o número de imagens adquiridas.

Tempo de voo – tempo necessário para completar a missão com os parâmetros apresentados.

Tempo de processamento – tempo total de CPU até à obtenção do ortofotomosaico e do modelo 3D.

Nota: Esta tabela apresenta, apenas, alguns dos testes efetuados, pois não teria leitura se fossem incluídas as várias dezenas de simulações. No entanto, estes exemplos foram considerados representativos.

O melhor compromisso foi conseguido quando utilizada uma configuração do plano de voo em grelha dupla, com uma orientação da câmara de 65°, embora, e tal como se pode constatar nas tabelas seguintes, as várias experiências tenham proporcionado resultados muito similares. A sobreposição não desempenhou um papel preponderante, embora, tal como se constatou em outros testes, sobretudo em terrenos acidentados, o valor deva ser na ordem dos 80%. Nos casos em que o terreno é menos acidentado, uma sobreposição entre 65% e 75% será suficiente. No entanto, quer o tempo de voo quer o tempo de processamento mantêm-se dentro de valores satisfatórios (inferior a 5 minutos e inferior a 30 minutos, respetivamente), pelo que se pode concluir que a altura de voo e a sobreposição seleccionadas não têm influência significativa nestes parâmetros.

Tabela 5.3 - Comparação entre medições realizadas à fita e usando o VANT para diferentes alturas de voo e orientação de câmara.

| Método de medição | Distância medida 1 (cm) | Distância medida 2 (cm) | Distância medida 3 (cm) | Distância medida 4 (cm) |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>Fita métrica</i> | 286 | 165 | 93 | 249 |
| 40 m SG (90°) | 288 ± 2 | 167 ± 2 | 95 ± 2 | 251 ± 2 |
| 30 m SG (90°) | 288 ± 2 | 166 ± 1 | 94 ± 2 | 250 ± 1 |
| 15 m SG (90°) | 286 ± 0 | 165 ± 0 | 93 ± 1 | 248 ± 1 |
| 40 m DG (65°) | 287 ± 1 | 166 ± 1 | 94 ± 1 | 250 ± 2 |
| 30 m DG (65°) | 285 ± 1 | 165 ± 0 | 93 ± 1 | 248 ± 1 |
| 15m DG (65°) | 286 ± 0 | 165 ± 0 | 93 ± 1 | 249 ± 0 |
| 40 m DG (80°) | 285 ± 1 | 164 ± 1 | 92 ± 1 | 249 ± 0 |
| 30 m DG (80°) | 285 ± 1 | 163 ± 2 | 92 ± 1 | 248 ± 1 |
| 15 m DG (80°) | 286 ± 0 | 164 ± 1 | 93 ± 1 | 249 ± 0 |
| Manual | 287 ± 1 | 166 ± 1 | 94 ± 1 | 250 ± 1 |

Os testes realizados permitiram concluir que a combinação ótima é aquela que utiliza a inclinação da câmara a 65°, com uma sobreposição entre 70% a 75% e uma altitude de 15 a 20 metros. Os vários testes realizados nas experiências apresentadas a seguir tiveram estes parâmetros em consideração.

5.1.2 Comparação entre UAV e os métodos clássicos

O teste seguinte, realizado para validar a precisão das medições efetuadas a partir dos produtos originados através do processamento das imagens adquiridas com *drone*, consistiu em compará-las com as medições realizadas com uma fita métrica, com uma estação total e com um recetor GNSS. O objetivo consistiu, também, em avaliar e comparar o tempo necessário à execução de cada método para medir 9 distâncias. Os pontos, rotulados, sequencialmente, de A a H, estão assinalados na [Figura 5.7](#).

As medições realizadas com fita métrica foram usadas para referência (comparação) para os outros dois métodos, pois é este o método atualmente utilizado pelas forças de segurança. O processo completo foi realizado em cerca de 3 minutos.

O próximo método utilizado recorreu à utilização de um o recetor GNSS (Topcon HiPer II – Topcon Corporation ®) ([Figura 5.8](#)). Este recetor, de dupla frequência, permite correções RTK e recebe sinais GPS e GLONASS. Durante o teste, que decorreu na Eslováquia, foi ligado ao serviço de posicionamento em tempo real (SKPOS - *SlovaK real-time POsitioning Service*), que garante a precisão de posição e de altitude entre 2 e 4 centímetros no modo cinemático. O tempo total despendido na operação foi de cerca de 8 minutos.

Com a utilização da estação total, para além das 8 marcas anteriores, utilizaram-se outras duas marcas para controlo, rotuladas como 5001 e 5002. A estação total utilizada foi uma Topcon GPT-3005N (Figura 5.9). Durante as medições, a estação total foi estacionada no ponto 5001, sendo, o ponto 5002, utilizado para orientação. Todo o processo, desde a configuração da estação total até à realização das medições levou cerca de 9 minutos e meio.

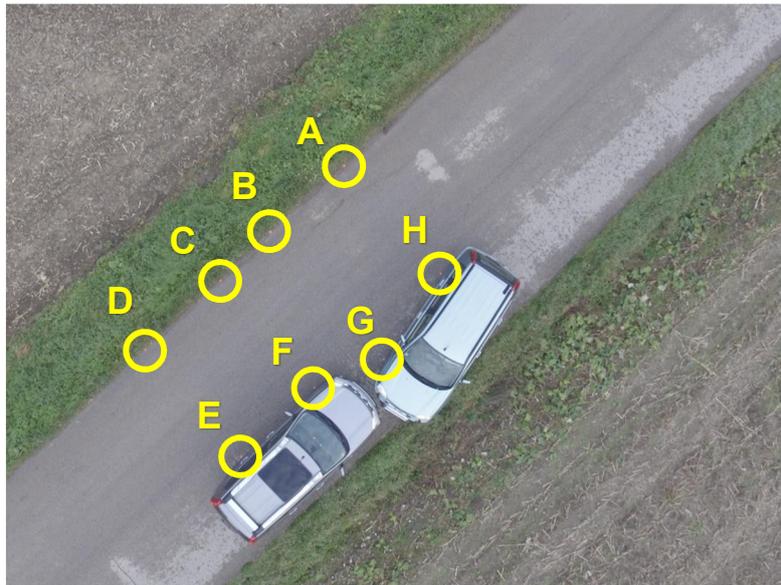


Figura 5.7 – Vista aérea da experiência, com a marcação dos pontos que serviram para a comparação dos métodos. Dimensão da área ~30m × 30m.



Figura 5.8 – Medições de distâncias recorrendo ao recetor GNSS Topcon HiPer II.



Figura 5.9 – Medições de distâncias recorrendo à estação total Topcon GPT-3005N.

Finalmente, o teste com UAV foi realizado em modo totalmente automático, através da aplicação Pix4Dcapture, instalada num dispositivo iOS. Como a área estava livre de obstáculos, foi selecionada uma altura de voo de 15 metros, com a orientação da câmara a 65° e a sobreposição de 75%. No total, foram obtidas 42 imagens e o tempo total da operação foi de 3 minutos e meio. O processamento das imagens foi realizado recorrendo ao *software* Pix4Dmapper Pro, instalado numa máquina Intel Core i5 CPU, NVidia GTX 970 GPU, 8 GB de RAM e com um disco SSD.

O processamento inicial e o alinhamento da câmara foram realizados em 2 minutos e 46 segundos, a nuvem de pontos densa levou cerca de 2 minutos a ser gerada e o modelo 3D texturizado cerca de 4 minutos e meio. A resolução final do mosaico foi de 0,55 centímetros. As várias medições realizadas, através dos três métodos, são apresentadas e comparadas na [Tabela 5.4](#).

Apesar dos vários métodos utilizados terem proporcionado resultados muito semelhantes, em termos absolutos as medições com VANT aparecem logo depois da estação total, como método com melhor desempenho, atendendo, exclusivamente, às medições realizadas. Em termos de tempo despendido, o VANT revelou-se o melhor, para além da carga de esforço ser substancialmente inferior, pois, após o lançamento do *drone*, o operador limita-se a observar o decorrer da operação. No global, o *drone* proporcionou a solução mais completa, pois, para além das distâncias (único produto obtido com a fita, estação total e GNSS), permite, ainda,

obter ortofomosaicos, nuvens de pontos 3D e texturas 3D, produtos especialmente indicados para a documentação/investigação de acidentes rodoviários.

Tabela 5.4 - Comparação de vários métodos de medição de distâncias: UAV, fita métrica, estação total e GNSS.

| <i>Distância entre pontos</i> | <i>Fita métrica (cm)</i> | <i>GNSS (cm)</i> | Δ (cm) | <i>Estação total (cm)</i> | Δ (cm) | <i>VANT (cm)</i> | Δ (cm) |
|-------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|---------------------------|---------------|------------------|---------------|
| A e B | 257 | 259 | -2 | 258 | -1 | 258 | -1 |
| B e C | 180 | 179 | 1 | 180 | 0 | 181 | -1 |
| C e D | 268 | 267 | 1 | 269 | -1 | 269 | -1 |
| E e F | 264 | 262 | 2 | 264 | 0 | 265 | -1 |
| G e H | 264 | 263 | 1 | 264 | 0 | 264 | 0 |
| A e H | 377 | 380 | -3 | 377 | 0 | 378 | -1 |
| B e G | 440 | 443 | -3 | 440 | 0 | 441 | -1 |
| C e F | 368 | 370 | -2 | 369 | -1 | 369 | -1 |
| D e E | 375 | 377 | -2 | 376 | -1 | 376 | -1 |

5.1.3 Simulação de obstáculos

Para simular um cenário de acidente em que um dos veículos é parcialmente obstruído por algum tipo de obstáculo que impede a cobertura de, pelo menos, um dos seus lados, retomou-se o caso ideal, apresentado na [Secção 5.1.1](#). À nuvem de pontos densa ([Figura 5.10](#)), retirou-se toda a informação de um dos lados do veículo, ficando o modelo incompleto. Entretanto, a parte em falta do veículo foi coberta, no local, com fotografias adquiridas através de um *smartphone* genérico. Posteriormente, essas imagens foram usadas para reconstruir um novo modelo 3D do veículo ([Figura 5.11](#)). Finalmente, os dois conjuntos de dados foram fundidos permitindo reconstruir o modelo completo ([Figura 5.12](#)). Para aferir a precisão da metodologia utilizada, os dois conjuntos de pontos foram comparados e os resultados obtidos foram idênticos. No total, foram utilizadas 36 imagens do *drone* e 24 do *smartphone*.

Os produtos finais, juntamente com a posição das câmaras no momento da aquisição das imagens, estão representados na [Figura 5.13](#).

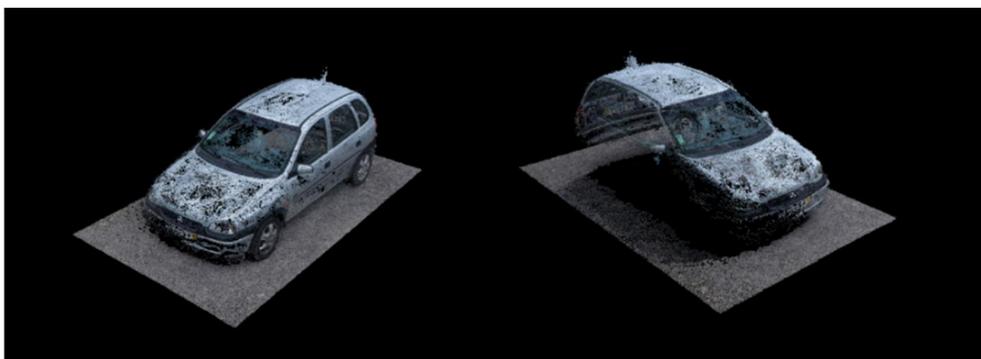


Figura 5.10 – Nuvem de pontos densa gerada com as imagens obtidas por UAV.



Figura 5.11 – Nuvem densa de pontos gerada a partir das imagens obtidas por *smartphone*.

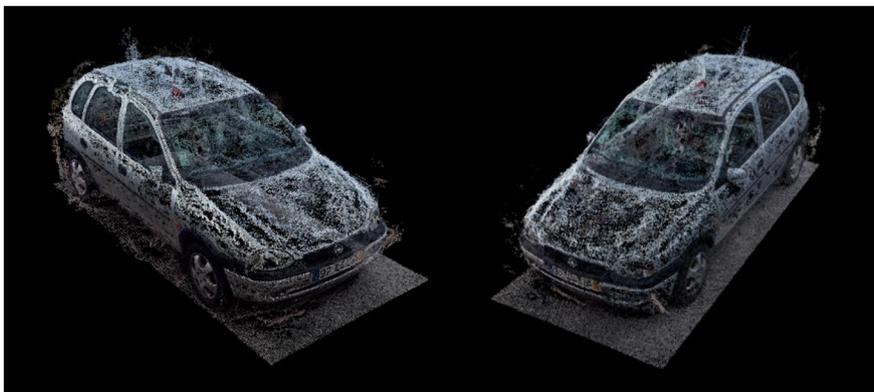


Figura 5.12 – Nuvem de pontos resultante da fusão dos dois conjuntos de dados.

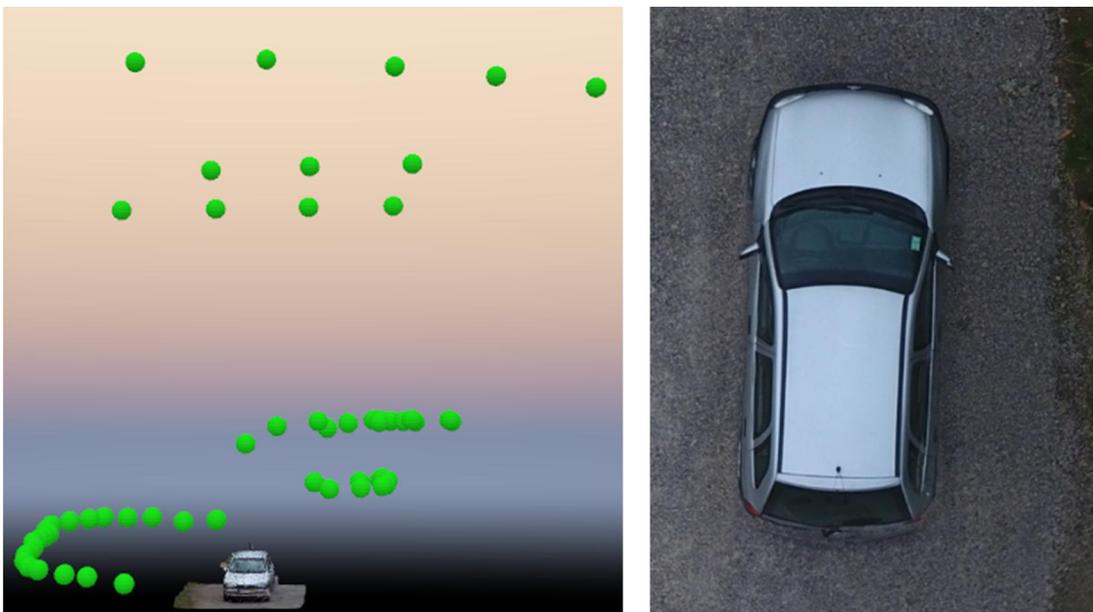


Figura 5.13 – Resultado final resultante da fusão das imagens do *drone* com as imagens do *smartphone*. (Esquerda) Modelo 3D gerado e posição das câmaras no momento da aquisição das imagens; (Direita) Ortomosaico gerado com a integração dos dois conjuntos de dados.

5.2 TESTES COM OBSTÁCULOS EM CENÁRIOS REAIS

Depois de validado o conceito e a metodologia em ambiente controlado, passou-se a uma série de testes em ambiente real, em que se tentou recriar algumas das situações com que uma brigada de acidente se pode deparar quando se deslocar ao local de um acidente de viação. Alguns dos testes efetuados são apresentados nas secções seguintes.

5.2.1 Teste 1: Existência de postes e de cabos elétricos/comunicações

O primeiro cenário foi montado numa área em que postes de iluminação e/ou de telecomunicações, obstáculos muito usuais em ambiente urbano, mas também rural, limitavam a ação do *drone*. Tal como se pode constatar na [Figura 5.14](#) não era possível realizar um voo a baixa altitude em modo automático, devido à existência desses obstáculos que, inclusivamente, poderiam obstar a que as operações de levantamento e de aterragem do *drone* se pudessem realizar, também, de forma automática.



Figura 5.14 – Simulação de um acidente numa área com obstáculos aéreos (cabos elétricos).

Este é um caso típico em que a operação poderá ter de se realizar em modo manual, contornando os obstáculos. Para garantir uma boa sobreposição das imagens e a reconstrução 3D da cena, optou-se pela recolha de imagens com diversas orientações da câmara, totalizando 119 imagens, num voo manual de cerca de 4 minutos. A [Figura 5.15](#) apresenta uma imagem aérea do cenário estudado, com a marcação dos pontos utilizados para controlo.

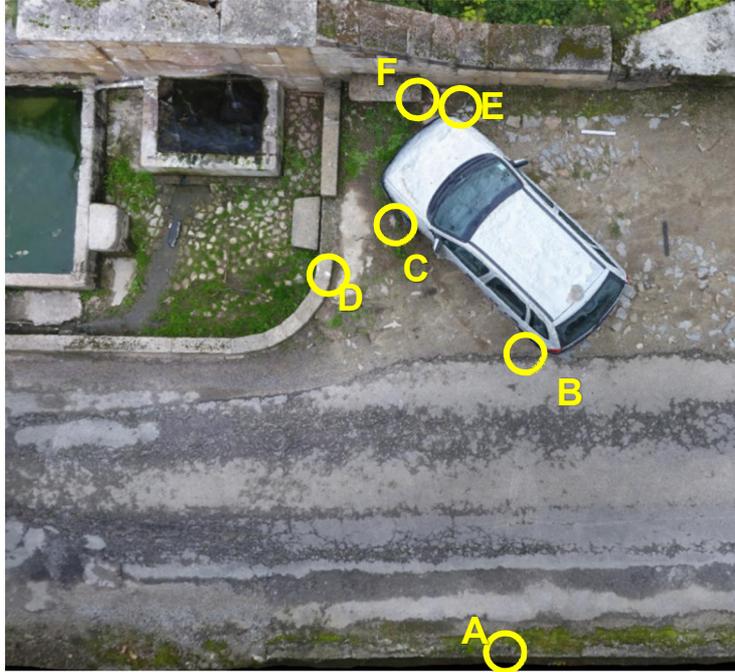


Figura 5.15 – Vista aérea da simulação de um acidente de viação numa área com obstáculos. Para comparação de resultados, marcaram-se, no terreno, alguns pontos (A a F).

Os valores resultantes das medições à fita e sobre o ortomosaico, gerado a partir das imagens adquiridas pelo *drone*, estão registadas na [Tabela 5.5](#). Como se pode verificar, as medições efetuadas coincidem.

Tabela 5.5 – Comparação entre as medições realizadas à fita e a partir do ortomosaico, gerado através das imagens adquiridas com o *drone*. Os erros associados às leituras a partir dos produtos do *drone* foram calculados pelo Pix4D.

| <i>Medição entre os pontos</i> | <i>Fita (cm)</i> | <i>Ortofoto (cm)</i> |
|--------------------------------|------------------|----------------------|
| A – B | 451 | 452 ± 2 |
| C – D | 117 | 117 ± 1 |
| E – F | 42 | 42 ± 1 |

5.2.2 Teste 2: Cenário com presença de árvores de grandes dimensões

Com o objetivo de retratar outra situação comum, em termos de presença de obstáculos em locais de acidentes rodoviários, simulou-se um acidente próximo de vegetação de grande porte. Parte considerável da cena do acidente estava obstruída pela vegetação, tal com se pode verificar na [Figura 5.16](#). A disposição em que os veículos foram colocados impedia que o

drone pudesse cobrir parte significativa da área de interesse. Para resolver o problema, recorreu-se a um *smartphone* para fotografar, com uma perspetiva de solo, as partes do veículo em falta.

No total, foram obtidas 43 imagens, a partir de uma altura de 30 metros e usando uma inclinação da câmara de 70°, o que foi conseguido com um voo em grelha dupla e com duração de cerca de 2 minutos. Para comparar a metodologia clássica com os resultados obtidos recorrendo aos produtos gerados a partir das imagens aéreas, foram marcados sobre o terreno 6 pontos (A a F). Os resultados dos testes estão representados na [Tabela 5.6](#). A diferença máxima entre as medições é de 1 cm e os erros apresentados foram estimados através do Pix4D.

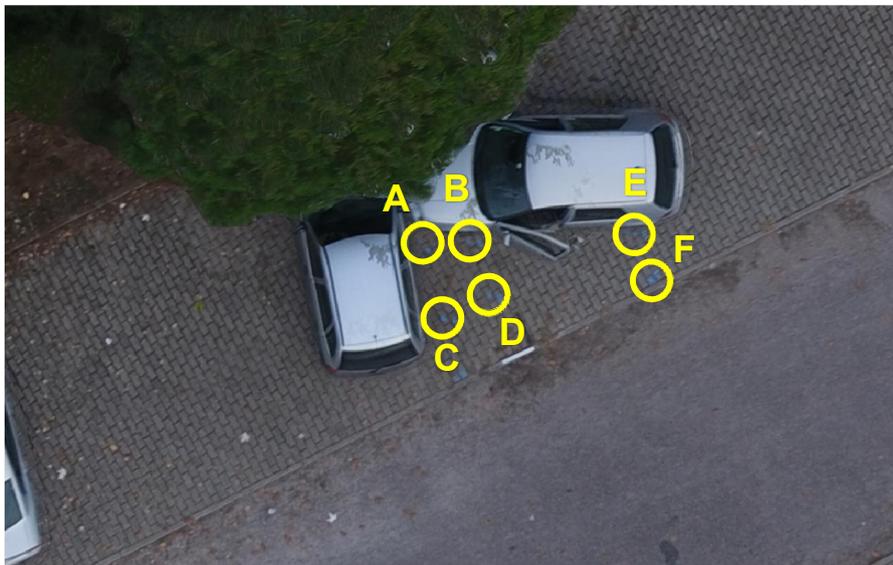


Figura 5.16 – Simulação de um acidente em que os automóveis envolvidos estão parcialmente obstruídos por vegetação de grande porte. Novamente, para aferir o rigor das medições realizadas a partir dos produtos obtidos através das imagens obtidas pelo *drone*, foram marcados pontos no terreno (A a F).

Tabela 5.6 – Comparação entre as medições obtidas através do método clássico (fita métrica) com as obtidas através dos produtos gerados a partir de imagens aéreas.

| <i>Medição entre os pontos</i> | <i>Fita (cm)</i> | <i>Ortofoto (cm)</i> |
|--------------------------------|------------------|----------------------|
| A – B | 69 | 69 ± 2 |
| B – D | 86 | 87 ± 1 |
| C – D | 77 | 78 ± 2 |
| A – C | 122 | 123 ± 2 |
| E – F | 79 | 80 ± 1 |
| B – E | 246 | 247 ± 1 |

5.2.3 Teste 3: *Vegetação densa (recurso a imagens com drone e smartphone)*

Motivados pela qualidade dos resultados dos testes, desenvolvidos em condições ideais, em que se recorreu à completagem do modelo através de imagens terrestres obtidas por *smartphone*, foi realizada uma nova experiência em que a área de interesse estava obstruída em grande parte por vegetação densa. Desta vez, recorreu-se à combinação de imagens obtidas pelo *drone* e imagens obtidas por *smartphone*. A [Figura 5.17](#) representa a situação descrita.



Figura 5.17 – Imagem de um veículo, obtida pelo *drone*, com parte considerável do automóvel obstruída pela vegetação densa.

Em fase de processamento, e para eliminar a vegetação, foi definido um volume de interesse, tal como ilustrado na [Figura 5.18](#).

No total, foram adquiridas 50 imagens a partir do *drone* o que permitiu obter o modelo 3D apresentado na [Figura 5.19](#). É notório que os obstáculos impediram a reconstrução de um lado do veículo. Para completar o modelo, recorreu-se, então, à aquisição de imagens usando um *smartphone*, tendo-se obtido um total de 17 imagens, apenas do lado do veículo obstruído pela vegetação. A [Figura 5.20](#) apresenta o modelo 3D, apenas da parte do veículo obtida com recursos às imagens adquiridas por *smartphone*. Finalmente, os dois modelos (*drone* + *smartphone*) foram combinados, obtendo-se o modelo final, ilustrado na [Figura 5.21](#).

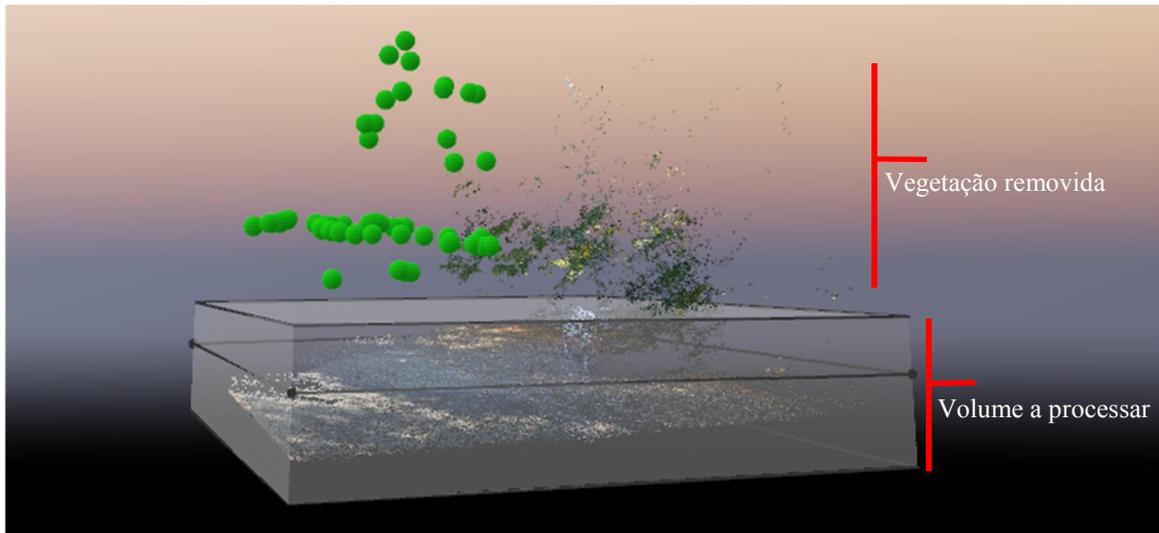


Figura 5.18 – Definição de um volume para remoção da vegetação. Os pontos a verde indicam a posição do sensor no momento de aquisição das imagens. Como se pode constatar, as imagens foram obtidas, sobretudo, de um dos lados do veículo.

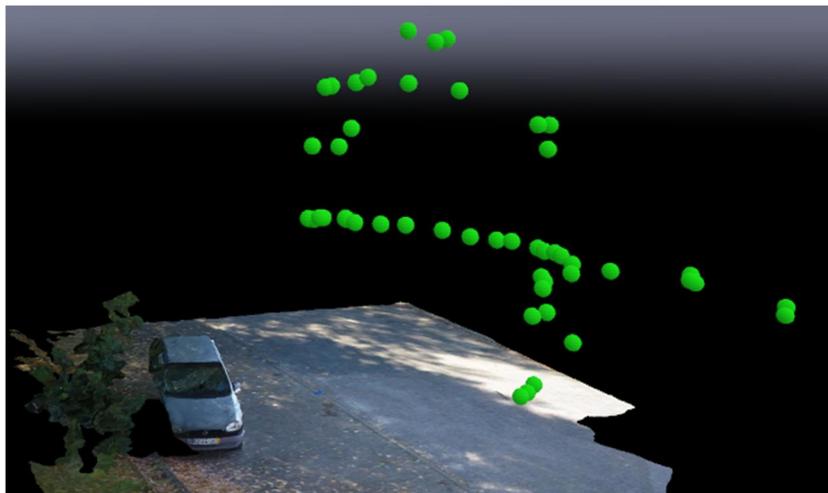


Figura 5.19 - Modelo 3D obtido recorrendo, apenas às imagens do *drone*, com indicação da posição do sensor no momento da aquisição das imagens, a verde.

Finalmente, e atuando de forma análoga aos testes anteriormente apresentados, procedeu-se à comparação das medições realizadas através dos dois métodos, recorrendo a pontos marcados sobre o terreno, como se pode verificar na [Figura 5.22](#).



Figura 5.20 – Reconstrução 3D da parte do veículo obstruída pela vegetação, recorrendo a imagens obtidas por *smartphone*.

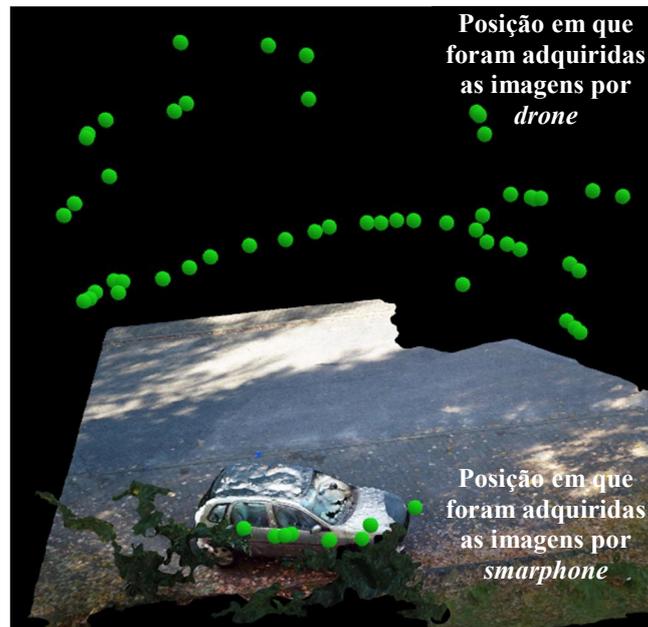


Figura 5.21 – Modelo final, obtido combinando as imagens adquiridas pelo *drone* com as imagens adquiridas pelo *smartphone*.

A [Tabela 5.7](#) resume a comparação realizada entre o método clássico e o novo método, baseado na utilização de *drones*. Novamente, é possível concluir que os métodos permitem obter medições idênticas.

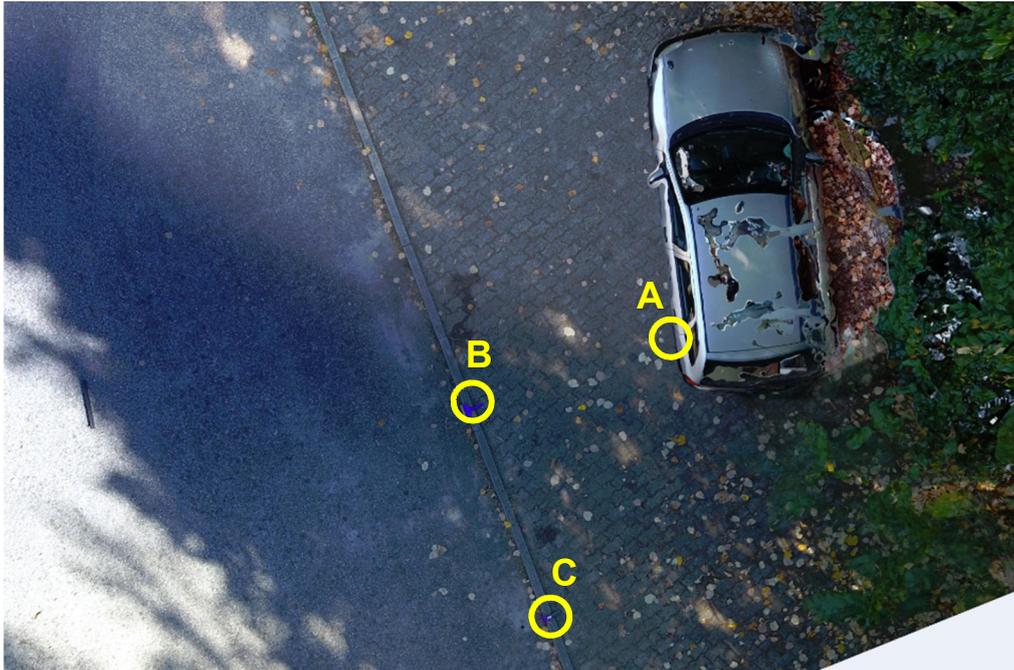


Figura 5.22 – Ortofotomosaico gerado, com os pontos usando para comparação de metodologias destacados.

Tabela 5.7 - Comparação entre as medições obtidas através do método clássico (fita métrica) com as obtidas a partir dos produtos gerados a partir de imagens aéreas, num cenário com forte obstrução provocada por vegetação.

| <i>Medição entre os pontos</i> | <i>Fita (cm)</i> | <i>Ortofoto (cm)</i> |
|--------------------------------|------------------|----------------------|
| A – B | 209 | 209 ± 1 |
| A – C | 308 | 309 ± 1 |

5.2.4 Teste 4: Presença de edifícios

O cenário seguinte simula um acidente em que, pelo menos, uma das viaturas acidentadas se encontra muito próxima de um edifício, obstruindo, assim, pelo menos um dos lados do veículo. Trata-se, como facilmente se percebe, de uma situação muito comum, sobretudo, em ambientes urbanos. Para cobrir a área do acidente foi realizado um voo a uma altura de 20 metros, com grelha dupla. A [Figura 5.23](#) representa a situação descrita, onde se identificam, uma vez mais, os pontos utilizados para comparação das metodologias.

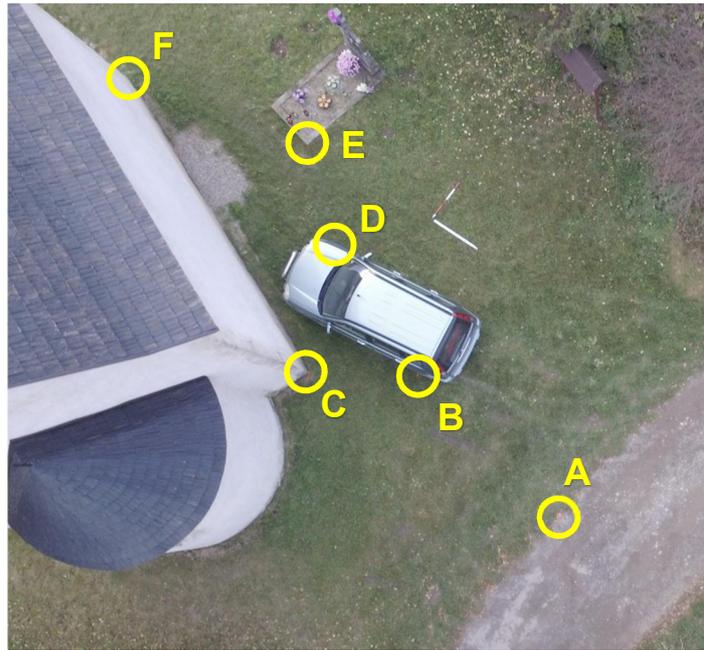


Figura 5.23 – Imagem aérea representando uma situação em que um dos veículos envolvidos no acidente está próximo de um edifício. Novamente, os pontos assinalados (A a F) foram usados para comparação dos métodos de medição.

Para completar a cobertura da área de interesse, foi realizado um novo voo, em modo manual e com altura de voo variável. A [Figura 5.24](#) apresenta o modelo 3D obtido, com a identificação dos pontos em que estava o sensor no momento de aquisição das imagens.

A comparação entre as medições obtidas através do método clássico e do método tendo por base a utilização do *drone* está apresentada na [Tabela 5.8](#). Pode verificar-se, uma vez mais, a correspondência entre as medições obtidas através dos dois métodos.

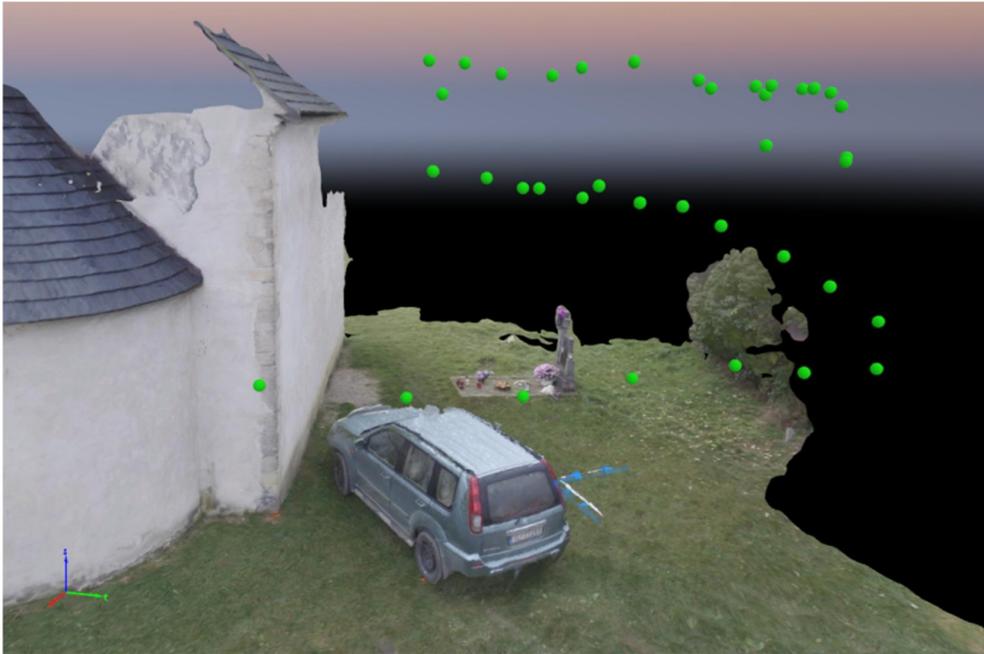


Figura 5.24 – Modelo 3D representando a cena do acidente com a identificação da posição do sensor no momento em que foram adquiridas as imagens.

Tabela 5.8 - Comparação entre as medições obtidas através do método clássico (fita métrica) com as obtidas a partir dos produtos gerados a partir de imagens aéreas, para a situação representada na **Figura 5.23**.

| <i>Medição entre os pontos</i> | <i>Fita (cm)</i> | <i>Ortofoto (cm)</i> |
|--------------------------------|------------------|----------------------|
| A – B | 459 | 459 ± 1 |
| B – C | 251 | 251 ± 1 |
| D – E | 268 | 269 ± 1 |
| D – F | 669 | 669 ± 1 |

5.2.5 Teste 5: Situação extrema em que é impossível utilizar o drone

Apesar dos exemplos apresentados ilustrarem alguns dos casos possíveis de obstáculos, e de se ter concluído que será possível, mesmo em situações complicadas, recorrer ao *drone*, ou pelo menos à combinação do *drone* com um *smartphone*, haverá sempre situações em que o método clássico será o único passível de ser utilizado. A **Figura 5.25** representa uma dessas situações, em que as viaturas envolvidas no acidente estão totalmente obstruídas por vegetação densa.



Figura 5.25 – Simulação de um acidente em que é impossível a utilização do *drone*.

Para verificar o resultado da utilização do *drone*, foi realizado um voo a uma altura de 40 metros, com o sensor apontando na direção nadiral. A [Figura 5.26](#) apresenta o ortomosaico gerado a partir das imagens obtidas com este voo.



Figura 5.26 – Ortomosaico representando a cena do acidente. É notória a obstrução causada pela vegetação densa.

5.3 TESTES NOTURNOS

Parte significativa dos acidentes rodoviários acontece em situações de fraca iluminação. Nestes casos, para se conseguir recorrer à metodologia proposta, será necessário dotar o *drone* de iluminação artificial. A primeira dificuldade técnica desta operação prende-se com a capa-

cidade de carga de *drone* utilizado. Salienta-se, uma vez mais, que é objetivo deste trabalho avaliar o potencial da utilização de *drones* de baixo peso e de pequena dimensão. Assim, proporcionaram-se dois cenários:

1. Recurso a iluminadores de pequenas dimensões para serem montados no *drone*;
2. Recurso a iluminadores de solo, alimentados a bateria, para serem instalados na área envolvente ao acidente.

Obviamente que o cenário 1 seria o preferível, desde que tecnicamente possível. Proce-
deu-se, então, a uma pesquisa de mercado no sentido de identificar iluminadores, de pequenas
dimensões e de baixo peso, passíveis de serem utilizados nos *drones* usados nos testes. Foi
encontrado, e adquirido, um par de iluminadores Lume Cube LC-44GM, apresentado na [Figu-
ra 5.27](#).



Figura 5.27 - O iluminador Lume Cube LC-44GM, utilizado nos testes noturnos (tempera-
tura de cor: 6000k; 1 a 1500 lumens).

5.3.1 Teste 1: Ausência total de iluminação

Os iluminadores LED LC-44GM foram utilizados em cenários de total ausência de ilumina-
ção para avaliar os resultados proporcionados. Recorreu-se, também, a iluminadores de solo
(Aputure Amaran, modelo AL-H198, com regulador de intensidade), representados na [Figura
5.28](#). As experiências realizadas recorreram a iluminação artificial usando: (1) exclusivamente
os iluminadores de solo; (2) exclusivamente os iluminadores do *drone*; e (3) a combinação de
ambos.



Figura 5.28 – Os iluminadores de solo usados nas experiências noturnas (Aputure Amaran, modelo AL-H198, com regulador de intensidade).

A primeira conclusão que pode ser retirada destas experiências é que não será possível, usando a câmara que equipa o *drone* comercial utilizado, obter imagens noturnas nítidas com o *drone* em constante movimento. O arrastamento provocado inviabiliza a obtenção de resultados aceitáveis. A solução passou por parar o *drone*, no momento da aquisição de cada imagem. A aplicação do Pix4DCapture para iOS, permite realizar esta tarefa de forma totalmente automática e foi, por isso, utilizada nos testes realizados.

O primeiro teste consistiu em verificar, apenas visualmente, a capacidade de iluminação dos iluminadores LC-44GM a diferentes altitudes. A [Figura 5.29](#) apresenta os resultados obtidos. Nota-se uma clara degradação da iluminação com a altura, mas, em qualquer dos testes, é possível distinguir as viaturas envolvidas. A próxima fase consistiu, então, na realização de voos noturnos obtendo-se imagens com a iluminação da cena exclusivamente pelo *drone*, pelos iluminadores de solo e pela combinação dos dois.

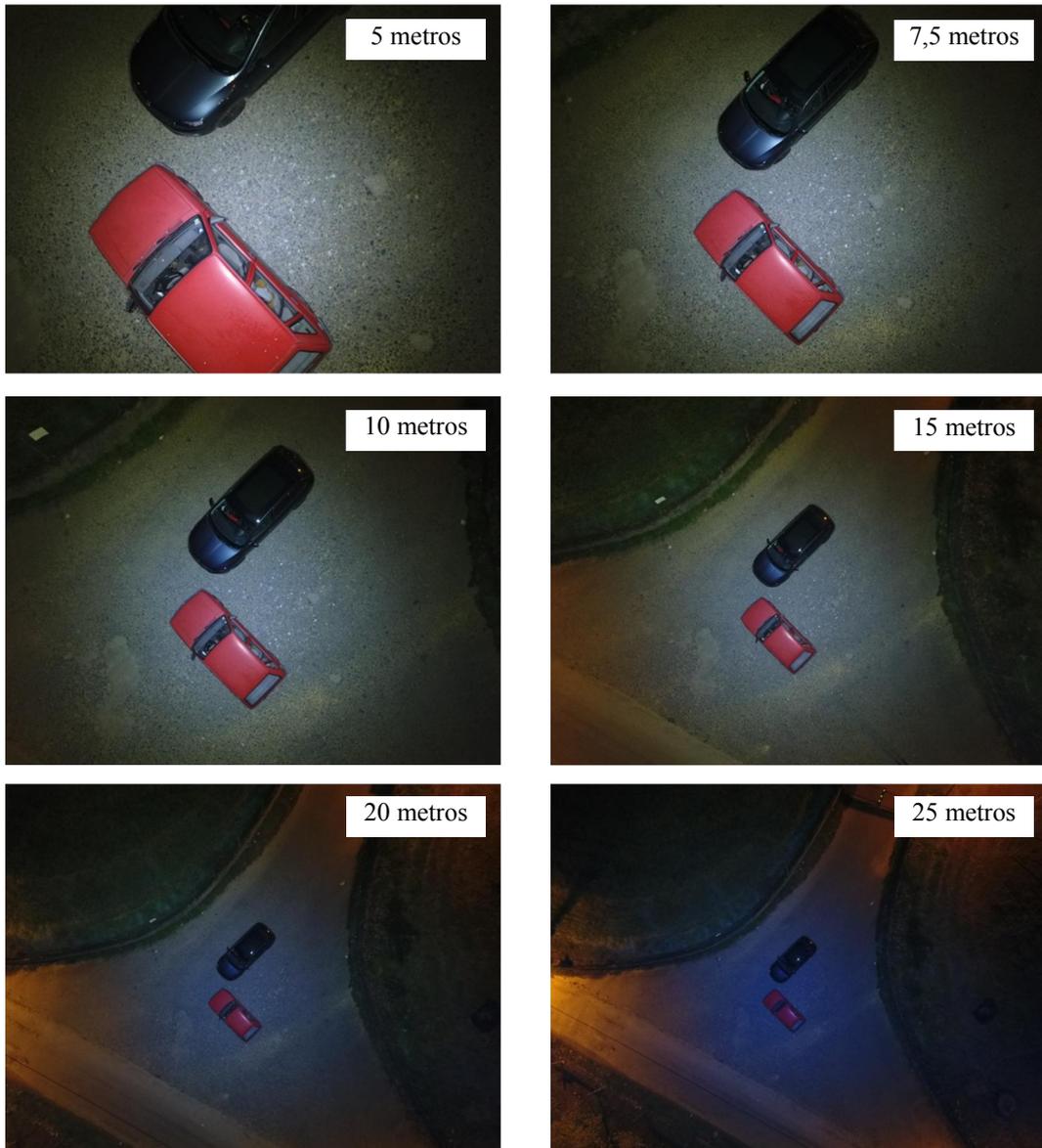


Figura 5.29 – Testes aos iluminadores LC-44GM a diferentes alturas de voo.

Na [Figura 5.30](#) pode ver-se a iluminação testada nas várias experiências. Realizados os vários voos e processadas as imagens obtidas, foi possível concluir que imagens noturnas provenientes de voos até 25 metros podem ser utilizadas, recorrendo a estas soluções de iluminação para levantar informação no local de um acidente de viação. A [Figura 5.31](#) apresenta dois ortomosaicos obtidos nestes testes. Em todas as experiências, os resultados foram semelhantes aos apresentados na [Figura 5.31](#), ou seja, a iluminação exclusivamente com o *drone* apresenta melhores resultados, pois diminui as sombras.

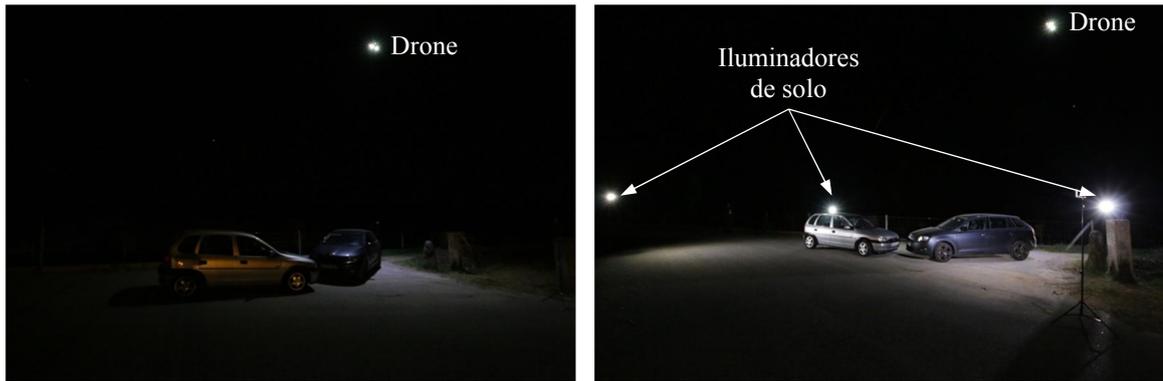


Figura 5.30 – Apresentação dos testes de iluminação realizados: (Esquerda) – apenas iluminadores do *drone*; (Direita) – Combinação dos iluminadores do *drone* com os iluminadores de solo.

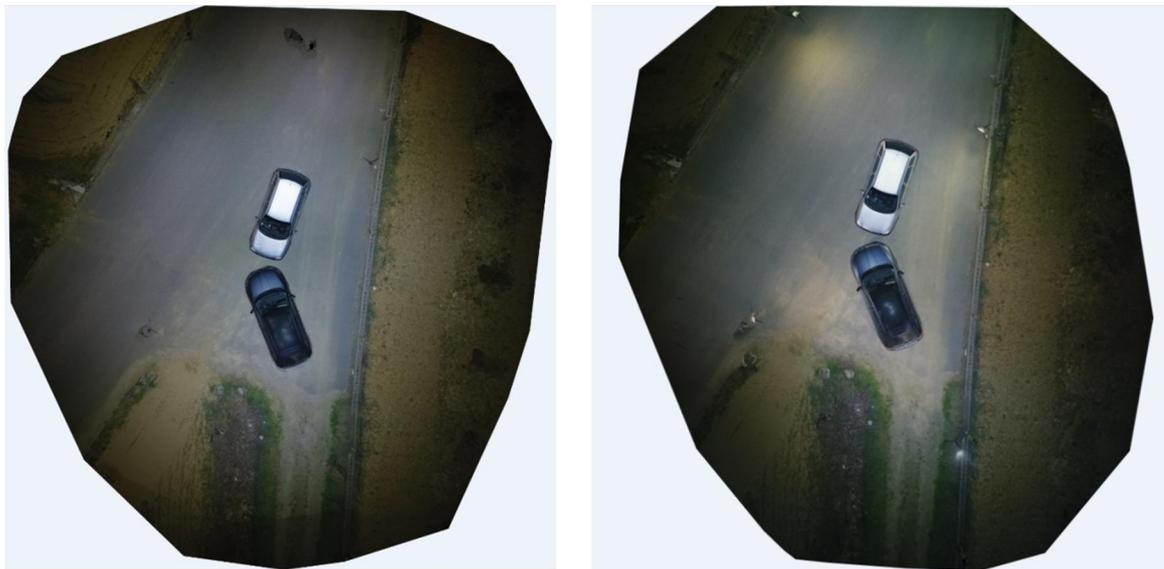


Figura 5.31 – Ortofotomosaicos obtidos através de imagens noturnas: (esquerda) utilizando apenas a iluminação do *drone*; (direita) utilizando iluminação do *drone* e iluminação de solo.

Como já foi referido, uma quantidade significativa de acidentes ocorre no espaço urbano e em ambiente noturno. Esses locais apresentam, normalmente, iluminação pública. Para verificar a efetividade dessa iluminação para a aplicação desta metodologia, realizaram-se dois tipos de experiências: voo usando apenas a iluminação pública e voo em que se combinava a iluminação montada no *drone* com a iluminação pública. A [Figura 5.32](#) ilustra os resultados obtidos. Como se pode constatar, em ambos os casos, foi possível gerar um mosaico com qualidade suficiente para retirar as informações necessárias. No entanto, é conveniente usar sempre a iluminação do *drone*, pois, e como se sabe, nem todos os locais estão igualmente iluminados.

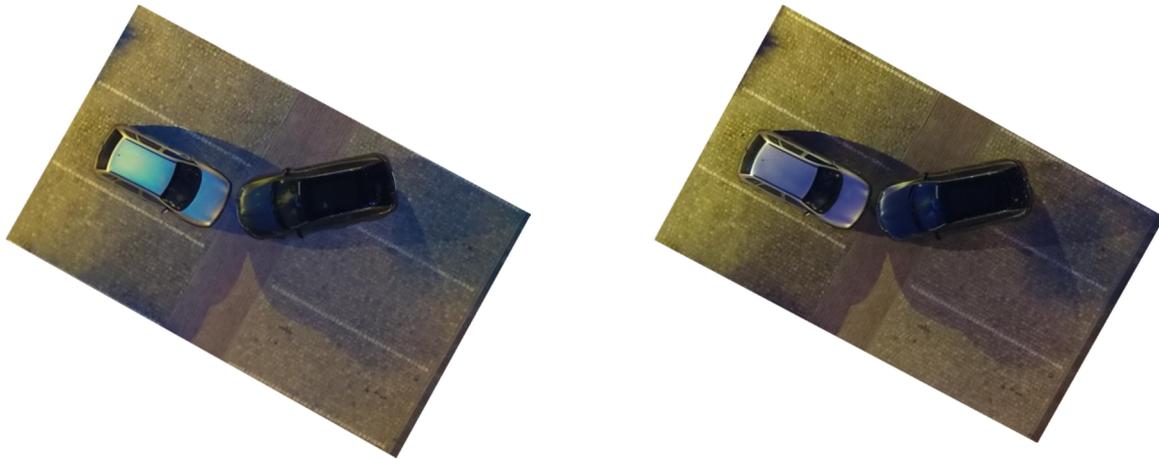


Figura 5.32 – Mosaico gerado a partir das imagens obtidas pelo drone. (Esquerda) Apenas iluminação pública; (Direita) Iluminação pública combinada com a iluminação do *drone*. (Altitude do voo = 20 metros)

5.4 TESTES REAIS

Depois de validado o método proposto, foi necessário realizar alguns testes em ambiente real para verificar se os resultados obtidos em ambientes controlados e simulados seriam replicáveis em situações reais. A PSP, nossa parceira neste projeto, contactou-nos, durante um determinado período de tempo, sempre que fosse chamada por causa de um acidente de viação. Havendo disponibilidade, uma equipa da UTAD ocorria ao local e realizava o voo sobre a área de interesse. Enquanto isso, a brigada de acidentes da PSP executava o método clássico. Posteriormente, o croqui realizado pela PSP era-nos cedido para efeitos de comparação/validação.

De salientar que neste documento apresentam-se apenas alguns exemplos dos acidentes que acompanhamos, pois nem sempre foi possível obter a autorização dos intervenientes para a divulgação das imagens.



Figura 5.33 – Identificação dos veículos envolvidos no acidente (em cima) e medição usando o método clássico, em simultâneo com a utilização do *drone* (ao centro e em baixo).

O primeiro exemplo, apresentado na [Figura 5.33](#), diz respeito a um acidente que envolveu dois veículos na Avenida Rainha Santa Isabel, em Vila Real, a 10 de abril de 2017. Foi realizado um voo, em grelha dupla, com uma duração de cerca de 2 minutos a uma altitude de 20 metros. A informação recolhida pela PSP, via método convencional, foi registada e o processo demorou cerca de 30 minutos.

A informação recolhida no local do acidente ([Figura 5.34](#)) deu origem ao croqui apresentado na [Figura 5.35](#) que integrará, depois, o Auto do Acidente ([Anexo II](#)). Como facilmen-

te se pode constatar, apesar de bastante melhor, em termos de legibilidade, a informação e a área coberta por este croqui fica muito aquém do que se obteve pela nova proposta de metodologia, baseada em *drone*, cujo resultado final está apresentado na [Figura 5.36](#) e na [Figura 5.37](#). Este facto pode ser verificado na [Figura 5.38](#), em que se apresenta a sobreposição dos dois modelos. Neste exemplo simples, apesar de serem já notórias as diferenças em termos de preenchimento da cena do acidente, as diferenças na localização dos veículos acidentados não são significativas.

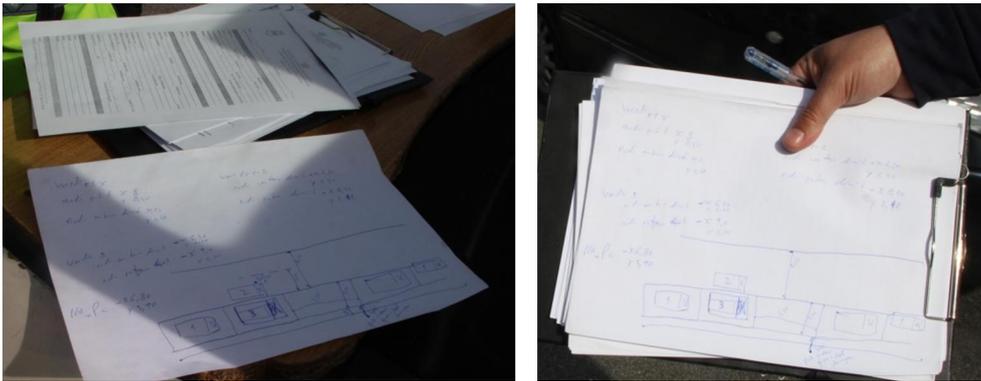


Figura 5.34 – O croqui desenhado pela brigada de acidentes da PSP e que servirá de documento oficial para criar a PAV.

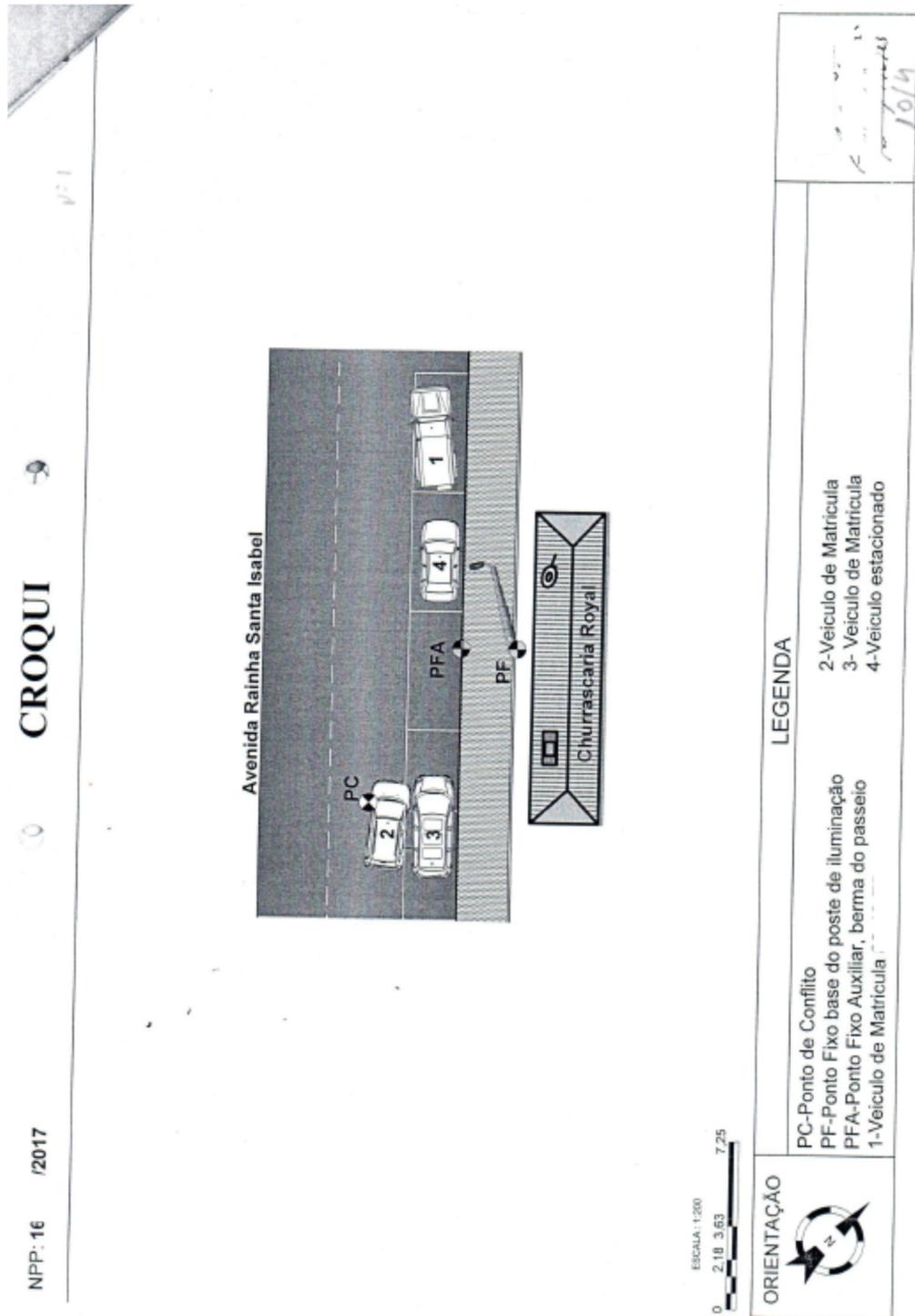


Figura 5.35 – Croqui desenhado pela PSP usando a aplicação Visio, tendo por base a informação recolhida no local do acidente apresentada na Figura 5.34.



Figura 5.36 – O mosaico gerado a partir das imagens adquiridas com o *drone*.



Figura 5.37 – Representação 3D da área do acidente de dia 10 de abril de 2017.



Figura 5.38 – (Em cima) Sobreposição do ortomosaico gerado a partir das imagens adquiridas por *drone* com a planta realizada pela PSP, a partir do croqui desenhado no local do acidente. (Em baixo) Os dois modelos para mais fácil comparação.

A [Figura 5.39](#) e a [Figura 5.40](#) apresentam, respetivamente, a planta desenvolvida pela PSP e o ortomosaico gerado a partir das imagens aéreas de um acidente ocorrido no cruzamento entre a Avenida João Paulo II e a Rua Dr. Otilio Figueiredo, em Vila Real (junto ao *shopping*), a 11 de maio de 2017. Neste caso, e como se pode constatar pela análise da [Figura 5.41](#), as diferenças entre os dois modelos são substanciais, sendo detetados desvios significativos entre a informação produzida pela PSP e a realidade (ortomosaico).

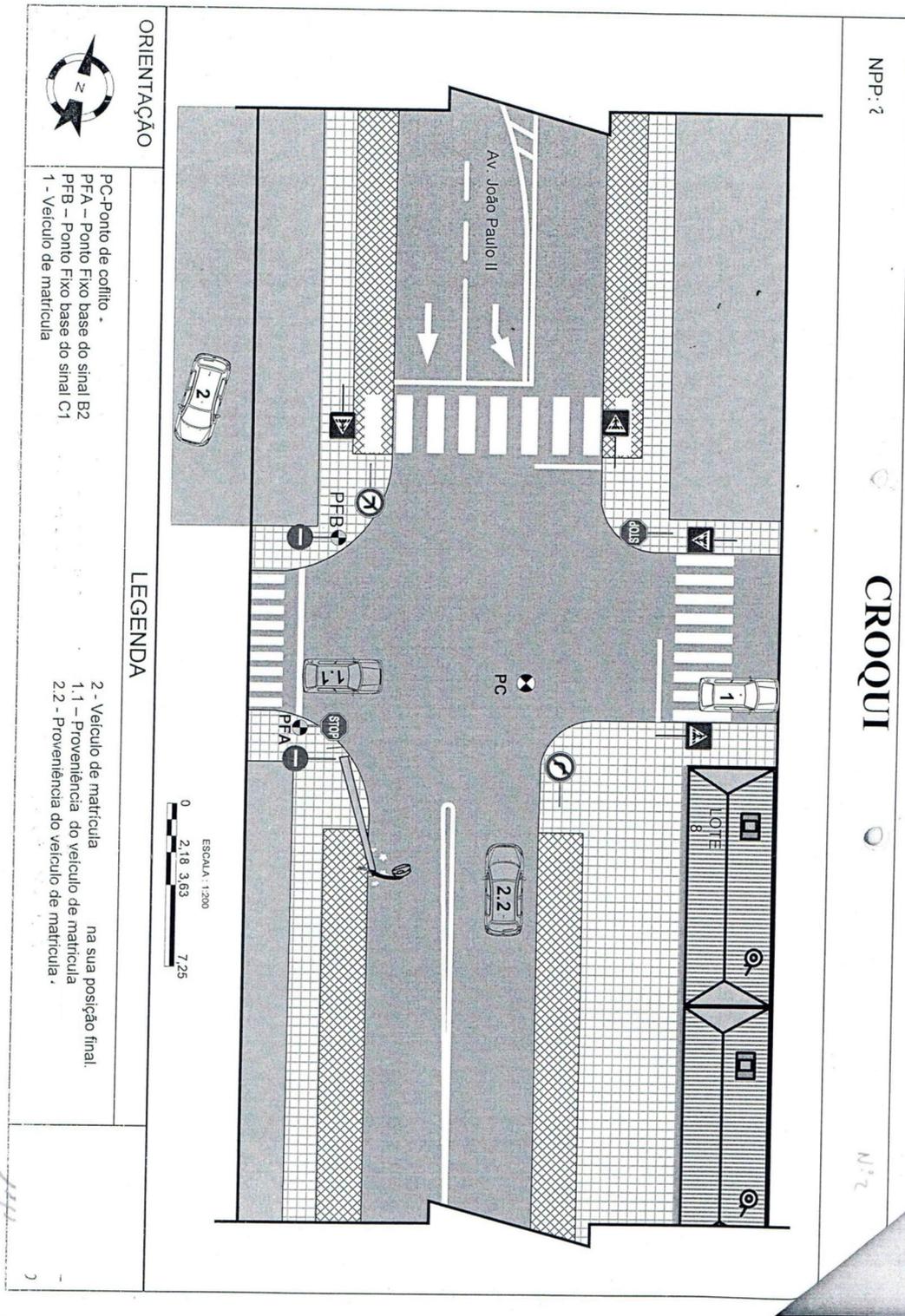


Figura 5.39 – Planta do acidente ocorrido a 11 de maio de 2017, desenhada no Visio pela PSP.



Figura 5.40 – Ortomosaico do acidente ocorrido a 11 de maio de 2017, gerado a partir das imagens adquiridas com *drone*.

A sinalização vertical é outro aspeto importante a considerar e que deverá ser, obrigatoriamente, documentada e levantada, no local do acidente, pelas equipas de agentes. Esta sinalização complementa a sinalização vertical e pode desempenhar um papel fundamental no apurar de responsabilidades.

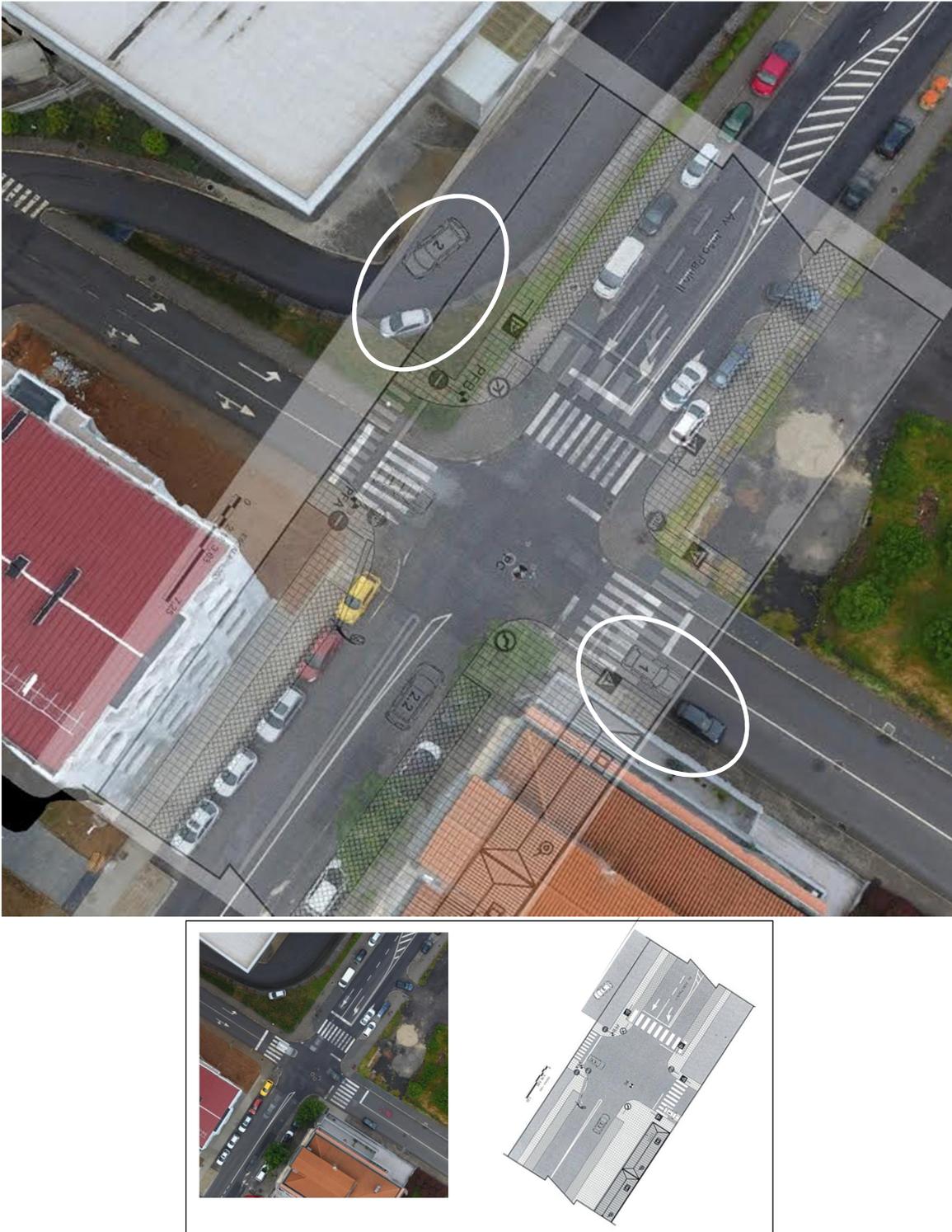


Figura 5.41 – (Em cima) Sobreposição do ortomosaico gerado a partir das imagens adquiridas por *drone* com a planta realizada pela PSP, a partir do croqui desenhado no local do acidente. (Em baixo) Os dois modelos para mais fácil comparação. São notórios os desvios entre as duas representações.

No mosaico da [Figura 5.40](#) é possível reconhecer e identificar alguma sinalização vertical, existente no local do acidente de viação. O modelo 3D permitirá identificar o sinal em causa, sem quaisquer dúvidas.

A [Figura 5.42](#) apresenta um pormenor de dois sinais verticais, retirados do modelo 3D, correspondente ao acidente de viação retratado na [Figura 5.41](#).



Figura 5.42 – Exemplo de identificação da sinalização vertical no modelo 3D.

Mais, no futuro, e com recurso a esta metodologia, a deteção automática da sinalização vertical, mas também da sinalização horizontal (integração de reconhecimento automático de padrões e formas), informação vital à interpretação da cena do acidente, será incluída naquela que será a solução final, ou seja, numa plataforma informática. Esta plataforma representará uma grande inovação e um grande desenvolvimento relativamente ao estado da arte na investigação de acidentes rodoviários. Através de um único interface, totalmente amigável, será possível ativar os vários processos (obtenção dos modelos 2D e 3D do acidente, exportação/criação de relatórios, etc.). No futuro, esta mesma plataforma possibilitará resolver um problema importante que se prende com os sistemas informáticos utilizados pelas forças de segurança. Com efeito, a GNR e a PSP utilizam sistemas diferentes, o que torna difícil a comunicação entre entidades. Por outro lado, será, também, mais fácil, no futuro, a comunicação entre estas forças e a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, através da interoperabilidade das diferentes plataformas.

Para ilustrar o processo em ambiente real, apresenta-se um outro exemplo de um acidente ocorrido a 18 de maio de 2017, novamente na Avenida João Paulo II, em Vila Real. A [Figura 5.43](#) e a [Figura 5.44](#) apresentam, respetivamente a planta desenhada pela PSP e o ortomosaico gerado a partir das imagens obtidas com o *drone*.

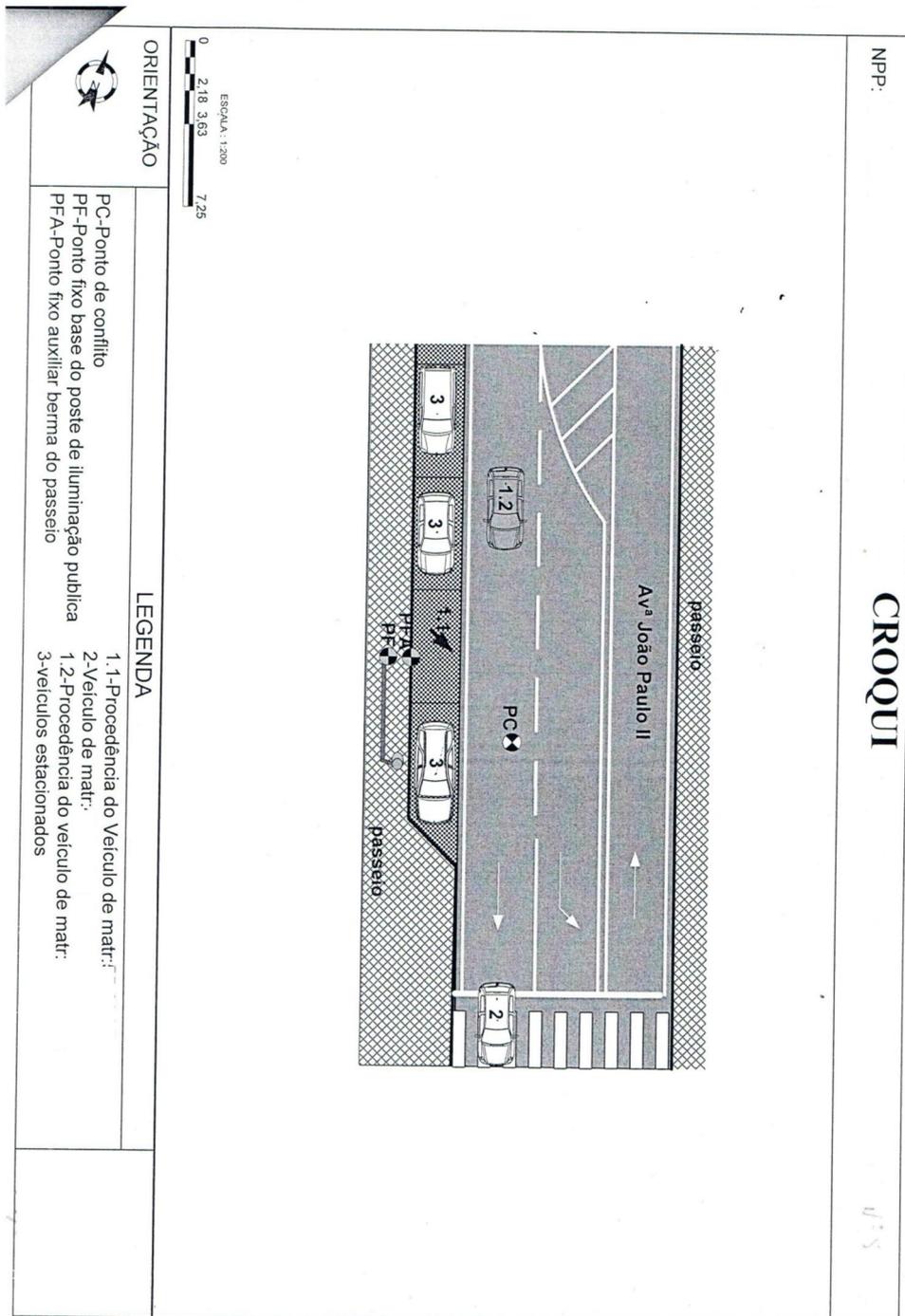


Figura 5.43 – Planta do acidente ocorrido a 18 de maio de 2017, desenhada no Visio pela PSP.



Figura 5.44 – Ortomosaico do acidente ocorrido a 11 de maio de 2017, gerado a partir das imagens adquiridas com *drone*.

Na [Figura 5.45](#) apresenta-se uma comparação entre os dois métodos. Em casos simples, como este, essas diferenças são menos significativas.

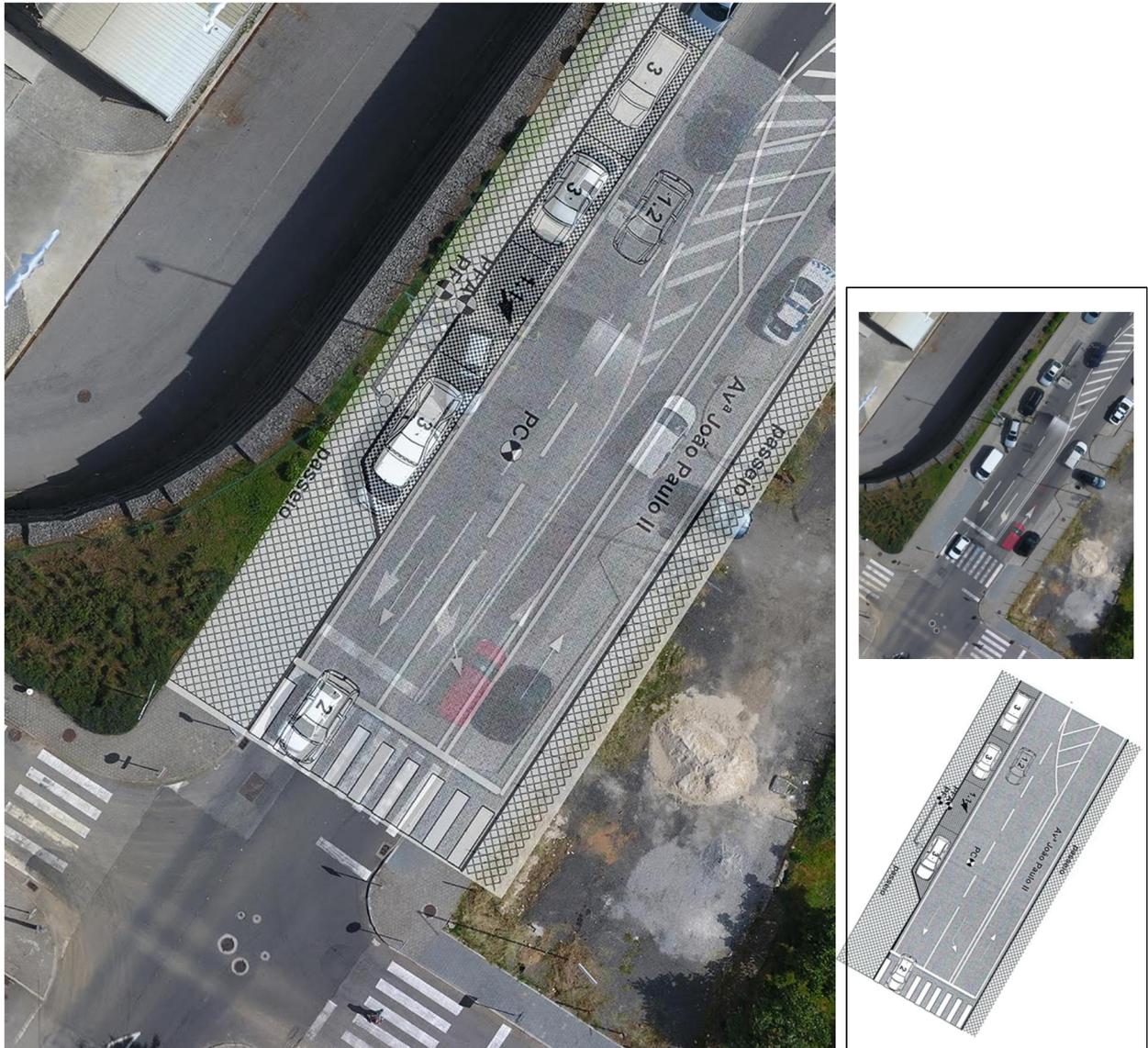


Figura 5.45 – (Esquerda) Sobreposição do ortomosaico gerado a partir das imagens adquiridas por *drone* com a planta realizada pela PSP, a partir do croqui desenhado no local do acidente. (Direita) Os dois modelos para mais fácil comparação. Nos casos mais simples, como este, as diferenças entre as duas abordagens são atenuadas.

5.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para este trabalho de investigação, foram definidas duas questões centrais:

Q1. “Poderão, efetivamente, os drones ser utilizados na investigação de acidentes rodoviários, substituindo as metodologias de recolha de informação atuais?”

Q2. “Quais são os principais constrangimentos à aplicação desta metodologia na investigação de acidentes rodoviários?”

No que respeita à questão central 1 (Q1), a conclusão a obter depende da resposta a duas subquestões, em si interdependentes:

- Podem os *drones* ser utilizados na investigação de acidentes?
- Em caso afirmativo, podem substituir as metodologias de recolha de informação atuais?

Apesar de existirem já alguns trabalhos publicados que abordam a utilização de *drones* no estudo de acidentes viários (*vide* [Secção 4.2](#)), estes foram desenvolvidos em cenários considerados ideais, sobretudo pela ausência de obstáculos típicos encontrados quer em ambientes urbanos, quer em ambientes rurais e, também, pela existência de uma área ampla para a execução dos estudos. Recordarmos que a metodologia que nos propusemos apresentar tem como premissas poder ser utilizada independentemente das condições meteorológicas, da iluminação disponível e dos obstáculos presentes na envolvente de um cenário de acidente. Assim, as experiências desenvolvidas foram idealizadas, primeiramente, para comprovar que os *drones* podem ser utilizados na investigação de acidentes em (i) cenário ideal; (ii) cenários com obstáculos típicos de meios urbanos e rurais; e (iii) diferentes condições de iluminação, mas também para determinar quais os parâmetros de voo - ideais e limite - para cada um dos cenários testados, com vista à obtenção de resultados que representassem o cenário real com maior exatidão e os elementos que caracterizam o acidente e a sua envolvente com precisão. Assim, o cenário ideal (*vide* [Secção 5.1](#)) foi desenvolvido sem restrições de espaço e sem a presença de obstáculos, permitindo criar a referência para estudos posteriores e, sobretudo, determinar os parâmetros ótimos de voo, nomeadamente no que concerne ao ângulo da câmara, à percentagem de sobreposição de imagens, mediante o tipo de terreno, e à utilização de um plano de voo em grelha simples ou dupla. Permitiu, ainda, uma comparação entre as medidas obtidas a partir do UAV e à fita (método atualmente empregue pelas forças de segurança) e, desta forma, aferir a precisão da metodologia proposta. Como resultado, obteve-se aquela que é considerada a combinação ótima de parâmetros de voo, com base na qual existiu

uma variação até 1cm nas medidas obtidas: uma inclinação de câmara de 65%, uma sobreposição de imagens entre 70% e 75% a uma altura de voo entre os 15m e os 20m. Contudo, resolvemos ir mais além e comparar a precisão das medidas obtidas utilizando o UAV com métodos clássicos de medição de distâncias, bastante rigorosos, recorrendo a estação total e a um recetor GNSS. Os resultados obtidos foram muito semelhantes. Com efeito, apesar do método que utiliza a estação total ter obtido, como era esperado, melhores resultados, comparativamente à referência (fita métrica), o *drone* surge imediatamente a seguir e apresenta-se como a solução globalmente mais vantajosa, sobretudo porque o operador não é necessário ao processo de recolha de informação, mas também porque permite obter informação mais completa. Pretendeu-se, ainda, comprovar que o VANT pode ser utilizado em cenários onde exista uma obstrução parcial de um ou de mais veículos por obstáculos, procurando complementar a informação recolhida com imagens adquiridas a partir da câmara de um qualquer *smartphone*. Verificou-se que os modelos obtidos nos diversos cenários simulados eram consistentes, o que vinha reforçar a robustez da solução de utilizar UAV na investigação de acidentes de viação.

Os cenários reais testados (Secção 5.2) procuraram abranger as diferentes situações que podem ocorrer quer em meio urbano, quer em meio rural. Assim, a existência de cabos e de postes de iluminação nas proximidades e sobre o acidente simulado obrigou à utilização de voo manual e, para garantir uma boa sobreposição de imagens, à aquisição de imagens com diversas orientações da câmara, situação que não prolongou em muito o processo de recolha de informação (a operação completa levou 4 minutos). As variações nas medições obtidas a partir da fita métrica e do ortomosaico obtido foram semelhantes, não excedendo 1cm. O cenário de acidente parcialmente obstruído por árvores de grandes dimensões foi, também, testado. Nesta situação foi utilizado um voo em grelha dupla e a informação recolhida foi completada com recurso às imagens adquiridas com um *smartphone* para a parte da cena obstruída pela copa das árvores. Foram comparados os resultados obtidos pela medição à fita a pontos de referência seleccionados no cenário, com os obtidos a partir do ortomosaico, tendo, uma vez mais, sido semelhantes, com variações que não excederam 1cm. No teste seguinte procurou-se um cenário ainda mais desafiante, em que parte significativa de um veículo estava coberta de vegetação densa. A informação obtida pelo *drone* foi completada com imagens adquiridas utilizando um *smartphone* e, após algum trabalho acrescido em gabinete (nomeadamente na seleção de áreas de interesse) e combinando os modelos obtidos pelo UAV e pelo *smartpho-*

ne, foram comparadas as medidas obtidas para alguns pontos de referência no cenário: a variação máxima foi de 1cm, entre os dois métodos, validando, uma vez mais, a metodologia proposta, até em cenários mais extremos. Por último, e para simular um cenário muito comum em ambientes urbanos, foi simulado um acidente em que um edifício obstruía uma parte do veículo. Combinando os resultados obtidos através de um voo automático e de um voo manual verificou-se que os resultados obtidos pela medição a pontos de referência eram semelhantes, com uma variação máxima de 1cm.

No que respeita às diferentes condições de iluminação, foi necessário dotar o UAV de iluminação artificial para cenários de acidentes em situações com fraca (ou nenhuma) iluminação. Assim, foram consideradas duas soluções: iluminação no solo (alimentados a bateria) e iluminadores montados no *drone* (considerando as restrições de peso – *payload* – e de bateria). Foram realizados dois testes – um com ausência total de iluminação e outro com a existência de iluminação pública – com variações: iluminação apenas a partir do *drone*, iluminação no solo e a combinação das duas. Concluiu-se que a metodologia proposta é passível de ser utilizada neste tipo de cenários recorrendo a voos até 25m e à iluminação obtida apenas a partir do VANT (verificou-se que diminui as sombras).

A diversidade dos cenários testados comprova que os *drones* podem, efetivamente, ser utilizados na investigação de acidentes de viação, independentemente dos obstáculos presentes na sua envolvente e das condições de iluminação existentes. A operação em qualquer situação meteorológica (dentro do usual) envolve adaptações de *hardware* no próprio UAV, nomeadamente a sua impermeabilização, situação em que dependemos dos fabricantes deste tipo de equipamentos, mas que poderá conhecer uma evolução proximamente, com a parceria estabelecida com um fabricante de referência: a empresa TEKEVER. Contudo, são de ressaltar cenários extremos em que o acidente e a cena envolvente está quase totalmente obstruída (Secção 5.2.5), em que o método tradicional continuará a ter de ser utilizado.

A segunda subquestão - A utilização de *drones* na investigação de acidentes pode substituir as metodologias de recolha de informação atuais? - teria de ser respondida comparando os resultados da metodologia proposta e do método em uso em cenários reais. Assim, e com a colaboração dos nossos parceiros – a PSP de Vila Real – a metodologia proposta foi experimentada em diversos cenários de acidente reais, na área de Vila Real. Em todos, os resultados obtidos pelo método tradicional, aplicado pelos agentes da PSP especializados neste tipo de

ocorrências, e os obtidos pela metodologia proposta, nomeadamente no que respeita à posição dos veículos envolvidos nos acidentes documentados, foram comparados. Enquanto em cenários de estrutura e contexto mais simples os resultados são muito semelhantes, quando o cenário é mais complexo verificaram-se diferenças com algum significado entre os elementos registados no *croqui* e os obtidos utilizando a metodologia proposta.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

Este capítulo sumaria as principais conclusões e os principais resultados obtidos com a realização deste projeto de investigação, detalhados nos capítulos anteriores.

No Capítulo 1, foram definidas as duas questões centrais desta investigação:

Q1. “Poderão, efetivamente, os *drones* ser utilizados na investigação de acidentes rodoviários, substituindo as metodologias de recolha de informação atuais?”

Q2. “Quais são os principais constrangimentos à aplicação desta metodologia na investigação de acidentes rodoviários?”

Assim, as principais conclusões deste trabalho serão apresentadas como respostas a estas questões centrais.

Foram determinados os parâmetros (altura e percentagem de sobreposição) que otimizam, por um lado o mosaico e, por outro lado, o modelo 3D, do cenário do acidente de viação e da sua envolvente. Foi, também, demonstrado que o método baseado na utilização de *drones* verifica os padrões de precisão utilizados pelas forças de segurança, no que se refere à medição de distâncias. Mais, quando comparado com métodos de medição clássicos, muito rigorosos, como sejam a estação total e o GNSS, a metodologia proposta permitiu obter resultados semelhantes.

Como grande parte dos acidentes de viação ocorrem em ambiente noturno, foi necessário demonstrar que a metodologia proposta neste estudo também poderá ser utilizada em condições de iluminação reduzida. Os inúmeros testes realizados permitiram concluir isso mesmo, ou seja, o recurso a iluminadores acoplados no próprio *drone*, proporcionam condições de iluminação suficiente para a utilização da nova metodologia, mesmo em ambientes pouco iluminados ou mesmo sem qualquer iluminação.

Como conclusão global, pode afirmar-se que os objetivos propostos para este trabalho foram, claramente, atingidos e, em alguns casos, mesmo superados. Estes promissores resul-

tados e desenvolvimentos só foram, no entanto, possíveis pelo trabalho realizado no seio de uma equipa muito dinâmica e colaborativa. Ficou demonstrado que é possível utilizar os *drones* como base de uma nova metodologia para recolha de informação no local dos acidentes rodoviários. Mais, mesmo nos casos mais difíceis, foi possível desenvolver uma metodologia que permitisse obter informação precisa e detalhada. Apesar disso, haverá situações em que os *drones* não poderão ser utilizados, destacando-se aquelas em que os acidentes ocorrem em túneis ou debaixo de condições meteorológicas muito adversas.

Conclui-se, portanto, pelo trabalho desenvolvido e apresentado neste documento, assim como pela respetiva validação, que a questão 1 (Q1) pode ser respondida de forma afirmativa.

No que respeita à questão 2 (Q2), a resposta abrange diversas áreas e foi sendo obtida ao longo do desenvolvimento deste trabalho e no decorrer da sua validação, em ambiente real e em contacto com os profissionais da PSP. Existe, como foi já demonstrado, uma limitação real à aplicação desta metodologia em cenários onde obstáculos existentes obstruam parte significativa dos veículos envolvidos num acidente e, sobretudo, a área envolvente. Com efeito, esta metodologia pretende recolher informação acerca dos veículos mas também acerca do contexto físico onde se registou a ocorrência, pelo que é inviável adquirir imagens com qualidade e em quantidade suficiente, a partir do solo, para completar situações onde o UAV esteja impedido de recolher a maioria da informação. Esta limitação é real mas não constituirá, também, a grande maioria das situações registadas todos os anos no país. Assim, somos de opinião que a aplicação do método tradicional nestes (poucos) casos não terá um impacto significativo nas mais-valias introduzidas pela utilização desta metodologia na investigação de acidentes, pelas forças de segurança. Outro constrangimento está relacionado com a utilização dos UAV em circunstâncias meteorológicas menos favoráveis, nomeadamente precipitação e vento forte. Ambas são de cariz técnico e implicam intervenções no *hardware* dos UAV, o que está fora do âmbito deste trabalho.

O impacto desta investigação refletiu-se na forte visibilidade que teve nos meios de comunicação social ([Anexo III](#)), nos convites para apresentar o projeto em conferências e pelo interesse que suscitou pela principal entidade que tutela esta área: a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR). O contacto por parte da ANSR, no início de março de 2017, solicitando uma apresentação pública do projeto, preferencialmente em Lisboa, ainda no decorrer do mês de março, para a GNR, a PSP e a própria ANSR, constitui, por si só, um reco-

nhecimento do valor do projeto. Mais, dada a indisponibilidade para a deslocação à capital por parte do nosso grupo, a ANSR deslocou-se, por duas ocasiões, à UTAD representada, ao mais alto nível, por uma delegação chefiada pelo seu presidente. Na primeira visita, realizada a 14 de março, a ANSR fez-se acompanhar por uma delegação da PSP. Duas semanas depois, a ANSR voltou à UTAD, mas, desta feita, acompanhada por uma delegação da GNR. O resultado das apresentações foi concludente: a ANSR, através de adjudicação direta, está em processo de contratação do nosso grupo para, até final de 2017, formar seis equipas de acompanhamento/investigação de acidentes de viação (três da GNR e outras três da PSP), para que possam aplicar esta metodologia de forma autónoma.

Contudo, este projeto, e os resultados que permitiu alcançar, atraíram a atenção da ANSR, da PSP e da GNR, mas também da Tekever, uma das principais empresas nacionais, diretamente ligadas ao desenvolvimento de drones. Esta empresa associou-se à UTAD, tendo sido apresentada uma candidatura, no âmbito do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (SI I&DT), Aviso N° 03/Si/2017, Projetos em Co-Promoção. O projeto submetido, com o nome REVEAL (*dRones for supporting traffic accidEnt eVidencE Acquisition by Law enforcement agents*), conta com a participação da empresa Tekever (<http://www.tekever.com/>) e com a parceria da PSP e da ANSR. Por ser baseado nos resultados alcançados neste trabalho, a seguir, e em jeito de trabalho futuro, apresenta-se o REVEAL.

O projeto REVEAL visa desenvolver uma solução completa, concebida para medir e reconstruir os acidentes rodoviários, originando, assim, uma nova metodologia, que representará uma mudança de paradigma na investigação e reconstrução de acidentes rodoviários, pois, com este novo método, o processo será mais rápido, mais rigoroso e mais seguro. A solução completa será composta por vários componentes: (1) plataforma aérea – VANT, dotada de iluminação artificial para poder operar nas mais diversas condições meteorológicas e de iluminação; (2) sensores de diversos tipos, em função da especificidade da operação e; (3) uma aplicação informática, desenvolvida de raiz, capaz de gerar modelos tridimensionais do acidente e da área envolvente, permitindo, desta forma, obter todas as medições necessárias *a posteriori*, restringindo o processo de recolha de informações de campo a alguns minutos. Esta plataforma será, ainda, capaz de emitir relatórios automáticos e estará preparada para

comunicar com os sistemas informáticos atualmente utilizados quer pela PSP quer pela GNR, evitando, desta forma, redundâncias e erros.

O sistema proposto oferece uma gama de ferramentas, com base em imagens aéreas de elevada resolução espacial, obtidas por *drones*, possibilitando, às equipas de investigação, os instrumentos de recolha de indícios (provas) necessários para reduzir o tempo de levantamento e de recolha de informação, indispensáveis ao processo de investigação de acidentes, bem como os recursos associados.

O fluxo de trabalho do sistema proposto inicia-se com a recolha das imagens aéreas, de forma automática, seguindo um plano de voo previamente definido e, posteriormente, os dados são processados recorrendo a um conjunto de algoritmos de análise e de reconstrução, desenvolvidos no âmbito do projeto. Todos os dados recolhidos, assim como estes processos, serão integrados na plataforma informática, onde a generalidade das operações serão automáticas (arquivo e catalogação dos dados, processamento e obtenção do ortofotomosaico e do modelo 3D, emissão dos relatórios do acidente, etc.).

É, ainda, parte integrante do REVEAL, a realização de uma avaliação legal e ética, indispensável para perceber o enquadramento que permitirá a adoção desta solução, cumprindo os requisitos de segurança e de reserva/preservação de privacidade.

O projeto REVEAL pretende constituir-se como uma solução integrada, escalável e adaptável às especificidades de cada força de segurança, mas, simultaneamente, manter a homogeneidade dos seus resultados, permitindo, assim, a partilha facilitada de informação e a sua utilização transversal. No término do projeto, pretende-se atingir a maturidade tecnológica e os enquadramentos éticos e legais confortáveis, a um nível pré-industrial, para permitir uma rápida transição para os mercados nacional e internacional.

Este projeto, que, como já foi referido, conta com o alto patrocínio da Direção Nacional da PSP e da ANSR, incide sobre uma das possíveis aplicações dos *drones* para auxiliar as forças de segurança numa das suas tarefas diárias, no caso concreto, os acidentes rodoviários. No entanto, e como facilmente se percebe, os *drones* poderão auxiliar as forças de segurança num vasto conjunto de funções, desde o patrulhamento a ações das forças especiais. Da experiência adquirida, pode concluir-se que, num futuro próximo, os *drones* serão meios baratos e eficazes para garantir a segurança interna. São indiscutíveis as vantagens dos *drones* para uti-

lização em operações que recorrem a helicópteros tripulados. Mais, se utilizados como ferramenta de trabalho, os *drones* poderão ser usados no patrulhamento, detetando, diretamente a partir do ar, crimes de rua, furtos, roubos, assaltos de carros, entre muitos outros eventos. Quando utilizados a outro nível, por exemplo, em situações de manutenção da ordem pública, a presença dos VANT terá um efeito dissuasor. Por fim, mas não menos importante, as gravações efetuadas pelos VANT poderão ser usadas como elemento de prova em tribunal, embora neste caso, e para o nosso país, seja necessária uma revisão da legislação relativa à proteção de dados. Todos estes fatores e potenciais utilizações, poderão vir, mais tarde, a ser testadas com a plataforma desenvolvida no âmbito deste projeto, pelo que o *drone* a ser desenvolvido poderá vir a ter variadíssimas aplicações, para além da investigação de acidentes rodoviários.

A metodologia e o conceito de investigação do projeto REVEAL são consistentes com o objetivo de trazer as tecnologias abordadas de um nível de maturidade inicial mais baixo até ao nível de validação das tecnologias resultantes em ambiente operacional/real. Deste modo, a interação com o utilizador final é crucial, sendo o processo de investigação e desenvolvimento iterativo com integração incremental, seguido por uma validação operacional. A metodologia científica a adotar está apresentada, sob forma de diagrama, na [Figura 6.1](#).

Como mostrado no diagrama da [Figura 6.1](#), o projeto inicia-se com uma avaliação dos casos de uso e elicitação e validação de requisitos operacionais. Estes requisitos serão, então, avaliados em relação aos constrangimentos técnicos, legais e éticos, dando origem aos requisitos técnicos. As atividades de investigação fundamentais baseiam-se neste estudo de requisitos, sendo executadas, em paralelo, após o fecho da arquitetura e do desenho preliminar do sistema. Desenvolve-se, de seguida, o *software* e a plataforma informática, com recurso a alguns testes de simulação/laboratório para verificação dos mesmos. Sinergias serão motivadas entre as atividades fundamentais, particularmente na segunda fase de investigação, para garantir a viabilidade das interfaces e fechar o desenho técnico detalhado do sistema.

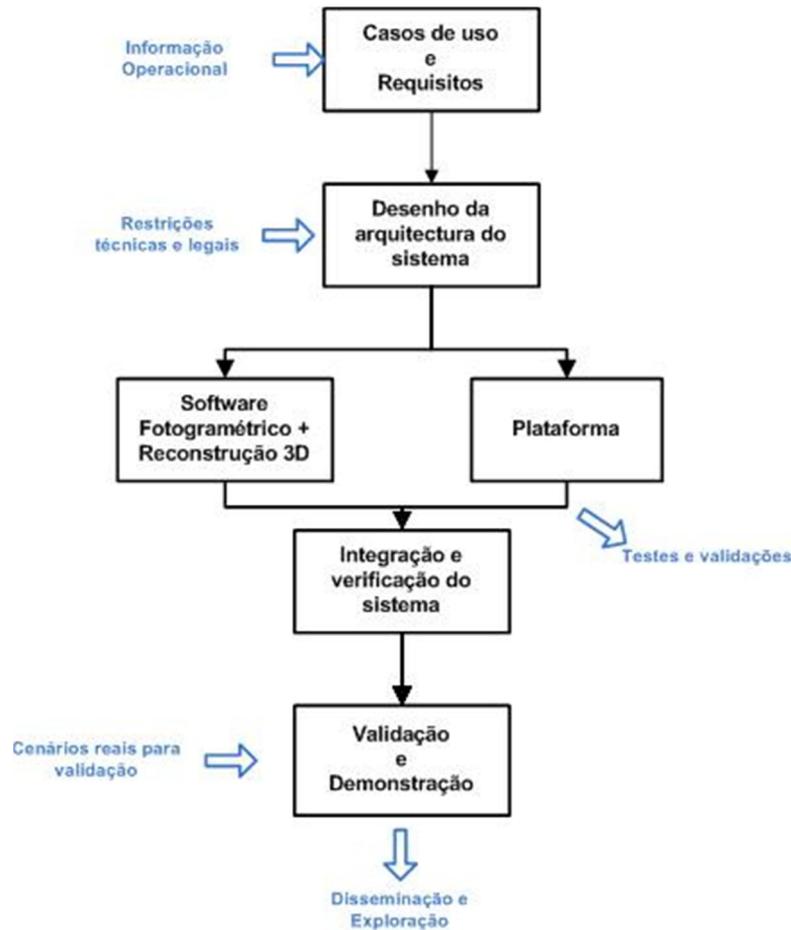


Figura 6.1 – Metodologia científica a utilizar no REVEAL.

Uma vez desenvolvidas as funcionalidades fundamentais do sistema, inicia-se a validação do sistema integrado. Esta fase centra-se, principalmente, na integração, verificação e teste gradual do sistema, até à verificação de todos os requisitos técnicos específicos e globais, atingindo, assim, o nível de *Technology Readness Level* (TRL6 – *Technology Demonstration*). Finalmente, será feita uma demonstração que validará o sistema em ambiente operacional, atingindo-se o nível de TRL 7 – *System/Subsystem Development*.

Esta metodologia científica constitui, por isso, um pilar importante para garantir o sucesso do projeto, maximizar os resultados da investigação, trazer as tecnologias para o nível de desenvolvimento pretendido e concretizar todo o seu potencial impacto.

Em suma, com base no cumprimento dos objetivos definidos para o REVEAL, poder-se-á inferir os seguintes impactos:

- Utilização da tecnologia/plataforma por parte de todas as entidades;

- Evitar excesso de recursos humanos (desenho de croquis, preenchimento de dados, agentes da PSP na mesma tarefa, etc.) / eficiência da missão. Atualmente, no nosso país, são registados cerca de 130.000 acidentes por ano, ou seja, as forças de segurança têm que responder a todas estas solicitações. Cada acidente registado, implica a elaboração de um auto. Só para a realização dos croquis, a incluir nos autos, e segundo fontes da PSP, serão necessárias 300 pessoas/ano, a tempo inteiro (poupança de mais de 5.000.000,00€/ano).
- Redução do tempo de execução, investigação e permanência no local, bem como custos associados. O tempo de permanência no local, só para a recolha de indícios e informações é diretamente proporcional à complexidade do acidente (dimensão da área, número de veículos envolvidos, etc.). Assim, a equipa de agentes pode permanecer no local, desde 30 min, para os casos mais simples, até várias horas. Com a adoção desta metodologia, o tempo de permanência, para efeitos exclusivos de recolha de informação, será de apenas alguns minutos (prevê-se cerca de 10 min), independentemente da complexidade do acidente, o que ao final do ano representa um ganho de vários milhares de horas;
- Terminar com incoerências de visualização e descrição do acidente, sempre muito dependentes do agente;
- Preservação da informação para situações futuras (seguros, litígios legais) como meio de obtenção de prova. O local do acidente será “preservado” para utilizações futuras, nomeadamente para resolução de litígios. A interpretação será objetiva, pois todos os indícios do acidente permanecerão inalterados.

Os impactos financeiros esperados, pela implementação deste projeto, são muito significativos. Mais, o recurso ao *drone* para obtenção das informações de campo permitirá, por si só uma poupança de milhões de euros por ano. Com efeito, e como se observa na [Tabela 6.1](#), no nosso país ocorrem, cerca de 130.000 acidentes por anos, com necessidade de acompanhamento por parte das autoridades.

Tabela 6.1 – Número de acidentes registados no nosso país nos dois últimos anos, incluindo o número de vítimas e feridos e as variações anuais.

Avaliação do potencial da utilização de VANT na investigação de acidentes de viação

| | Continente (1) | | Reg. Autónomas (2) | | Total | | | |
|--------------------------|----------------|----------|--------------------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | Ano 2015 | Ano 2016 | Ano 2015 | Ano 2016 | Ano 2015 | Ano 2016 | Dif | Var % |
| Total de acidentes (3) | 122.800 | 127.267 | 5.561 | 5.947 | 128.361 | 133.214 | 4.853 | 3,8% |
| Vítimas mortais no local | 473 | 446 | 8 | 10 | 481 | 456 | -25 | -5,2% |
| Feridos Graves | 2.250 | 2.038 | 196 | 193 | 2.446 | 2.231 | -215 | -8,8% |
| Feridos Leves | 38.826 | 38.500 | 1.524 | 1.620 | 40.350 | 40.120 | -230 | -0,6% |

(1) Fonte: BEAV's (2015, janeiro a junho de 2016) e ANTENAS (julho a dezembro 2016)

(2) Fonte: ANTENAS (2015 e 2016)

(3) Fonte: ANTENAS (acidentes com e sem vítimas)

Atendendo a que cada um destes acidentes origina um auto do acidente, com a inclusão da planta do acidente realizada em Visio, só para essa operação são necessários 300 recursos humanos por ano, o que representa um encargo de cerca de 5.000.000,00€. Este valor foi obtido usando uma estimativa, indicada pela PSP, do tempo necessário para a realização de cada planta.

Referências

Alfaro, R. (2015). Os Veículos Aéreos Não Tripulados na PSP: Visão Estruturante e Aplicabilidade Operacional. Dissertação de Mestrado Integrado em Ciências Policiais, XXVII Curso de Formação de Oficiais de Polícia. Lisboa, abril de 2015.

Ambrosia, V. G., Wegener, S., Zajkowski, T., Sullivan, D. V., Buechel, S., Enomoto, F., ... Hinkley, E. (2011). The Ikhana unmanned airborne system (UAS) western states fire imaging missions: from concept to reality (2006–2010). *Geocarto International*, 26(2), 85–101. <http://doi.org/10.1080/10106049.2010.539302>.

Analist Group. (2015). Traffic Accident Reconstruction. Retrieved 5 October 2016, from <http://www.analistgroup.com/en/new-solutions-with-drones/solution-for-traffic-accident-reconstruction>.

Anderson, K. and Gaston, K. J. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(3), 138–146. <http://doi.org/10.1890/120150>.

Austin, R. (2010). Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment - Reg Austin. Retrieved July 8, 2016, from <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470058196.html>.

AUVSI Economic Report, 2013. The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States. Available online at: https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/958c920a-7f9b-4ad2-9807-f9a4e95d1ef1/UploadedImages/New_Economic%20Report%202013%20Full.pdf (accessed 17 January 2017).

Berni, J. A. J., Zarco-Tejada, P. J., Suarez, L., & Fereres, E. (2009). Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3), 722–738. <http://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2010457>.

Cai, G., Dias, J., & Seneviratne, L. (2 de Abril de 2014). A Survey of Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles: Recent Advances and Future Development Trends. *Unmanned Systems*, 2(2), pp. 1-25.

Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97. <http://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>.

Constantinescu, S.-G., & Nedelcut, F. (2011). UAV systems in support of Law Enforcement forces. In *International Conference of Scientific Paper AFASES* (pp. 1211–1219). Retrieved from http://www.afahc.ro/ro/afases/2011/uav/Constantinescu_Nedelcut.pdf.

Cracknell, A.P. (2017). UAVs: regulations and law enforcement. *International Journal of Remote Sensing*, Pages 3054-3067, Volume 38, 2017, Issue 8-10: Unmanned aerial vehicles for environmental applications

Daniel, K., & Wietfeld, C. (2011). Using Public Network Infrastructures for UAV Remote Sensing in Civilian Security Operations. Retrieved from <https://www.hsaj.org/articles/71>.

Daniel, K., & Wietfeld, C. (2011). Using Public Network Infrastructures for UAV Remote Sensing in Civilian Security Operations. Retrieved from <https://www.hsaj.org/articles/71>.

DeGarmo, M. T. (2004). *Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airspace*. Virginia: MITRE.

Dellaert F., Seitz S. M., Thorpe C. E., Thrun S. (2000). Structure from motion without correspondence. In *IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR (2000))*, pp. 557–564.

Dowd, A. W. (2013). *Drone Wars: Risks and Warnings*. Acedido em 7 de Abril de 2015, de Strategic Studies Institute: http://www.strategicstudiesinstitute.army.mil/pubs/Parameters/Issues/WinterSpring_2013/1_Article_Dowd.pdf

Ehigiator, R. I. and Ehigiator, M. O. (2012). 3D Geospatial modeling of accident scene using Laser Scanner data. *Civil and Environmental Research* www.iiste.org ISSN 2222-1719 (Paper) ISSN 2222-2863 (Online) Vol 2, No.10, 2012.

Eisenbeiß, H. (2009). *UAV Photogrammetry*. Zurich: University of Technology Dresden.

Gomes, C. (2010). Investigação de acidentes rodoviários: recolha de informação. Dissertação de mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional, FEUP 2010.

Gonzalez-Dugo, V., Zarco-Tejada, P., Nicolás, E., Nortes, P. A., Alarcón, J. J., Intrigliolo, D. S., & Fereres, E. (2013). Using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard. *Precision Agriculture*, 14(6), 660–678. <http://doi.org/10.1007/s11119-013-9322-9>.

Han, J.H., Known, J.H., Lee, I. and Choi, K. (2011). Position and Attitude Determination for UAV-Based GPS, IMU and AT without GCPs. International Workshop on Multi-Platform/Multi-Sensor Remote Sensing and Mapping (M2RSM). *Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Xiamen, 2011, pp. 1-5.

Hardin, P. J., & JENSEN, R. R. (2011). Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles in Environmental Remote Sensing: Challenges and Opportunities. *GIScience & Remote Sensing*, 48(1), 99–111. <http://doi.org/10.2747/1548-1603.48.1.99>.

Herwitz, S. R., Johnson, L. F., Dunagan, S. E., Higgins, R. G., Sullivan, D. V., ZHENG, J., Brass, J. A. (2004). Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44(1), 49–61. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2004.02.006>.

Israel, M. (2011). A UAV-based roe deer fawn detection system. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 38, 1–5.

Keegler, J. (2004). The Growing World of Unmanned Airborne Spies. *Armada International*, 28 (3), 55-88.

Klemas, V. V. (2015). Coastal and Environmental Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: An Overview. *Journal of Coastal Research*, 1260–1267. <http://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-15-00005.1>.

Lagüela, S., Díaz-Vilariño, L., Roca, D. and Lorenzo, H. (2015). Aerial thermography from low-cost UAV for the generation of thermographic digital terrain models. *Opto-Electronics Review*, 23(1), 78–84. <http://doi.org/10.1515/oere-2015-0006>.

Lowe, D. G.: Object recognition from local scaleinvariant features. In *Proceedings of the International Conference on Computer Vision*. 2. pp. 1150–1157 (1999).

Maynell, J. (2007). VOYEUR Challenging the Imagination. *Unmanned Systems*, 25(1), 43-46.

Meijas, L., Lai, J. and Bruggemann, T. (2015). Sensors for Missions. In K. P. Valavanis & G. J. Vachtsevanos (Eds.), *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles* (pp. 385–399). Dordrecht: Springer Netherlands. Retrieved from http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-9707-1_6.

Monadrondrone. (2014, November 17). Accident Reconstruction & Evidence Gathering. Retrieved from <http://www.monadrone.com/applications/mission-summaries/accident-reconstruction-evidence-gathering/>

Nex, F. and Remondino, F. (2013). UAV for 3D Mapping Applications: A Review. *Applied Geomatics*, 6, 1-15. <http://dx.doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>.

Offermann, P., Levina, O., Schönherr, M., & Bub, U. (2009). Outline of a design science research process. Paper presented at the Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology.

Pagounis V., Tsakiri M., Palaskas S., Biza B. and Zaloumi E. (2006). 3D Laser Scanning for Road Safety and Accident Reconstruction. Shaping the Change XXIII FIG Congress Munich, Germany, October 8-13, 2006.

Parry, I.; Kuhn, P.: Measuring Accident Scenes Using Laser Scanning Systems and the Use of Scan Data in 3D Simulation and Animation. 12. EVU-Jahrestagung, Zürich 2003

Pix4D. (2014, November 18). Precision Mapping for Accident Reconstruction and Forensic Identification. Retrieved 12 March 2016, from <http://www.draganfly.com/pdf/Precision-Mapping-for-Accident-Reconstruction-and-forensic-Identification.pdf>.

Polski, P. DHS (2004). View of Unmanned Aerial Vehicle Needs. In: *Unmanned Unlimited Technical Conference*, 3, 20–23, Chicago, 2004.

Quater, P. B., Grimaccia, F., Leva, S., Mussetta, M., and Aghaei, M. (2014). Light Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Cooperative Inspection of PV Plants. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 4(4), 1107–1113. <http://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2014.2323714>.

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1), C22.

Ruiz, Luis (2015). Uma abordagem de classificação da cobertura da terra em imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado. Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, 2015.

Saari, H., Pellikka, I., Pesonen, L., Tuominen, S., Heikkilä, J., Holmlund, C. and Anttila, T. (2011). Unmanned Aerial Vehicle (UAV) operated spectral camera system for forest and agriculture applications (Vol. 8174, p. 81740H–81740H–15). <http://doi.org/10.1117/12.897585>.

Severiano, A. (26 de Janeiro de 2015). Tráfico usa drones para entregar drogas e espiar polícia nos EUA. Acedido em 10 de Abril de 2015, de Globo: <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2015/01/trafico-usa-drones-para-entregar-drogas-e-espiar-policia-nos-eua.html>.

Siebert, S. and TEIZER, J. (2014). Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction*, 41, 1–14.

Silva, R. F. (2004). Simulação de Acidentes e Técnicas de Registo e Recolha de Informação. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Smith, H., & Rajendran, P. (2014). Review of the Elementary Aspect of Solar-powered Electric Unmanned Aerial Vehicles. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, pp. 252-259.

Topolšek, D., Herbaj, E. A., & Sternad, M. (2014). The Accuracy Analysis of Measurement Tools for Traffic Accident Investigation. *Journal of Transportation Technologies*, 04(01), 84–92. <https://doi.org/10.4236/jtts.2014.41008>.

Traffic Accident Study Guide 2010. (s.d.). de Learning for Life: <http://www.learningforlife.org>.

Van Persie, M., Oostdijk, A., Fix, J., Van Sijl, M. C., & Edgardh, L. (2011). Real-time UAV based geospatial video integrated into the fire brigades crisis management GIS system. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sci-*

ences, 38(1). Retrieved from <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-1-C22/173/2011/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-173-2011.pdf>.

Vieira, R. (2014). A investigação de crimes em acidentes rodoviários: a importância da prova material na imputação da responsabilidade criminal. Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada, Lisboa, julho 2014.

Voitel T. and Terpstra T. (2016). Benefits of 3D Laser Scanning in Vehicle Accident Reconstruction. Technology White Paper. http://www.global-surveying.com/wp-content/uploads/2014/03/WhitePaper_Accident-Reconstruction.pdf?552d61.

Wagner, M. (2015). Unmanned Aerial Vehicles (SSRN Scholarly Paper No. ID 2584652). Rochester, NY: Social Science Research Network. Retrieved from <http://papers.ssrn.com/abstract=2584652>.

Wallace, L. O., Lucieer, A., Turner, D. and Watson, C. S. (2011). Error assessment and mitigation for hyper-temporal UAV-borne LiDAR surveys of forest inventory. Presented at the SilviLaser 2011, Hobart, Tasmania. Retrieved from <http://events.cdesign.com.au/ei/viewpdf.esp?id=297&file=P:/Eventwin/docs/pdf/silvi2011Abstract00033.pdf>.

Wallace, J. A. (2012). Integrating Unmanned Aircraft Systems Into Modern Policing in an Urban Environment. Monterey: Naval Postgraduate School.

Watts, A. C., Ambrosia, V. G. and Hinkley, E. A. (2012). Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing*, 4(6), 1671–1692. <http://doi.org/10.3390/rs4061671>.

Watts, C. V. P. and M. R. (2016). MIT and DARPA Pack LiDAR Sensor Onto Single Chip. Retrieved September 2, 2016, from <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/optoelectronics/mit-LiDAR-on-a-chip>.

Zhang, C. and Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712. <http://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.

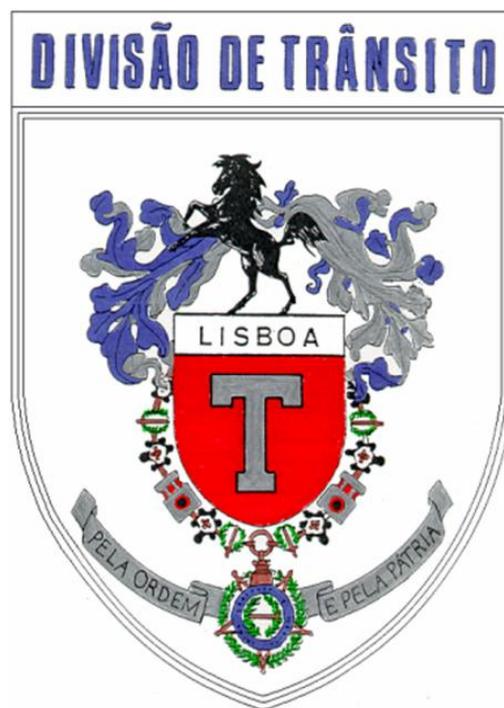
Anexo I:

Participação do Acidente de Viação

Na generalidade dos casos, e tal como referido, as informações recolhidas no local do acidente, são compiladas num único documento, intitulado de Participação do Acidente de Viação. A seguir, podem observar-se a complexidade deste documento.

NUIPC N.º _____ / ____ . _____

- REGISTO N.º _____ / ____



CADERNO DE CAMPO

(Para recolha de dados de Acidentes de Viação)

2. IDENTIFICAÇÃO DO ACIDENTE

Hora aproximada da ocorrência: ___ **H** ___ Dia: ___ Mês: _____ Ano: _____

Local/Rua/Av^a.: _____ Quilómetro: _____

N. Porta: _____ Concelho: _____ Comarca: _____

Tipo e classe de acidente: _____

Veículos intervenientes:

- | | | | |
|-----|----------------------------|--------------|---------------|
| 1. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 2. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 3. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 4. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 5. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 6. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 7. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 8. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 9. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |
| 10. | Matrícula: ___ - ___ - ___ | Marca: _____ | Modelo: _____ |

Resultado do acidente: _____

Outros dados de interesse: _____

3. SENTIDO DE CIRCULAÇÃO

A Inspeção Ocular realiza-se tomando o sentido de circulação de _____
para _____,
que era o que seguia o veículo _____

Sentido de circulação dos veículos intervenientes:

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O veículo de matrícula ___ - ___ - ___ circulava no sentido _____

O peão (ciclista, cabeça de gado, veículo de tração animal, etc)., circulava, transitava, marchava.....

4. PONTOS DE REFERÊNCIA

(Para efectuar as medições)

Ponto fixo **A**): _____

Situado à distância de _____ **metros** _____

Ponto fixo **B**): _____

Situado à distância de _____ **metros** _____

Distância entre os pontos fixos: _____ **metros**.

Outros dados de interesse respeitante aos pontos fixos: _____

| 5. CARACTERÍSTICAS DA VIA (I) | |
|--|--|
| <p>Classe.</p> <p><input type="checkbox"/> Auto-estrada.</p> <p><input type="checkbox"/> Via Equiparada.</p> <p><input type="checkbox"/> Estrada Nacional.</p> <p><input type="checkbox"/> Estrada Municipal.</p> <p><input type="checkbox"/> Passeio.</p> <p><input type="checkbox"/> Outras.</p> <p>Tipo de faixa de rodagem.</p> <p><input type="checkbox"/> Dois sentidos.</p> <p><input type="checkbox"/> Um sentido.</p> <p><input type="checkbox"/> Dupla direita.</p> <p><input type="checkbox"/> Dupla esquerda.</p> <p><input type="checkbox"/> Via de serviço.</p> <p><input type="checkbox"/> Ramal de união.</p> <p><input type="checkbox"/> Outro tipo.</p> <p>Largura da faixa de rodagem.</p> <p>Anotar em metros _____</p> <p>Configuração da faixa de rodagem.</p> <p><input type="checkbox"/> Recta.</p> <p><input type="checkbox"/> Recta entre curvas.</p> <p><input type="checkbox"/> Curva forte.</p> <p><input type="checkbox"/> Curva sinalizada.</p> <p><input type="checkbox"/> Curva não sinalizada.</p> <p><input type="checkbox"/> Cruzamento.</p> <p><input type="checkbox"/> Pendente.</p> <p><input type="checkbox"/> Ponte.</p> <p><input type="checkbox"/> Estreitamento de via.</p> <p><input type="checkbox"/> Traçado sinuoso.</p> <p><input type="checkbox"/> Passagem de Nível.</p> <p><input type="checkbox"/> Túnel.</p> <p><input type="checkbox"/> Rampa.</p> <p><input type="checkbox"/> Curva suave.</p> <p><input type="checkbox"/> Outros...</p> <p>Número de vias de rodagem.</p> <p>Indicar o número de vias de rodagem no sentido da inspecção ocular _____.</p> <p>Largura das vias de rodagem.</p> <p>Expressar em metros: _____; _____; _____; _____;</p> <p>Pavimento.</p> <p><input type="checkbox"/> Rígido.</p> <p><input type="checkbox"/> Flexível.</p> | <p>Tipo de pavimento.</p> <p><input type="checkbox"/> Asfalto.</p> <p><input type="checkbox"/> Cimento.</p> <p><input type="checkbox"/> Calçada.</p> <p><input type="checkbox"/> Betuminoso.</p> <p><input type="checkbox"/> Aglomerado asfáltico.</p> <p><input type="checkbox"/> Carris.</p> <p><input type="checkbox"/> Terra.</p> <p><input type="checkbox"/> Empedrado.</p> <p><input type="checkbox"/> Outro tipo.</p> <p>Estado de conservação.</p> <p><input type="checkbox"/> Bom.</p> <p><input type="checkbox"/> Regular.</p> <p><input type="checkbox"/> Mau.</p> <p>Estado da superfície do pavimento.</p> <p><input type="checkbox"/> Seca e Limpa.</p> <p><input type="checkbox"/> Molhada.</p> <p><input type="checkbox"/> Húmida.</p> <p><input type="checkbox"/> Encharcada.</p> <p><input type="checkbox"/> Barroso.</p> <p><input type="checkbox"/> Neve.</p> <p><input type="checkbox"/> Geadas.</p> <p><input type="checkbox"/> Covas.</p> <p><input type="checkbox"/> Gravelha.</p> <p><input type="checkbox"/> Óleo.</p> <p><input type="checkbox"/> Outras...</p> <p>Bermas.</p> <p><input type="checkbox"/> praticáveis. <input type="checkbox"/> impraticáveis.</p> <p>Pavimento das bermas.</p> <p><input type="checkbox"/> Rígido.</p> <p><input type="checkbox"/> Flexível.</p> <p>Tipo de pavimento das bermas.</p> <p><input type="checkbox"/> Asfalto.</p> <p><input type="checkbox"/> Cimento.</p> <p><input type="checkbox"/> Terra..</p> <p><input type="checkbox"/> Aglomerado asfáltico.</p> <p><input type="checkbox"/> Empedrado.</p> <p><input type="checkbox"/> Outro tipo.</p> <p>Largura bermas.</p> <p>Direito _____ <i>mts.</i></p> <p>Esquerdo _____ <i>mts.</i></p> |

5. CARACTERÍSTICAS DA VIA (II)

Passeios.

- Sim.
- Não.
- Direita _____ mts.
- Esquerda _____ mts.

Obstáculos sobre a via.

- Fixos.
- Provisórios.

Tipo de obstáculos.

- Buraco.
- Lombas.
- Covas.
- Sulcos.
- Bandas rugosas.
- Estreitamento.
- Alturas.
- Obras.
- Passagem de nível.
- Separador Central.
- Separador Lateral.
- Outros acidentes ou obstáculos.

Margens da faixa de rodagem.

Direita:

- Valeta.
- Pilaretes.
- Poste.
- Cerca.
- Terrenos.
- Prédios.
- Garagem.
- Outros.

Esquerda:

- Valeta.
- Pilaretes.
- Poste.
- Cerca.
- Terrenos.
- Prédio.
- Garagem.
- Outros.

Luminosidade.

- Pleno dia.
- Amanhecer.
- Tarde.
- Crepúsculo.
- Noite.
- Lua.
- Grande luminosidade.
- Luminosidade normal.
- Luminosidade reduzida.
- Via iluminada.
- Via insuficientemente iluminada.
- Distância visível a _____ mts.

Visibilidade.

- Boa.
- Boa em recta, com _____ mts. para a frente, e _____ mts. para trás.
- Bom com _____ mts. em oblíquo.

Reduzida por:

- Edifícios.
- Configuração do terreno.
- Árvores.
- Vegetação.
- Chuva.
- Granizo.
- Nevoeiro.
- Fumo.
- Poeira.
- Posição do sol.
- Outras.

Encandeamento:

Possibilidade ou probabilidade de encandeamento.

- Faróis.
- Luzes exteriores.
- Sol.
- Neve.
- Chuva.
- Nevoeiro.
- Outro tipo.

5. CARACTERÍSTICAS DA VIA (III)

Tipo de intersecção.

- Em T.
- Em Y.
- Em X.
- Em +.
- União de entrada.
- União de saída.
- Rotunda.
- Outro tipo.
- Não existe.

Prioridade de passagem regulado por:

- Regra Geral da Cedência de Passagem.
- Marcas Rodoviárias.
- Agentes da autoridade.
- STOP.
- Cedência de passagem.
- Semáforos.
- Outras.

Sinalização:

- Vertical.
- Horizontal.
- Outro tipo de sinalização.

Descrever a classe de sinais de um ou outro tipo.

Limitações de velocidade.

Genérica (para cada veículo).

Específica (atenção à sinalização existente na via).

Circulação:

- Fluida.
- Densa.
- Escassa.
- Congestionada.

Festividades.

- Laboral.
- Festivo.
- Véspera de Festivo.
- Feriado Nacional.
- Feriado Local.

Dia da semana.

- Segunda.
- Terça.
- Quarta.
- Quinta.
- Sexta.
- Sábado.
- Domingo.

Factores atmosféricos.

- Bom tempo.
- Dia.
- Noite.
- Crepúsculo.
- Chuva.
- Neve.
- Vento.
- Geada.
- Outras.

6. RASTOS E VESTÍGIOS – VEÍCULO MATRÍCULA _____

(Fazer referência a todas aquelas que se encontrem no local do acidente).

RASTOS DE TRAVAGEM.
 (Há que fixar bem sua situação na via, relativamente aos pontos de referência. Deverão ser descritas por forma ao investigador no momento de fazer o croqui poder com exactidão saber onde se encontravam e do que se trata. Esta explicação é válida para rastos de travagem, vestígios, descrição de pontos fixos, posição final dos veículos, pessoas e coisas).

RASTOS DE DERRAPAGEM.
 (Há que fixar bem sua situação na via, relativamente aos pontos de referência. Deverão ser descritas por forma ao investigador no momento de fazer o croqui poder com exactidão saber onde se encontravam e do que se trata. Esta explicação é válida para rastos de travagem, vestígios, descrição de pontos fixos, posição final dos veículos, pessoas e coisas).

RESTOS DEIXADOS NO PAVIMENTO OU ARREDORES.

Resíduos deixados pelas partes inferiores do veículo (também chamados restos de infra-estrutura).
 Partes ou peças do veículo.
 Líquidos do veículo.
 Carregamento líquido.
 Carregamento sólido.
 Materiais da estrada.
 Sangue e roupa.

OUTROS RASTOS DE PNEUMÁTICOS.

Rastos de travagem.
 Derrapagem – lateral.
 Saída de via.
 Arrastamento.

Comprimento da roda direita _____
 Comprimento da roda esquerda _____
 Largura roda direita _____
 Largura roda esquerda _____

MARCAS PRODUZIDAS POR PARTES METÁLICAS DOS VEÍCULOS.

Arranhões.
 Raspagens na superfície.
 Estilhaços no pavimento.
 Fragmentos no pavimento.
 Sulco/regio no pavimento.
 Estrias em material mole.

Posição da alavanca de mudanças em relação com a marcha.
 Situada na _____ Velocidade.
 Indicação da velocidade do velocímetro, marca _____ Km/h.
 Total de Kms, percorridos: _____ indica Kms.

Tacógrafo.
 Efectuar a descrição das características.

DANOS ALHEIOS AOS VEÍCULOS.

Anota-se em que consistem, onde estão localizados, e a titularidade da gestão dos mesmos: nome, domicílio.

6. ANÁLISE DO VEÍCULO (1)

(Um por cada veículo)

Suposto estado de conservação inicial.

- Aparentemente sem defeito.
- Furo ou rebentamento.
- Mau estado dos pneumáticos.
- Iluminação deficiente.
- Sobrecarregado.
- Travões deficientes.
- Outros deficiências.

Danos como consequência do acidente.

Se começará pela descrição de todos os danos, exemplo: Parte da frente; Parte central; Parte traseira; Luzes; Pneumáticos; e Mecânica, para depois detalhar de forma minuciosa.

Parte frontal.

- Grelha.
- Pára-choques.
- Guarda-lamas direito.
- Guarda-lamas esquerdo.
- Pára-Brisas.
- Capô.
- Farol direito.
- Farol esquerdo.
- Pisca direito.
- Pisca esquerdo.

Parte central.

- Tejadilho.
- Porta da frente esquerda.
- Porta da frente direita.
- Porta traseira esquerda.
- Porta traseira direita.

Parte traseira.

- Pára-choques.
- Guarda-lamas direito.
- Guarda-lamas esquerdo.
- Bagageira.
- Farol direito.
- Farol esquerdo.

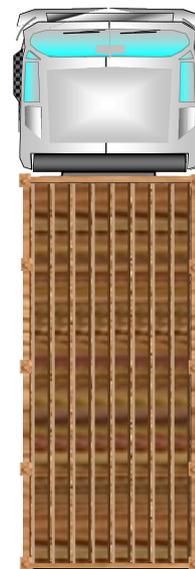
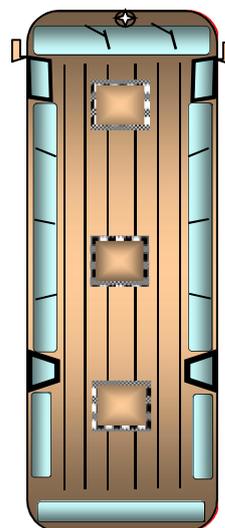
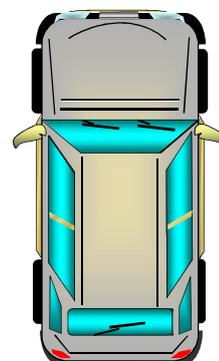
Pneumáticos.

- Frente direita.
- Frente esquerda.
- Traseira direita.
- Traseira esquerda.

Mecânica.

- Radiador.
- Motor.
- Sistema de suspensão.
- Direcção.
- Travões.

Marcar sobre o gráfico o lugar onde se localizam os danos.



| 6. ANÁLISE DO VEÍCULO (II) | |
|---|--|
| <p>Exame pericial órgãos principais do veículo.</p> <p>Iluminação e sinalização óptica.</p> <p><input type="checkbox"/> Funciona perfeitamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Em deficiente estado de funcionamento (explicar se terá sido ou não como consequência do acidente). _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Sistema de Travagem que possui</p> <p><input type="checkbox"/> De disco nas quatro rodas.</p> <p><input type="checkbox"/> De tambor nas quatro rodas.</p> <p><input type="checkbox"/> De disco nas rodas da frente e tambor nas rodas traseiras.</p> <p><input type="checkbox"/> Dotado de ABS nas quatro rodas.</p> <p><input type="checkbox"/> Eléctrico.</p> <p><input type="checkbox"/> De serviço.</p> <p><input type="checkbox"/> De mão.</p> <p><input type="checkbox"/> De ar por caldeira.</p> <p><input type="checkbox"/> De outro tipo.</p> <p>Estado dos travões.</p> <p><input type="checkbox"/> Funciona perfeitamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Em deficiente estado de funcionamento (explicar se terá sido ou não como consequência do acidente).</p> <p><input type="checkbox"/> tem alguma roda bloqueada.</p> <p>motivo do bloqueio.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Tipo de direcção que possui instalado.</p> <p><input type="checkbox"/> De cremalheira.</p> <p><input type="checkbox"/> Assistida.</p> <p><input type="checkbox"/> Hidráulica.</p> <p><input type="checkbox"/> Outro tipo.</p> <p>Estado da direcção.</p> <p><input type="checkbox"/> Funciona perfeitamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Em deficiente estado de funcionamento (explicar se terá sido ou não como consequência do acidente).</p> | <p>Descrição e estado dos pneumáticos.</p> <p>Por cada roda.</p> <p>Marca. _____</p> <p>Estado. _____</p> <p>Profundidade de desenho. _____</p> <p>Descrição das anomalias.</p> <p>_____</p> <p>Descrição de outros elementos de segurança activa que tenham influência no acidente.</p> <p><input type="checkbox"/> Sistema de tracção.</p> <p><input type="checkbox"/> Sistemas de suspensão.</p> <p><input type="checkbox"/> Limpa pára-brisas.</p> <p><input type="checkbox"/> Espelhos retrovisores.</p> <p>Lugar de remoção do veículo.</p> <p>Reboque (nome da empresa, Matrícula, nome do funcionário). Lugar de depósito do veículo.</p> <p>_____</p> |

8. INTERVENIENTES – CONDUTOR (I)

(Um por cada pessoa)

Condutor do veículo: Marca _____ Modelo _____
Cor _____ Motorização _____ Matrícula ____ - ____ - ____

NOME: _____

Data de Nascimento ____ / ____ / ____

Filiação: _____

e de _____

Residência: _____

Código Postal _____ - _____

Telefone: _____ Telemóvel: _____

Local de trabalho: _____ Telefone: _____

Bilhete de Identidade/Passaporte nº _____, emitido em ____ / ____ / _____, por
_____, Carta de Condução/Licença nº. _____ emitida em

____ / ____ / ____ Categoria: _____ Válida até ____ / ____ / ____

Com as seguintes restrições: _____

No momento do acidente _____ fazia uso do cinto de segurança ou capacete de protecção, se for caso.

No momento do acidente _____ cumpria as restrições marcadas na sua Carta de Condução.

RESULTADO: _____

9. DOCUMENTAÇÃO DO VEÍCULO (I)

(Uma folha para cada veículo)

Veículo:

Matrícula _____ - _____ - _____ Marca _____ Modelo _____
Motorização _____ Cor _____

Titular:

NOME _____

Residência _____

Código Postal _____ - _____

Telefone _____ Telemóvel: _____

Número de quadro _____

Número de lugares _____

Data da matrícula ____/____/____

Local onde foi matriculado _____

Dados da empresa (se for o caso). (*Dados retirados da Carta de Condução).

• **Inspecção Periódica Obrigatória**

Data da última ____/____/____,

Válida até ____/____/____.

• **Certificado de Seguro**

Companhia de Seguros: _____ Nº de Apólice: _____

Data de Início do Seguro: ____/____/____ Válido até: ____/____/____

• **Tomador do Seguro**

NOME: _____

Residência _____

Código Postal _____ - _____

Coberturas do Seguro: _____

Autorizações especiais e dados das mesmas. _____

Tipo de carga no momento do acidente. _____

Quantidade. _____

7. RASTOS E VESTÍGIOS – VEÍCULO MATRÍCULA _____

(Fazer referência a todas aquelas que se encontrem no local do acidente).

RASTOS DE TRAVAGEM.

(Há que fixar bem sua situação na via, relativamente aos pontos de referência. Deverão ser descritas por forma ao investigador no momento de fazer o croqui poder com exactidão saber onde se encontravam e do que se trata. Esta explicação é válida para rastos de travagem, vestígios, descrição de pontos fixos, posição final dos veículos, pessoas e coisas.).

RASTOS DE DERRAPAGEM.

(Há que fixar bem sua situação na via, relativamente aos pontos de referência. Deverão ser descritas por forma ao investigador no momento de fazer o croqui poder com exactidão saber onde se encontravam e do que se trata. Esta explicação é válida para rastos de travagem, vestígios, descrição de pontos fixos, posição final dos veículos, pessoas e coisas.).

RESTOS DEIXADOS NO PAVIMENTO OU ARREDORES.

- Resíduos deixados pelas partes inferiores do veículo (também chamados restos de infraestrutura).
- Partes ou peças do veículo.
- Líquidos do veículo.
- Carregamento líquido.
- Carregamento sólido.
- Materiais da estrada.
- Sangue e roupa.

OUTROS RASTOS DE PNEUMÁTICOS.

- Rastos de travagem.
- Derrapagem – lateral.
- Saída de via.
- Arrastamento.

Comprimento da roda direita _____
 Comprimento da roda esquerda _____
 Largura roda direita _____
 Largura roda esquerda _____

MARCAS PRODUZIDAS POR PARTES METÁLICAS DOS VEÍCULOS.

- Arranhões.
- Raspagens na superfície.
- Estilhaços no pavimento.
- Fragmentos no pavimento.
- Sulco/rego no pavimento.
- Estrias em material mole.

Posição da alavanca de mudanças em relação com a marcha.

Situada na _____ Velocidade.

Indicação da velocidade do velocímetro, marca _____ Km/h.

Total de Kms, percorridos: _____ indica Kms.

Tacógrafo.

Efectuar a descrição das características.

DANOS ALHEIOS AOS VEÍCULOS.

Anota-se em que consistem, onde estão localizados, e a titularidade da gestão dos mesmos: nome, domicílio.

7. ANÁLISE DO VEÍCULO (1)

(Um por cada veículo)

Suposto estado de conservação inicial.

- Aparentemente sem defeito.
- Furo ou rebentamento.
- Mau estado dos pneumáticos.
- Iluminação deficiente.
- Sobrecarregado.
- Travões deficientes.
- Outras deficiências.

Danos como consequência do acidente.

Se começará pela descrição de todos os danos, exemplo: Parte da frente; Parte central; Parte traseira; Luzes; Pneumáticos; e Mecânica, para depois detalhar de forma minuciosa.

Parte frontal.

- Grelha.
- Pára-choques.
- Guarda-lamas direito.
- Guarda-lamas esquerdo.
- Pára-Brisas.
- Capô.
- Farol direito.
- Farol esquerdo.
- Pisca direito.
- Pisca esquerdo.

Parte central.

- Tejadilho.
- Porta da frente esquerda.
- Porta da frente direita.
- Porta traseira esquerda.
- Porta traseira direita.

Parte traseira.

- Pára-choques.
- Guarda-lamas direito.
- Guarda-lamas esquerdo.
- Bagageira.
- Farol direito.
- Farol esquerdo.

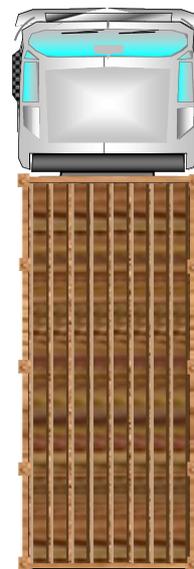
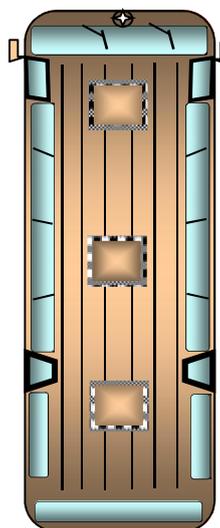
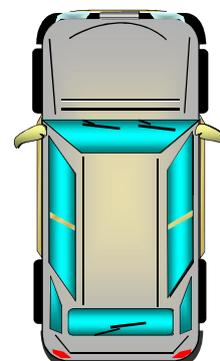
Pneumáticos.

- Frente direita.
- Frente esquerda.
- Traseira direita.
- Traseira esquerda.

Mecânica.

- Radiador.
- Motor.
- Sistema de suspensão.
- Direcção.
- Travões.

Marcar sobre o gráfico o lugar onde se localizam os danos.



| 7. ANÁLISE DO VEÍCULO (II) | |
|---|--|
| <p>Exame pericial órgãos principais do veículo.</p> <p>Iluminação e sinalização óptica.</p> <p><input type="checkbox"/> Funciona perfeitamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Em deficiente estado de funcionamento (explicar se terá sido ou não como consequência do acidente). _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Sistema de Travagem que possui</p> <p><input type="checkbox"/> De disco nas quatro rodas.</p> <p><input type="checkbox"/> De tambor nas quatro rodas.</p> <p><input type="checkbox"/> De disco nas rodas da frente e tambor nas rodas traseiras.</p> <p><input type="checkbox"/> Dotado de ABS nas quatro rodas.</p> <p><input type="checkbox"/> Eléctrico.</p> <p><input type="checkbox"/> De serviço.</p> <p><input type="checkbox"/> De mão.</p> <p><input type="checkbox"/> De ar por caldeira.</p> <p><input type="checkbox"/> De outro tipo.</p> <p>Estado dos travões.</p> <p><input type="checkbox"/> Funciona perfeitamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Em deficiente estado de funcionamento (explicar se terá sido ou não como consequência do acidente).</p> <p><input type="checkbox"/> tem alguma roda bloqueada.</p> <p>motivo do bloqueio.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Tipo de direcção que possui instalado.</p> <p><input type="checkbox"/> De cremalheira.</p> <p><input type="checkbox"/> Assistida.</p> <p><input type="checkbox"/> Hidráulica.</p> <p><input type="checkbox"/> Outro tipo.</p> <p>Estado da direcção.</p> <p><input type="checkbox"/> Funciona perfeitamente.</p> <p><input type="checkbox"/> Em deficiente estado de funcionamento (explicar se terá sido ou não como consequência do acidente).</p> | <p>Descrição e estado dos pneumáticos.</p> <p>Por cada roda.</p> <p>Marca. _____</p> <p>Estado. _____</p> <p>Profundidade de desenho. _____</p> <p>Descrição das anomalias.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Descrição de outros elementos de segurança activa que tenham influência no acidente.</p> <p><input type="checkbox"/> Sistema de tracção.</p> <p><input type="checkbox"/> Sistemas de suspensão.</p> <p><input type="checkbox"/> Limpa pára-brisas.</p> <p><input type="checkbox"/> Espelhos retrovisores.</p> <p>Lugar de remoção do veículo.</p> <p>Reboque (nome da empresa, Matrícula, nome do funcionário). Lugar de depósito do veículo.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> |

8. INTERVENIENTES – CONDUTOR (II)

(Um por cada pessoa)

Condutor do veículo: Marca _____ Modelo _____
Cor _____ Motorização _____ Matrícula ____ - ____ - ____

NOME: _____

Data de Nascimento ____ / ____ / ____

Filiação _____

e de _____

Residência: _____

Código Postal _____ - _____

Telefone: _____ Telemóvel: _____

Local de trabalho: _____ Telefone: _____

Bilhete de Identidade/Passaporte nº _____, emitido em ____ / ____ / _____, por _____, Carta de Condução/Licença nº. _____ emitida em

____ / ____ / ____ Categoria: _____ Válida até ____ / ____ / ____

Com as seguintes restrições: _____

No momento do acidente _____ fazia uso do cinto de segurança ou capacete de protecção, se for caso.

No momento do acidente _____ cumpria as restrições marcadas na sua Carta de Condução.

RESULTADO: _____

9. DOCUMENTAÇÃO DO VEÍCULO (II)

(Uma folha para cada veículo)

Veículo:

Matrícula ____ - ____ - ____ Marca _____ Modelo _____
Motorização _____ Cor _____

Titular:

NOME _____

Residência _____

Código Postal _____ - _____

Telefone _____ Telemóvel: _____

Número de quadro _____

Número de lugares _____

Data da matrícula ____ / ____ / ____

Local onde foi matriculado _____

Dados da empresa (se for o caso). (*Dados retirados da Carta de Condução).

• **Inspecção Periódica Obrigatória**

Data da última ____ / ____ / ____.

Válida até ____ / ____ / ____.

• **Certificado de Seguro**

Companhia de Seguros: _____ Nº de Apólice: _____

Data de Início do Seguro: ____ / ____ / ____ Válido até: ____ / ____ / ____

• **Tomador do Seguro**

NOME: _____

Residência _____

Código Postal _____ - _____

Coberturas do Seguro: _____

Autorizações especiais e dados das mesmas. _____

Tipo de carga no momento do acidente. _____

Quantidade. _____

11. TESTEMUNHAS

NOME: _____

Data de Nascimento ___/___/___ Estado Civil: _____ Profissão: _____

Filiação _____
e de _____

Naturalidade: _____ Nacionalidade: _____

Residência _____

Código Postal _____ - _____

Telefone: _____ Telemóvel: _____

Local de trabalho: _____ Telefone: _____

Bilhete de Identidade/Passaporte nº _____, emitido em ___/___/___, por _____

No momento do acidente encontrava-se _____

NOME: _____

Data de Nascimento ___/___/___ Estado Civil: _____ Profissão: _____

Filiação _____
e de _____

Naturalidade: _____ Nacionalidade: _____

Residência _____

Código Postal _____ - _____

Telefone: _____ Telemóvel: _____

Local de trabalho: _____ Telefone: _____

Bilhete de Identidade/Passaporte nº _____, emitido em ___/___/___, por _____

No momento do acidente encontrava-se _____

NOME: _____

Data de Nascimento ___/___/___ Estado Civil: _____ Profissão: _____

Filiação _____
e de _____

Naturalidade: _____ Nacionalidade: _____

Residência _____

Código Postal _____ - _____

Telefone: _____ Telemóvel: _____

Local de trabalho: _____ Telefone: _____

Bilhete de Identidade/Passaporte nº _____, emitido em ___/___/___, por _____

No momento do acidente encontrava-se _____

12. FOLHA DE MEDIÇÕES POR COORDENADAS CARTESIANAS

Dia e hora: _____

Sentido da Inspeção ocular: _____

Largura da via até ao passeio _____ metros

Largura da faixa de rodagem incluindo as linhas contínuas divisórias da berma _____

Largura do passeio/berma esquerdo: _____ metros.

Largura do passeio/berma direito: _____ metros.

Distância do Ponto Fixo A, perpendicularmente à berma da estrada: _____ metros.

Largura da via direita: _____ metros

Largura da via esquerda: _____ metros

Outras medidas: _____

| • ° | EIXO "X" | EIXO "Y" | OBSERVAÇÕES |
|--------|----------|----------|-------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |

13. FOLHA DE MEDIÇÕES POR TRIANGULAÇÃO

- **Sentido da inspeção ocular:** _____
- Largura da faixa de rodagem, incluídas linhas delimitadores de passeio ou berma _____ metros.
 ⇒ _____ metros. Largura da **via** esquerda:
 ⇒ _____ metros. Largura da **via** direita:
- Largura do passeio/berma esquerdo: _____ metros.
- Largura do passeio/berma direita: _____ metros.
- Distância do Ponto Fixo A, perpendicularmente à berma da estrada: _____ metros.
- Distância do Ponto Fixo B, perpendicularmente à berma da estrada: _____ metros.
- Distância entre Ponto Fixo A e o Ponto Fixo B: _____ metros.
- Outras medições ou dados de interesse: _____

| • o | PONTO FIXO A | PONTO FIXO B | • IDENTIFICAÇÃO DO PONTO |
|--------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |

14. ANÁLISE E INFORMAÇÃO DO DISCO DO TACÓGRAFO DO VEÍCULO

VEÍCULO:

| CATEGORIA | MARCA | MODELO | MATRICULA |
|-----------|-------|--------|-----------|
| | | | |

• **DESCRIÇÃO DO DISCO DO TACÓGRAFO**

| MARCA | MODELO | N.º DE HOMOLOGAÇÃO | |
|-------|--------|--------------------|--|
| | | | |

• **REGISTOS MANUAIS**

| Nome do Condutor | Localidade de Saída | Localidade de Chegada | Data de Colocação |
|------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | |

• **HORÁRIOS**

| Início da Viagem | Hora do Acidente | Recolha do Disco |
|------------------|------------------|------------------|
| | | |

• **VELOCIDADES**

| No momento do Acidente | Máxima alcançada durante a viagem | Média |
|------------------------|-----------------------------------|-------|
| | | |

• **HORAS DE CONDUÇÃO E DESCANSO**

| HORAS DE CONDUÇÃO | | | | HORAS DE DESCANSO | | |
|-------------------|-----|-------|----------------|-------------------|-----|-------|
| Início | Fim | Total | Km Percorridos | Início | Fim | Total |
| | | | | | | |

VEÍCULO:

| CATEGORIA | MARCA | MODELO | MATRICULA |
|-----------|-------|--------|-----------|
| | | | |

• **DESCRIÇÃO DO DISCO DO TACÓGRAFO**

| MARCA | MODELO | N.º DE HOMOLOGAÇÃO | |
|-------|--------|--------------------|--|
| | | | |

• **REGISTOS MANUAIS**

| Nome do Condutor | Localidade de Saída | Localidade de Chegada | Data de Colocação |
|------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | |

• **HORÁRIOS**

| Início da Viagem | Hora do Acidente | Recolha do Disco |
|------------------|------------------|------------------|
| | | |

• **VELOCIDADES**

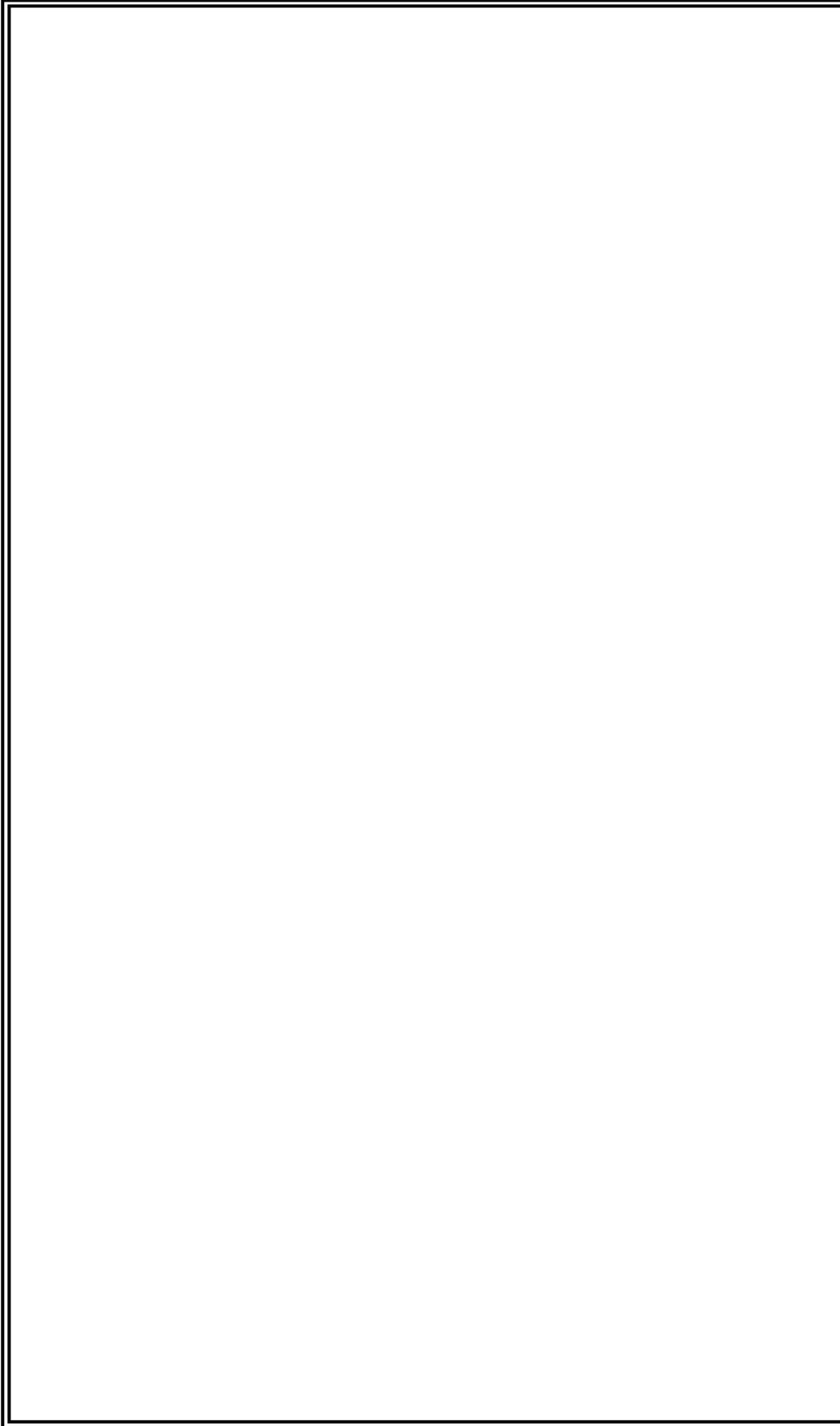
| No momento do Acidente | Máxima alcançada durante a viagem | Média |
|------------------------|-----------------------------------|-------|
| | | |

• **HORAS DE CONDUÇÃO E DESCANSO**

| HORAS DE CONDUÇÃO | | | | HORAS DE DESCANSO | | |
|-------------------|-----|-------|----------------|-------------------|-----|-------|
| Início | Fim | Total | Km Percorridos | Início | Fim | Total |
| | | | | | | |

Correspondente ao acidente de viação ocorrido pelas H _____, do dia _____ de _____, na _____, do qual resultaram _____, bem como danos materiais _____, classificados _____, do qual resultaram _____.

ESBOÇO

| | |
|---|-------------------|
|  | Ag. INSTRUCTOR |
| | LEGENDA |
| | ORIENTAÇÃO |

--- Esta página foi, propositadamente, deixada em branco ---

Anexo II:

Auto do Acidente

A recolha de dados, como já foi referido, é apenas uma das fases que constituem a investigação do acidente, pelo que são definidos também os procedimentos que devem ser levados a cabo, assim como os meios necessários, e é nestes que se insere o Auto do Acidente. A seguir, apresenta-se um exemplo referente a um acidente real. Todos os elementos de identificação dos envolvidos foram retirados.


Ministério da Administração Interna
POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA

COMANDO DISTRITAL DE VILA REAL
 CD VRL - Esq.º do Tráfego de Vila Real

PSP VILA REAL
ESQUADRA DE TRÁFEGO
N.º 17810/2017
Em de 11 de 2017
N.º 61521

Participação de Acidente

Dados do Acidente

| | | | |
|----------------------------|---|----------------------------|---------------------|
| Data/Hora do Acidente: | 2017-03-08 / 21:15h | Data/Hora da Participação: | 2017-03-13 / 08:04h |
| Natureza do Acidente: | Colisão - Lateral com outro veículo em movimento | | |
| Consequências do Acidente: | Acidente só com danos materiais | | |
| Participante: | | | |
| Presenciamento dos factos: | PSP deslocou-se ao local e verificou a existência do acidente | | |

Local do Acidente

| | | |
|---|---|---|
|  | Tipo: Via pública : ARRUAMENTO País: Portugal Distrito: Vila Real Freguesia: Mateus Morada: Rua Vasco Sameiro , do 0 ao 0. 0, 5000-000 Vila Real Zona: " Rotunda de Mateus " | Coordenadas: 41.29985176429688 ; -7.715958527764092 Concelho: Vila Real |
|---|---|---|

Veículos

| | | | | |
|-------------------------|--|---------------------------|-------------|------|
| Veículo N.º: | 1 | Matrícula: | Ano Origem: | 2003 |
| Classif. veículo | Automóveis Ligeiros : Passageiros : Particular | | | |
| Marca/Modelo: | Seat, IBIZA 6L | Cor principal: | Cinza | |
| Marca(s) dos Pneus: | | Modelo(s) dos Pneus: | | |
| Dimensões dos Pneus: | | N.ºs. de Série dos Pneus: | | |
| Deficiências dos Pneus: | | | | |
| N.º de Chassis: | | Companhia de Seguro: | " ZURICH " | |
| Número de Apólice: | | Data Fim de Apólice: | 2017-05-23 | |
| Data Início da Apólice: | 2016-11-24 | | | |
| Veículo apreendido: | Não | | | |
| Livrete apreendida: | Não | | | |
| Órgãos de travagem: | | | | |
| Dirigção: | | | | |
| Sinalização acústica: | | | | |
| Outro: | | | | |
| Proprietário: | | | | |
| Morada: | (zona: Mateus) | | | |

Descrição dos danos: — Frente e traseira (tod esquerda danificados).

| | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------|------|
| Veículo N.º: | 2 | Matrícula: | Ano Origem: | 1999 |
| Classif. veículo | Automóveis Ligeiros : Marcadoras | | | |
| Marca/Modelo: | Renault, KANGOO (FC00AF) | Cor principal: | Branco | |
| Marca(s) dos Pneus: | | Modelo(s) dos Pneus: | | |
| Dimensões dos Pneus: | | N.ºs. de Série dos Pneus: | | |
| Deficiências dos Pneus: | | | | |
| N.º de Chassis: | | Companhia de Seguro: | " LUSITÂNIA " | |
| Número de Apólice: | | | | |

NºP: 1178122917

Poçila de Segurança Cívica
Participação de Acidente

Data Início da Apólice: 2016-12-23 Data Fim da Apólice: 2017-06-22
 Veículo apreendido: Não
 Livrete apreendida: Não
 Orçãos de travagem:
 Direção:
 Sinalização acústica:
 Outro:
 Proprietário:
 Morada:

(zona: "Vale de Nogueiras")

Descrição dos danos: -- Frente e traseira lado direito danificadas.

Condutores

Veículo N.º: 1 Nome:
 Doc. Identif.: Cartão de Cidadão n.º
 Identificação fornecida verbalmente? Não
 Dados de Emissão: Emitido por Serviços de Identificação Civil, em Vila Real
 Data de Nascimento: 1980-03-27 Sexo: Masculino
 Nacionalidade: Portugal Est. Civil: Casado
 Naturalidade: País:Portugal, Distrito:Vila Real, Concelho:Vila Real, Freguesia:Mateus
 Filiação:
 Morada:

(zona: Mateus)

Contactos:
 Licença de Condução: Com licença / carta adequada ao veículo
 A Licença de Condução foi apreendida? Não
 Foi passada guia de substituição? Não
 Carta de Condução:
 Identificação fornecida verbalmente? Não
 Dados de Emissão: 2010-01-27, emitido por Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres, em Porto

Resultado do Controlo do Álcool: 1.38 (Qualitativo)

Veículo N.º: 2 Nome:
 Doc. Identif.: Cartão de Cidadão n.º
 Identificação fornecida verbalmente? Não
 Dados de Emissão: Emitido por Serviços de Identificação Civil, em Vila Real
 Data de Nascimento: 1963-08-27 Sexo: Masculino
 Nacionalidade: Portugal Est. Civil: Casado
 Naturalidade:
 Filiação:
 Morada:

(zona: "Vale de Nogueiras")

Contactos:
 Licença de Condução: Com licença / carta adequada ao veículo
 A Licença de Condução foi apreendida? Não
 Foi passada guia de substituição? Não
 Carta de Condução:
 Identificação fornecida verbalmente? Não
 Dados de Emissão: 2013-08-09, emitido por Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres, em Vila Real

Resultado do Controlo do Álcool: 0.00 (Qualitativa)

Descrição do Acidente

NPP: 117610/2017

Polícia de Segurança Pública
Participação de Acidente

- A ocorrência, um choque entre duas viaturas em movimento dentro de uma rotunda, (Duroa - Mateus), não foi por mim presenciada, sendo o expediente elaborado mediante a colocação dos dois veículos no local e após o embate e pelas declarações escritas pelos dois respectivos condutores intervenientes.
- O condutor do veículo nº1 disse e passo a transcrever: Vinha da recta de Mateus em direcção no Rotunda Docua em direcção a Raia, no momento da colisão não vi o condutor que estava no Rotunda em batí-mele.
- O condutor do veículo nº2 disse e passo a transcrever: Sai do Posto medico la em direcção a Valnogueiras cheguei a Rotunda de Mateus em direcção a Valnogueiras ja na saída da Rotunda vinha um automovel da direcção da auracaria e bateu-me no lado direito na frente.

Vestígios no Local

- Alguns casquilhos partidos e espalhados pelo pavimento e uma marca de água no pavimento no local do embate.

Características do Local

Características Técnicas: Estrada sem Separador, 1 vias, Direita
Regime de circulação: Sentido único - 50 Km/h(lm. local), 50 Km/h(lm. geral)

Estado do Tempo

Bom tempo

Outros Danos

- Nada a assinalar.

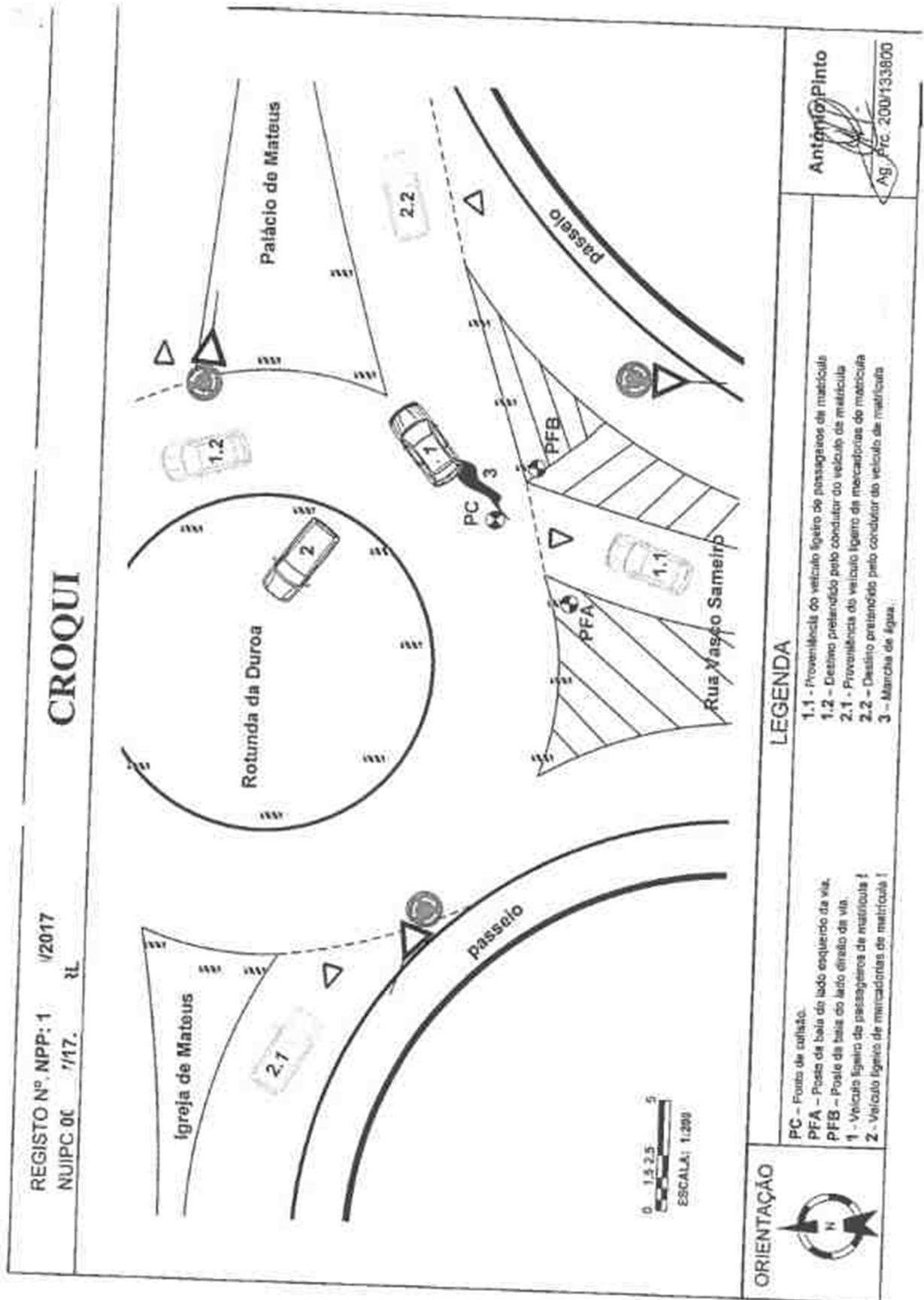
Informações complementares

- A numeração dos dois veículos, bem como a respectiva identificação dos dois condutores intervenientes, é independente de qualquer eventual responsabilidade no acidente.
- Ao condutor do veículo nº1 foi elaborado Auto de Notícia por Detenção com o NPP: 110784/2017 e NUIPC: 27/17.3PTVRL.

Para os efeitos léos por convenientes lavrou-se o presente documento, Participação de Acidente, que foi integralmente lido e revisto e val devidamente assinado pelo participante.

O Participante:





Anexo III:

Divulgação do projeto pelos média

O projeto apresentado neste documento teve uma ampla cobertura e divulgação pelos órgãos de comunicação social, como se constata pela listagem seguinte:

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

"Há duas vantagens: a informação é muito mais fidedigna e a maior rapidez no desimpedimento da via de trânsito", diz a PSP A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projecto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação "mais fidedigna" e "rápida"

In Público Público, Porto – 09062016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projeto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação "mais fidedigna" e "rápida".

In Correio da Manhã Online - 08062016

Actualidade: Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projeto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação "mais fidedigna" e "rápida"

In Destak Online 08062016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projeto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação mais fidedigna e rápida

In Diário Digital Online 08062016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

Por Lusa 08/06/2016 17: 51

"Há duas grandes vantagens: a informação é muito mais fidedigna e a maior rapidez no desimpedimento da via de trânsito", diz a PSP. REUTERS/Chris Francescani A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projecto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação "mais fidedigna" e "rápida"

In Público Online 08062016

(Renascença) Drones vão ajudar PSP a investigar acidentes rodoviários

Projecto inédito está a ser desenvolvido pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. A ideia é que esteja disponível um kit com drone e comando nos carros da secção de trânsito da PSP. A Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro está a desenvolver um projecto que usa drones para recolher imagens de acidentes rodoviários. Investigadores e PSP afirmam que este método permite a obtenção de "informação mais fidedigna e maior rapidez na desobstrução da via", diminuindo a duração da remoção de viaturas e do trânsito formado. "O objectivo é ajudar a PSP no registo e recolha de imagens e de informação dos sinistros. Perante um acidente e chamada a PSP ao local, o agente fará a gravação do acidente com o drone, sempre após a retirada dos feridos", afirma o investigador Joaquim João Sousa. Para exemplificar o tipo de trabalho que poderá ser feito, foi realizado no Campus da UTAD um simulacro de acidente choque entre duas viaturas tendo o procedimento adoptado sido o normal num acidente. A diferença, porém, é que neste "acidente" os dados foram recolhidos por dois agentes da PSP, um com recurso a meios tradicionais e outro com recurso a aparelhos aéreos não tripulados. O comissário da PSP João Martins explica que o recurso a drones "é um projecto inédito que ainda está em desenvolvimento", realçando que "pelos testes que efectuamos, há duas grandes vantagens: a informação é muito mais fidedigna e a maior rapidez no desimpedimento da via de trânsito". Na demonstração realizada no Campus universitário foi utilizado um drone comercial, mas a UTAD está já a desenvolver um protótipo, de baixo peso e pequenas dimensões, que poderá ser usado em quaisquer condições, quer meteorológicas quer em ambientes nocturnos. Vai ser também desenvolvida uma aplicação informática que vai permitir criar um modelo tridimensional, gerado através das imagens recolhidas pelo drone, através do qual será possível fazer as medições do acidente que passarão a substituir a fita e as anotações escritas. Carros da PSP equipados com kit "Vamos evitar essa parte. As medições serão feitas 'a posteriori' no modelo tridimensional que vai ser gerado através dessas imagens", revela o investigador João Sousa. Os dados recolhidos serão inseridos numa plataforma, que vai estar interligada com a aplicação que a PSP utiliza actualmente. A informação pode fazer prova em tribunal e ser usada para memória futura. "Basta um único agente chegar ao local, pegar no drone que, ao fim de 30 segundos, está a voar sobre a área do acidente e não demora

mais de 10 minutos a recolher as imagens. Ao fim de pouco tempo pode-se também abrir a via", enfatiza João Sousa. Na primeira fase do projecto, serão os investigadores da UTAD a irem ao local do acidente fazer a recolha e processar os dados. "Os polícias usam o método tradicional, nós este novo método e depois vamos comparar para validar o processo de forma independente", explica. A ideia é que esteja disponível um kit com drone e comando nos carros da secção de trânsito da PSP. O projecto conta com o apoio da Direcção Nacional da PSP e foi já autorizado pela Comissão Nacional de Protecção de Dados. O objectivo é usar esta tecnologia em todo o território nacional. O projecto é coordenado pelo docente e investigador da Escola de Ciência e Tecnologia Departamento de Engenharias da UTAD, Joaquim João Sousa, e dará origem a uma tese de doutoramento de José Manuel Sousa, na área Informática. 15 jun, 2016 13: 21 .

URL:

http://rr.sapo.pt/noticia/56667/drones_vao_ajudar_psp_a_investigar_acidentes_rodoviarios?utm_source=cxultimas

Antena 1:

| | | |
|---|---|---|
|  ID: 64999543 |  23-06-2016 13:26 | Audiência: 42818 País: Portugal Âmbito: Regional Duração: 00:03:40 OCs: Antena 1 - Portugal em Direto |
|---|---|---|

Drones na investigação de acidentes de viação

Quantas vezes os agentes da PSP a fazerem "croquis" de acidentes provocam longas filas de trânsito. É uma situação que todos nós já testemunhámos. A PSP e a UTAD estão a desenvolver um projeto pioneiro com vista à utilização de drones na investigação de acidentes de viação.
Declarações de João Sousa, prof. e investigador UTAD.

Autor: Nuno Amaral
Temas: UTAD

<http://www.pt.cision.com/cp2013/ClippingDetails.aspx?id=a91aace-64d4-43db-ab26-198391349b74&userId=f5ff62a5-1759-411c-b887-a04bd9a16fc2>

RTP:

Drones em acidentes A PSP e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro estão a estudar a utilização de drones em acidentes rodoviários. Trata-se de um projeto de investigação inédito. Está a ser testado em Vila Real, mas poderá ser aplicado em todo o país.

Comentários de João Sousa, investigador UTAD; João Martins, PSP Vila Real.Repetições: RTP 1 - Bom Dia Portugal , 2016-06-14 07:48

Autor: Patrícia Lopes

Temas: UTAD

Notas: Este programa é transmitido simultaneamente nos canais RTP 3 e RTP 1. A imagem original é captada na emissão da RTP 3.

Porto Canal

Investigar acidentes com drones A PSP de Vila Real e a Universidade de Trás os Montes e Alto Douro estão a desenvolver um projeto inovador para recorrer a drones de forma a analisar acidentes rodoviários.

Declarações de João Martins, Comissário da PSP de Vila Real; João Sousa, Professor da UTAD.

Autor: Patrícia Canelas

Temas: UTAD

Drones na investigação de acidentes de viação

Quantas vezes os agentes da PSP a fazerem "croquis" de acidentes provocam longas filas de trânsito.

In Antena 1 - Portugal em Direto - 23-06-2016 - 13:26H

Drones ajudam em acidentes

In Autohoje.com- 23-06-2016

PSP quer usar drones para investigação

O SiStema PODerÁ Ser alargADO a tODO O PaÍS // Investigação de acidentes

com drones a PSP vai recorrer a drones para investigar acidentes rodoviários.

In Notícias de Vila Real- 22-06-2016

CISION

SEMANÁRIO
VOZ DE TRÁS OS MONTES
WWW.VOZDETRASOSMONTES.COM
CRÉDITO: AGOSTINHO CHAVES

Tiragem: 5206

País: Portugal

Period.: Semanal

Âmbito: Regional

Pág: 15

Cores: Cor

Área: 17,01 x 30,70 c

Corte: 1 de 1

ID: 64896856

16-06-2016

Drones vão "entrar em ação"

MARIA MEIRELES



● SIMULACRO DEMONSTROU A FORMA DE ATUAÇÃO DOS APARELHOS

DESENVOLVIDO ATRAVÉS DE UMA PARCERIA ENTRE A UTAD E A DIREÇÃO NACIONAL DA POLÍCIA, O PROJETO INÉDITO DE UTILIZAÇÃO DE DRONES NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO VAI ENTRAR NUMA FASE EXPERIMENTAL, A REALIZAR EM CENÁRIO REAL

que agora é habitual, não deverá ser necessário mais de 10 minutos para cobrir todo o acidente", e para o local poderá ser mobilizado apenas um agente, que vai operar o aparelho.

Outro benefício prende-se com a possibilidade de rever as imagens, por exemplo em Tribunal, sendo que no âmbito do projeto a UTAD está a desenvolver o protó-

rio João Martins, chefe da área operacional do Comando Distrital de Vila Real da PSP, os testes que já foram efetuados confirmaram desde logo que há "grandes vantagens".

O objetivo é avançar com o projeto para a esfera nacional, ou seja, garantir que todos os carros patrulha tenham na mala um drone para ser utilizado em caso

Drones vão "entrar em ação"

Drones vão "entrar em ação" DESENVOLVIDO ATRAVÉS DE UMA PARCERIA ENTRE A UTAD E A DIREÇÃO NACIONAL DA POLÍCIA, O PROJETO INÉDITO DE UTILIZAÇÃO DE DRONES NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO VAI ENTRAR NUMA FASE EXPERIMENTAL, A REALIZAR EM CENÁRIO REAL Maria Meireles ? “A polícia contacta-nos e nós vamos recolher as imagens, processar a informação e fazer as medições” enquanto “eles utilizam o método tradicional, depois vamos comparar para validar o projeto de forma independente”, explicou João Sousa, docente e investigador da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) sobre o ponto de situação da parceria que pretende levar o drones a trabalhar em conjunto com a Polícia de Segurança Pública (PSP) na investigação sobre acidentes de viação

In Voz de Trás-os-Montes (A)- 16-06-2016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projeto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação “mais fidedigna” e “rápida”

In Douro Hoje- 15-06-2016

Drones vão ajudar PSP a investigar acidentes rodoviários

Projecto inédito está a ser desenvolvido pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

In Renascença Online - 15-06-2016

Drones em acidentes

A PSP e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro estão a estudar a utilização de drones em acidentes rodoviários.

In RTP 3 - Bom Dia Portugal - 14-06-2016 - 07:48H

PSP e Universidade de Trás-os-Montes testam drones em acidentes

Patrícia Lopes, Simão Martinho - RTP 14 Jun, 2016, 08:48 / atualizado em 14 Jun, 2016, 09:18 | País A PSP e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro estão a estudar a utilização de drones em acidentes rodoviários

In RTP Online - 14-06-2016

PSP e Universidade de Trás-os-Montes testam uso de drones em acidentes

Patrícia Lopes, Simão Martinho - RTP 14 Jun, 2016, 08:48 / atualizado em 14 Jun, 2016, 08:48 | País A PSP e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro estão a estudar a utilização de drones em acidentes rodoviários

In RTP Online - 14-06-2016

Drones em acidentes

A PSP e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro estão a estudar a utilização de drones em acidentes rodoviários.

In RTP 1 - Portugal em Direto - 13-06-2016 - 18:00H

Investigar acidentes com drones

A PSP de Vila Real e a Universidade de Trás os Montes e Alto Douro estão a desenvolver um projeto inovador para recorrer a drones de forma a analisar acidentes rodoviários.

In Porto Canal - Jornal Diário - 12-06-2016 - 20:09H

Analisar acidentes rodoviários através de drones

A PSP de Vila Real e a UTAD estão a desenvolver um projeto inovador, que vai permi-

tir analisar acidentes rodoviários através de drones.

In Porto Canal - Jornal Diário - 11-06-2016 - 20:05H

Investigar acidentes com drones

A PSP de Vila Real e a Universidade de Trás os Montes e Alto Douro estão a desenvolver um projeto inovador para recorrer a drones de forma a analisar acidentes rodoviários.

In Porto Canal - Mundo Local - 10-06-2016 - 13:30H

Drone vai tirar a limpo dúvidas em acidentes

Vila Real Projeto da UTAD e da PSP dispensa medições com fita e garante informação fidedigna, importante para casos levados a tribunal Eduardo Pinto Aquela imagem dos polícias a esticar a fita métrica, a medir distâncias entre veículos acidentados, a apontar os dados num caderno, com toda a demora e os contratempos para terceiros que normalmente isso acarreta, poderá ter os dias contados

In Jornal de Notícias- 10-06-2016

PSP de Vila Real e UTAD querem drones a investigar acidentes

A PSP de Vila Real e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro estão a desenvolver um projeto inovador para recorrer a drones de forma a analisar acidentes rodoviários isto porque as imagens recolhidas permitem obter informações mais rápidas e precisas

In Porto Canal Online - 10-06-2016

Vila Real

A PSP quer recorrer a drones para investigar acidentes rodoviários.

In Bola (A)- 09-06-2016

Investigação de acidentes com drones

SociedadeSegurança Investigação de acidentes com drones Por Cristina da Santa Ferreira - 9 Junho, 2016 20 A PSP vai recorrer a drones para investigar acidentes rodoviários

In Notícias de Vila Real Online - 09-06-2016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

"Há duas vantagens: a informação é muito mais fidedigna e a maior rapidez no desimpedimento da via de trânsito", diz a PSPA PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projecto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação "mais fidedigna" e "rápida"

In Público - Público Porto- 09-06-2016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projeto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação "mais fidedigna" e "rápida"

In Correio da Manhã Online - 08-06-2016

Actualidade: Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projeto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que consiste na recolha de imagens com informação "mais fidedigna" e "rápida"

In Destak Online - 08-06-2016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

HOJE às 17:46 A PSP quer recorrer aos drones para investigar acidentes rodoviários, um projeto inovador que está a ser desenvolvido com a Universidade de Vila Real e que con-

siste na recolha de imagens com informação mais fidedigna e rápida

In Diário Digital Online - 08-06-2016

Polícia de Vila Real quer investigar acidentes com recurso a drones

Por Lusa 08/06/2016 - 17:51 "Há duas grandes vantagens: a informação é muito mais fidedigna e a maior rapidez no desimpedimento da via de trânsito", diz a PSP.

In Público Online - 08-06-2016