



Projeto de Arquitetura Paisagista do Parque Urbano do Viso, apoiado por Métodos de Levantamento e Análise Digital

Tomás Fernando Pinto Pinto

Mestrado em Arquitetura Paisagista

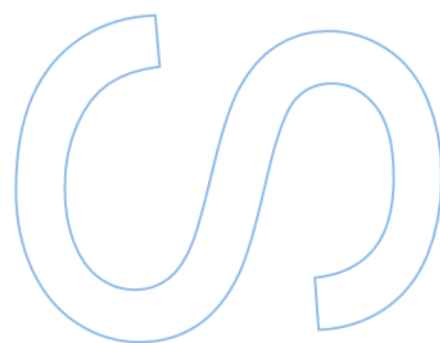
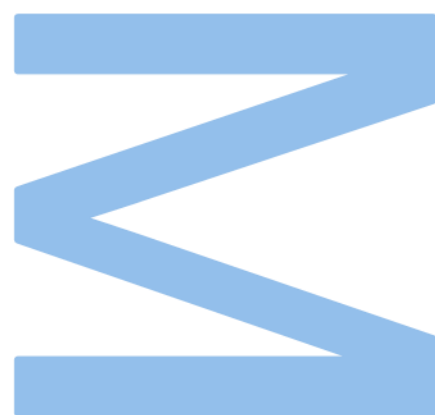
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2023

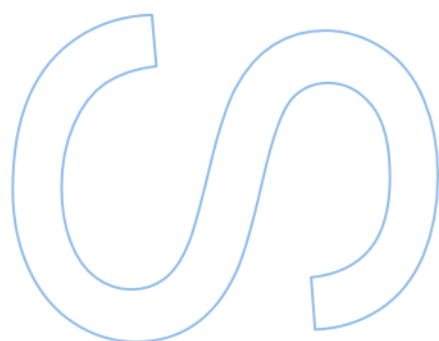
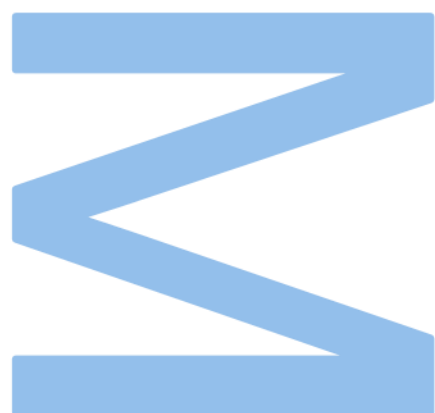
Orientador

Prof. José Miguel Esteves Lameiras, Professor Auxiliar e Arquiteto Paisagista, FCUP

Coorientador

Prof. Maria José Curado, Professora Auxiliar, FCUP





Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço à minha família, que diariamente me acompanharam e apoiaram neste longo percurso. Por todo o sacrifício e por todas as horas em falta – permitiram-me espaço quando precisei e sempre acreditaram em mim.

Aos meus orientadores, à Prof. Maria José e ao Prof. José Lameiras, que nos momentos mais difíceis ofereceram-me oportunidades e sempre mostraram disponibilidade em ajudar.

Em particular ao Prof José Lameiras, por toda a paciência, confiança e a apresentação de soluções independentemente da gravidade do problema – sempre me impulsionou para a frente.

Ao Rosendo, por todo o apoio, disponibilidade e paciência absurda no decorrer desta jornada. Sempre que descarrilava do projeto, injetavas um pouco da motivação e da disciplina que necessitava.

A todos os colegas e amigos que conheci ao longo da licenciatura e mestrado, que me acompanharam e tornaram este trajeto rico em experiências.

Resumo

A evolução no campo das tecnologias permitiu que surgissem inovações nos métodos disponíveis para utilização no projeto de arquitetura paisagista, nomeadamente nos métodos digitais de análise e diagnóstico.

Neste contexto, os drones surgem como método com grande potencial de integração no processo de projeto, mas ainda não integram a prática comum. Com a sua aplicação na conceção duma proposta de projeto – Parque Urbano do Viso, pretende-se fazer a comparação com os métodos digitais já estabelecidos. Foram selecionados o Google Earth, OpenStreetMap e Cartografia.

Realizou-se o levantamento de dados topográficos, fotografia e desenho urbano relativos ao local de estudo. Os critérios de análise comparativos utilizados foram, o detalhe e o rigor, a temporalidade, a facilidade de recolha, e ainda o seu contributo para uma análise mais imersiva da realidade.

O drone como método de levantamento e análise digital representou uma mais-valia no desenvolvimento do estudo prévio. Permitiu, desde o primeiro momento, capturar a realidade do caso de estudo em tempo real, com a produção de um ortofotomapa, um modelo 3D e fotografias aéreas com qualidade superior aos métodos estabelecidos.

Palavras-chave: Processo de Projeto, Mapeamento com Drone, Tecnologia Tridimensional, Ferramentas Digitais, Análise do Local

Abstract

Evolution in the field of technology has allowed innovations to emerge in the methods available for use in landscape architecture design, particularly in digital methods of analysis and diagnosis.

In this context, drones emerge as a method with great potential for integration into the design process, but they are not yet part of common practice. With its application in the design of a project proposal – Parque Urbano do Viso, the aim is to make a comparison with the digital methods already established. Google Earth, OpenStreetMap and Cartography were selected.

Topographic data, photography and urban design relating to the study site were collected. The comparative analysis criteria used were detail and rigor, temporality, ease of collection, and also their contribution to a more immersive analysis of reality.

The drone as a digital survey and analysis method represented added value in the development of the preliminary study. It allowed, from the first moment, to capture the reality of the case study in real time, with the production of an orthophotomap, a 3D model and aerial photographs with higher quality than the proposed methods.

Keywords: Design Process, Drone Mapping, Three-dimensional Technology, Digital Tools, Site Analysis

Índice

Lista de Figuras	vi
Lista de Abreviaturas	ix
1. Introdução	1
1.1. Apresentação do tema	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodologia	2
2. Revisão da Literatura	3
2.1. Processo de projeto em Arquitetura Paisagista	3
2.2. Métodos de levantamento e análise digital – estado de arte	5
2.3. Drone como método	7
3. Análise e diagnóstico	9
3.1. Introdução ao caso de estudo	9
3.2. Recolha de dados com os métodos clássicos	11
3.2.1. Google Earth	11
3.2.2. Strava	14
3.2.3. OpenStreetMap	15
3.2.4. Cartografia do Porto	16
3.2.5. Instrumentos de Gestão Territorial	17
3.3. Recolha de dados com drone	19
3.3.1. Levantamento Aéreo	19
3.3.2. Processamento de dados	22
4. Projeto: Parque Urbano do Viso	31
4.1. Programa	31
4.2. Proposta	32
5. Discussão	41
6. Conclusão	43
Referências Bibliográficas	44

Lista de Figuras

Figura 1 - Metodologia	2
Figura 2 – Exemplo de análise de circulação pedonal	3
Figura 3 - Diagramas conceptuais	4
Figura 4 - Modelo 3D do plano conceptual.....	4
Figura 5 – Plano Geral.....	4
Figura 6 - Site planning and design process (LaGro, 2007)	5
Figura 7 – Exemplo de programa de visualização geoespacial. Google Earth	5
Figura 8 – Satélites de observação da Terra	6
Figura 9 – Comparação de imagens captadas via Sentinel e novos sensores de alta-resolução	6
Figura 10 – Exemplos de diferentes tipos de drone	7
Figura 11 – Exemplo de levantamento geográfico captado por drone.....	8
Figura 12 – Exemplo de projeto de arquitetura paisagista realizado com dados recolhidos de drone	8
Figura 13 – Caso de estudo. Google Earth	10
Figura 14 – Imagem satélite do caso de estudo (2021) em ambiente Google Earth ...	11
Figura 15 – Evolução temporal do caso de estudo e envolvente. Google Earth.....	12
Figura 16 – Limite Este do caso de estudo, fevereiro 2015	Error! Bookmark not defined.
Figura 17 – Limite Este do caso de estudo, julho 2020	13
Figura 18 – Modelo 3D mais recente (2018). Google Earth	13
Figura 19 – Modelação 3D fora das grandes cidades. Google Earth.	13
Figura 20 – Tráfego automóvel. Ferramenta de Trânsito Google Maps.	14
Figura 21 – Fluxo de movimento pedonal e bicicletas. Strava.....	14
Figura 22 – Mapa do caso de estudo. OpenStreetMap	15
Figura 23 – Cadmapper página web. Definição de espaço de captura.	16
Figura 24 – Peça gráfica do desenho urbano obtida por Cadmapper	16
Figura 25 – Peça gráfica da topologia obtida por Cadmapper.....	16
Figura 26 – Base cartográfica do Porto em ambiente CAD	17
Figura 27 – Planta de Ordenamento: Carta de Qualificação do Solo	18
Figura 28 – Planta de Ordenamento Carta de Riscos Naturais, Carta de Património, Mapa de Ruído	18

Figura 29 – Planta de Condicionantes: Carta de Condicionantes Geral	18
Figura 30 – Drone DJI Mavic Pro e comando de controle remoto.	19
Figura 31 – Software PIX4Dcapture.....	19
Figura 32 – Grelha de fotografias realizadas no caso de estudo.....	19
Figura 33 – Aplicação UAV Forecast	20
Figura 34 – Aplicação Voa Na Boa	20
Figura 35 – Fotografia captada via drone do caso de estudo, Norte para Sul	20
Figura 36 – Fotografia captada via drone da envolvente a Sul.....	21
Figura 37 – Zoom da vegetação existente no interior do caso de estudo.....	21
Figura 38 – Criação de uma nuvem de pontos. PIX4DMapper	22
Figura 39 – Nuvem de pontos. PIX4Dmapper.....	22
Figura 40 – Modelo 3D gerado por PIX4Dmapper	23
Figura 41 – Ortofotomapa gerado por PIX4Dmapper.....	23
Figura 42 – Comparação entre a imagem mais recente do Google Earth (2021) com o ortofotomapa gerado via PIX4Dmapper.....	24
Figura 43 – Altitude representada por cor no modelo 3D em ambiente PIX4Dmapper	24
Figura 44 – MDS obtido. PIX4Dmapper.....	25
Figura 45 – MDT obtido. PIX4Dmapper	25
Figura 46 – Reconstrução manual das curvas de nível.....	26
Figura 47 – Irregularidades na criação do MDT	26
Figura 48 – Reconstrução manual das curvas de nível.....	27
Figura 49 – Percurso da ribeira visível em 2013	27
Figura 50 – Curvas de nível finais após correções.....	28
Figura 51 – Visualização da elevação da topografia via Sketchup.....	28
Figura 52 – Pormenor de medição no modelo 3D, saída da ribeira. PIX4Dmapper	29
Figura 53 – Pormenor de medição no modelo 3D, muro das bombas de gasolina. PIX4Dmapper	29
Figura 54 – Análise de comportamento térmico. PIX4Dmapper.....	30
Figura 55 – Trajetória de animação de vídeo. PIX4Dmapper.....	30
Figura 56 – Limite do projeto	Error! Bookmark not defined.
Figura 57 – Plano Geral.....	33
Figura 58 – Representação realista da proposta em 3D	34
Figura 59 – Plano de Plantação.....	35
Figura 60 – Representação 3D do estrato arbustivo	36
Figura 61 – Visualização da modelação proposta.....	36
Figura 62 – Representação 3D da proposta	37

Figura 63 – Simulação. Nascente da Ribeira da Granja.....	37
Figura 64 – Simulação. Ponto de entrada Este	38
Figura 65 – Simulação. Ponto de entrada Oeste.....	38
Figura 66 – Simulação. Clareira central / Bacia de retenção.....	39
Figura 67- Simulação. Entrada do bosque	39
Figura 68 – Simulação. Bifurcação Sul.	40
Figura 69 – Simulação. Ponte Sul.....	40

Lista de Abreviaturas

2D – Duas Dimensões / Bidimensional

3D – Três Dimensões / Tridimensional

ANAC - Autoridade Nacional da Aviação Civil

CAD – Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)

ESA - European Space Agency (Agência Espacial Europeia)

GPS – Global Positioning System (Sistema de posicionamento global)

MDS – Modelo Digital da Superfície

MDT – Modelo Digital do Terreno

NASA - National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

1. Introdução

1.1. Apresentação do tema

O processo de projeto de arquitetura paisagista envolve reunir uma grande quantidade de informações sobre o local, como o clima, o solo, a topografia, a exposição à luz, os obstáculos ou desafios, as inclinações ou solos com drenagem insuficiente, a vegetação, a documentação fotográfica, a envolvente, as linhas de água e uso do solo.

A grande evolução das tecnologias digitais nas últimas décadas permitiu um avanço na qualidade e disponibilidade de informação relativo a um local, onde ferramentas de dados satélite como o Google Earth são recurso corrente e vital em várias áreas profissionais.

Estas inovações são constantes, pelo que é importante acompanhar o seu desenvolvimento e identificar tecnologias com potencial de auxiliar o processo de análise de projeto em arquitetura paisagista. Atualmente, entre as inovações existentes, destaca-se a tecnologia drone, que apesar do seu uso em áreas como engenharia e agricultura na recolha de dados, não é muito explorada em contexto de arquitetura paisagista.

Pretende-se reunir todos os métodos de levantamento e análise digitais disponíveis e introduzir o uso do drone, realizando uma recolha de dados num caso real com o intuito de informar uma proposta de projeto de arquitetura paisagista e tirar conclusões sobre os métodos de análise mais recomendáveis. O estudo de caso será um espaço verde expectante localizado em Ramalde, Porto.

1.2. Objetivos

- Selecionar os métodos de análise digitais já utilizados e explorar novas abordagens, verificando a sua viabilidade de utilização no processo de projeto de arquitetura paisagista;
- Analisar a capacidade de captura e potencialidade da informação produzida dos diferentes métodos e de que forma essa informação se traduz num melhoramento do processo de projeto;
- Elaborar o projeto Parque Urbano do Viso
- Simplificar e agilizar o processo de análise de projeto de Arquitetura Paisagista.

1.3. Metodologia

A metodologia adotada para este trabalho divide-se em três fases:

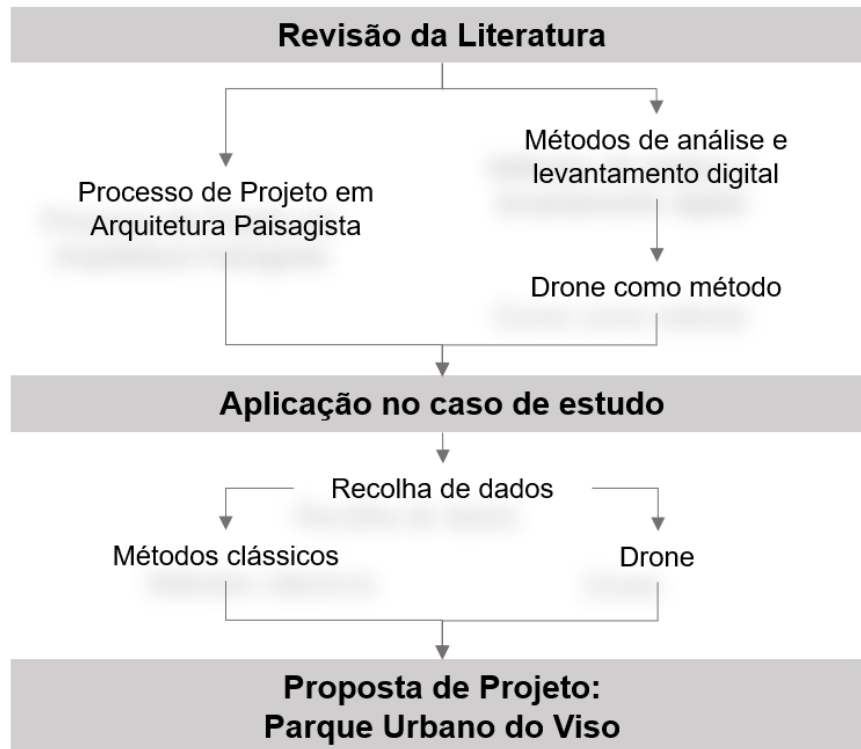


Figura 1 - Metodologia

Na primeira fase, através de uma revisão da literatura, define-se o processo de projeto em arquitetura paisagista e as suas diferentes etapas. É aprofundado o conhecimento sobre a etapa de análise, explorando os vários métodos de levantamento e análise digital disponíveis e investigando os desenvolvimentos mais recentes da tecnologia com potencial de integração em contexto de arquitetura paisagista.

Os métodos digitais serão aplicados no caso de estudo, testando as suas funcionalidades e recolhendo todos os dados necessários à elaboração do projeto.

Na terceira fase, a partir dos dados obtidos, será realizada a proposta de projeto do Parque Urbano do Viso.

Por fim, serão retiradas conclusões sobre a integração das novas tecnologias, criticando e comparando com os métodos digitais comumente usados, compreendendo de que forma foram úteis à elaboração do projeto de arquitetura paisagista.

2. Revisão da Literatura

2.1. Processo de projeto em Arquitetura Paisagista

O processo de projeto em arquitetura paisagista é um empreendimento complexo e criativo, que envolve a recolha de informações detalhadas, análise profunda e síntese cuidadosa. Não existe uma abordagem universal, pois cada projeto é único, mas na sua essência, define-se como “a arte de organizar o ambiente físico externo para apoiar o comportamento humano.” (Lynch, 1971)

A natureza iterativa do processo significa que as decisões tomadas em cada etapa influenciam diretamente as outras, resultando num constante aprimoramento da proposta. Cada projeto exige soluções distintas e permite várias abordagens. O processo envolve a tomada contínua de decisões, incluindo a elaboração de planos, representações e especificações para solucionar um problema. De uma forma geral, pode dividir-se o processo em três fases (Strom, 2013):

1. Levantamento e análise do local e do programa de desenvolvimento;
2. Desenvolvimento do projeto;
3. Implementação do projeto.

A fase inicial de qualquer projeto de arquitetura paisagista consiste em inventariar as condições físicas e culturais existentes no local e nos seus arredores (Figura 2)¹. São consideradas as variáveis ambientais, como a topografia, drenagem, vegetação e solos, e as variáveis funcionais, como as condições restritivas legais e físicas, sistemas relacionados

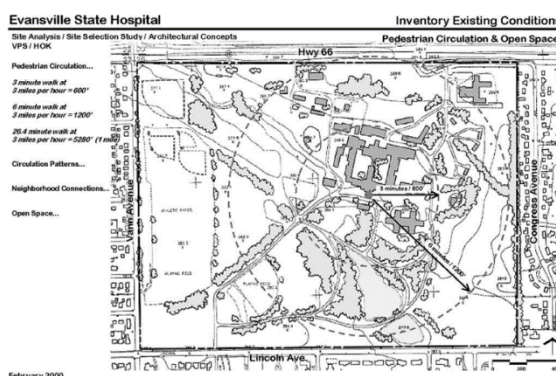


Figura 2 – Exemplo de análise de circulação pedonal

com atividades desenvolvidas no local e infraestruturas implantadas ou propostas, e as restrições económicas de construção e manutenção. Tanto o levantamento como o programa de desenvolvimento (ou seja, o que será colocado no local) são analisados e avaliados para identificar conflitos, limitações e oportunidades que orientarão o desenvolvimento do projeto e o esquema de planeamento proposto. Será importante a visita ao local para sentir o ambiente e interagir com a população e poderá ser necessário proceder à recolha de dados históricos e culturais.

¹ Fonte: <https://www.hok.com/>

[illegible]

desenho incorporam cada vez mais detalhe (Figura 4)³ e são mais rigorosos. São integrados elementos funcionais como caminhos, áreas de estar, elementos aquáticos, iluminação e vegetação, são selecionados materiais e plantas.

contruídas, pormenores de construção, mapas de trabalho, entre outros elementos imprescindíveis à execução do projeto pelos diversos agentes e profissionais envolvidos.

⁴ Fonte: (Jr., 2007)

2.2. Métodos de levantamento e análise digital – estado de arte

“Cada local está incorporado numa paisagem. O inventário do local é uma etapa essencial na compreensão do caráter do local e das ligações físicas, biológicas e culturais entre o local e a paisagem circundante.” - (LaGro, 2007)

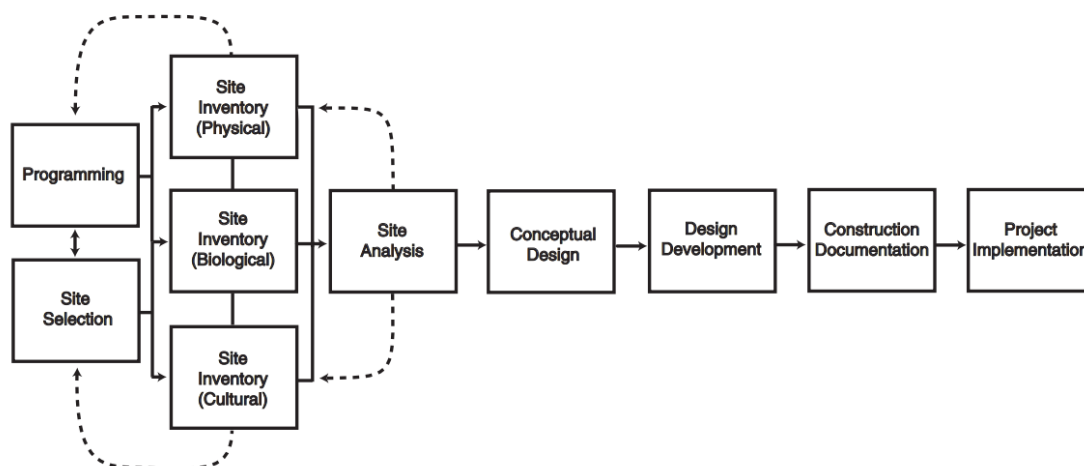


Figura 6 - Site planning and design process (LaGro, 2007)

Possuir um conhecimento do local de projeto para tomar decisões informadas é fundamental e requer uma análise compreensiva que é feita através de vários métodos.

Atualmente, com a crescente evolução das tecnologias digitais, temos disponível um conjunto de ferramentas que permitem uma compreensão mais profunda e acessível dos locais em estudo. Ferramentas como o Google Earth e OpenStreetMap permitem a visualização de imagens satélite, disponibilizando mapas com dados geográficos extensos de qualquer lugar no mundo (Figura 7). Constituem frequentemente o primeiro ponto de contacto do arquiteto paisagista com a realidade do local. Essa informação, em fase de análise, é complementada com dados obtidos de SIG, cartas topográficas e a consulta de documentos de gestão territorial.

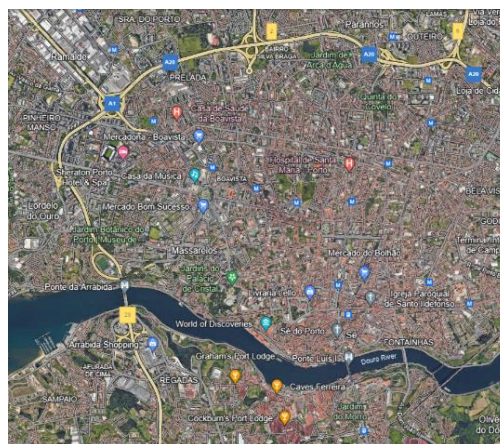


Figura 7 – Exemplo de programa de visualização geoespacial. Google Earth

“As imagens de satélite e mapeamento por Sistema de Informação Geográfica (SIG) derivado de satélite, que há pouco mais de uma década exigiam voos caros de aviões tripulados ou helicópteros, visitas a agências de mapeamento ou eram simplesmente impossíveis de obter ou criar – agora são amplamente acessíveis.” - (Kurgan, 2013)

Os desenvolvimentos mais recentes têm proporcionado um aumento significativo na quantidade de dados espacialmente e temporalmente referenciados disponíveis. Isso inclui uma variedade de fontes, como imagens aéreas, satélites, imagens terrestres, nuvens de pontos 3D de scanners a laser e radares de abertura sintética interferométrico (InSAR). Esses sensores estão instalados em satélites, aviões, VANTs e até mesmo em plataformas terrestres estáticas e móveis, como sistemas de mapeamento móvel (*Google Street View*). Uma tendência crescente é a utilização de sistemas de múltiplos sensores e redes de geossensores para aquisição cooperativa de dados (Bill, 2022).

Dentro dos principais avanços na aquisição de dados geoespaciais temos os satélites de observação da Terra (Figura 8)⁵. Ao longo dos anos, muitas agências nacionais e supranacionais, como a NASA e a ESA, desenvolveram sistemas civis de sensoriamento remoto por satélite.



Figura 8 – Satélites de observação da Terra

O programa Landsat dos EUA, iniciado em 1972, foi a primeira fonte de imagens óticas de Observação da Terra gratuitas, adequadas para mapeamento de recursos naturais. Desde 2014, o programa Copernicus europeu (frota Sentinel) fornece imagens multiespectrais gratuitas com uma alta frequência de revisita e uma distância de amostragem no solo de até 10 metros.

Além das constelações, novos satélites óticos de alta resolução foram anunciados (Figura 9)⁶, como o Maxar Legion, com uma resolução na faixa de um quarto de metro e até 15 imagens da mesma localização por dia. Isso está a

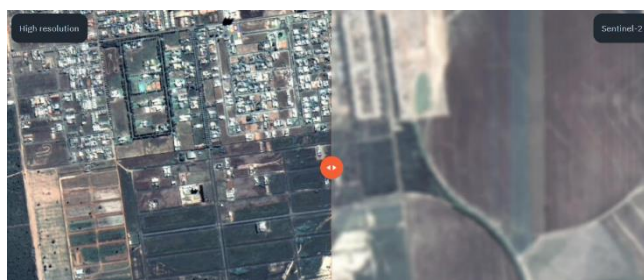


Figura 9 – Comparação de imagens captadas via Sentinel e novos sensores de alta-resolução

⁵ Fonte: <https://www.maxar.com/constellation>

⁶ Fonte: <https://eos.com/pt/products/high-resolution-images/>

diminuir cada vez mais a distância entre imagens de satélite e imagens aéreas (Bill, 2022).

Estes avanços, têm sido acompanhados pela evolução nos veículos aéreos não tripulados (VANTs), também conhecidos por drones. Apoiados pela capacidade de a tecnologia digital atual processar grandes quantidades de informação e nos recentes avanços na automação do seu voo, eles permitem capturar fotografias aéreas e obter ortofotografias e modelos 3D de relevo e texturas do terreno. São fáceis de operar e económicos na sua utilização (Rizo-Maestre, 2020).

2.3. Drone como método

Os drones (Figura 10)⁷, são pequenas aeronaves que podem ser controladas remotamente ou de forma autónoma, usando planos de voo controlados por *software* nos seus sistemas embarcados, que funcionam em conjunto com sensores a bordo e um sistema de posicionamento global (GPS). Eles requerem um controlador, que permite ao operador usar controles remotos para lançar, navegar e pousar a aeronave. Os controladores podem ser utilizados em conjunto com dispositivos móveis ou computadores e comunicam com o drone por meio de Wi-Fi ou outras tecnologias de comunicação sem fio, permitindo a transmissão de vídeo ao vivo e transferência de dados.



Figura 10 – Exemplos de diferentes tipos de drone

O uso de drones para fotogrametria foi impulsionado por três aspetos: o aprimoramento de seu desempenho, tanto em estabilidade durante o voo quanto na melhoria da qualidade da captura fotográfica, e os avanços no campo da computação gráfica com algoritmos de estrutura a partir do movimento (SfM). Atualmente, os drones, com custo inferior a 1000 €, podem voar em rotas planeadas e realizar planos de captura de fotos em alturas predefinidas com resolução 4K.

⁷ Fonte: <https://www.dronesdirect.co.uk/content/drones-buying-guide>

Embora a resolução das imagens tenha melhorado, ainda é importante aprimorar a precisão dos cálculos de correspondência de pontos entre diferentes fotografias, além de melhorar os processos computacionais. O estado atual dos VANTs e sua fotogrametria permite a obtenção de modelos de terreno 2D e 3D (Figura 11)⁸ com qualidade aceitável e precisão na construção, bem como sua integração em ferramentas de modelagem de informações de construção (BIM) (Rizo-Maestre, 2020).

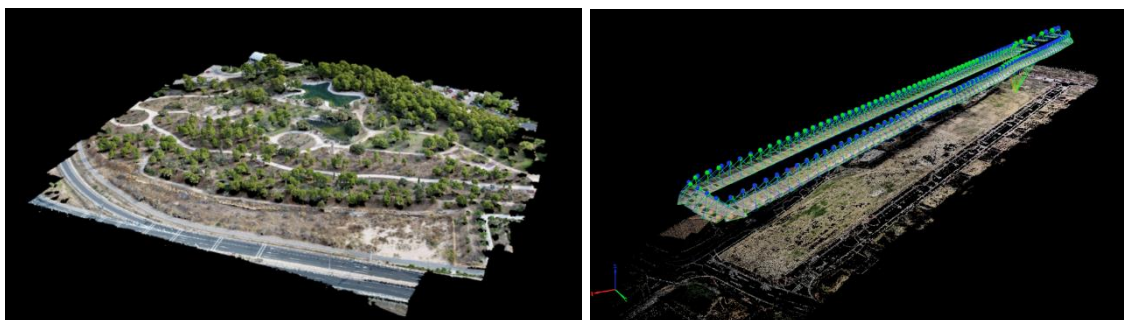


Figura 11 – Exemplo de levantamento geográfico captado por drone

Os drones podem ser usados para recolha de dados, tomada de decisões durante a fase de desenho arquitetónico e implementação (Figura 12)⁹. Essa abordagem permite a integração eficaz de informações geoespaciais no processo de construção e design.

O uso de drones na arquitetura paisagista *“renuncia ao controle direto sobre a aviónica, transformando-os em espelhos pessoais no céu, permitindo que os operadores se vejam posicionados dentro da paisagem circundante em terceira pessoa.”* Na prática, *“os arquitetos paisagistas adquirem a capacidade de capturar imagens aéreas e mapear locais paisagísticos com um nível de clareza comparável ao mundo percebido do solo.”*

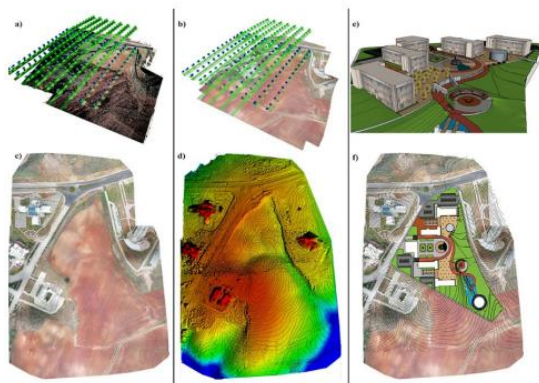


Figura 12 – Exemplo de projeto de arquitetura paisagista realizado com dados recolhidos de drone

“Essa capacidade de representar características sutis da paisagem impacta diretamente a capacidade do arquiteto paisagista de envolver, manter ou amplificar essas qualidades por meio do design.” (Kullmann, 2018).

⁸ Fonte: (Rizo-Maestre, 2020)

⁹ Fonte: (Cilek, 2020)

3. Análise e diagnóstico

A obtenção e a produção de dados a partir de um caso real permite comparar as ferramentas e entender a sua eficácia, utilidade e qualidade, bem como tirar conclusões sobre os métodos de análise mais recomendáveis para elaborar projetos de arquitetura paisagista.

3.1. Introdução ao caso de estudo

O local de intervenção situa-se na freguesia de Ramalde, na cidade do Porto.

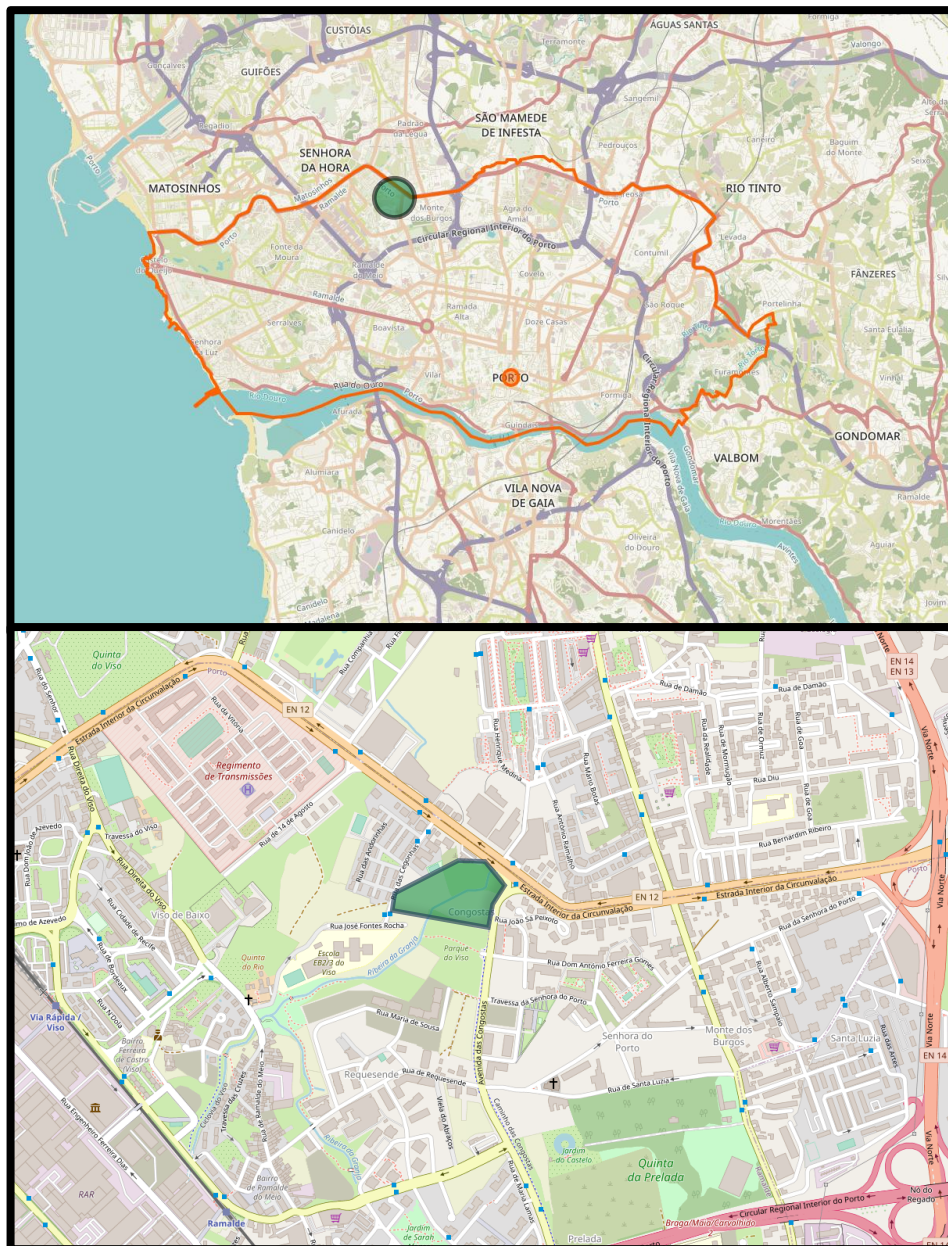


Figura 13 – Limite do caso de estudo. OpenStreetMap

Trata-se de um espaço verde expectante com cerca de 2 hectares inserido numa zona de rápido desenvolvimento urbano (Figura 14) onde é emergente a necessidade de espaços públicos verdes que sirvam a população. É uma área desprovida de ordenamento populada com vegetação em crescimento livre, na qual atravessa a Ribeira da Granja. A Norte conecta com a Estrada da Circunvalação (EN12) e tem adjacente umas bombas de gasolina.



Figura 14 – Caso de estudo. Google Earth

A topologia do espaço inerente à ribeira, os maciços arbóreos e arbustivos que obstruem o terreno, a vegetação naturalizada que compõe o espaço e a consequente restrição de acesso criam variáveis interessantes para o teste dos métodos de análise digitais. A sua transformação em um espaço de lazer público e de convívio, que conserve a biodiversidade e responda às necessidades de mobilidade, exige uma análise rigorosa e uma visão abrangente do local.

3.2. Recolha de dados com os métodos clássicos

Os métodos clássicos compõem as ferramentas comumente usadas na captura de dados digitais: programas de imagens satélite e visualização geoespacial, mapas, dados obtidos de SIG, aplicações com informações de fluxo, cartas topográficas e consulta de documentos de gestão territorial.

3.2.1. Google Earth

O Google Earth é uma ferramenta de mapeamento e visualização geoespacial que oferece a capacidade de explorar virtualmente qualquer lugar do mundo através de uma vasta coleção de imagens de satélite, mapas em três dimensões e informações geográficas detalhadas. Permite de forma acessível uma aproximação virtual ao local de estudo e toda a sua envolvente.

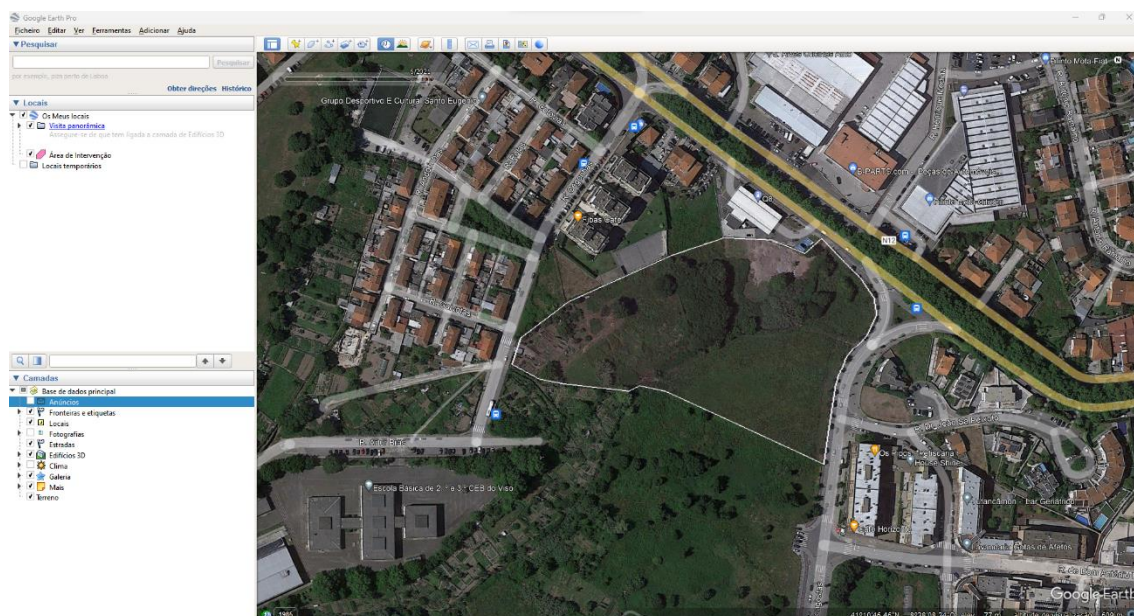


Figura 15 – Imagem satélite do caso de estudo (2021) em ambiente Google Earth

As imagens de satélite são frequentemente atualizadas, muitas vezes anualmente ou até mais frequentemente em áreas de interesse particular. No caso de estudo a imagem satélite mais recente que se obteve foi de 2021 (Figura 14). Além de serem atualizadas com regularidade, as imagens por satélite de datas anteriores continuam disponíveis para consulta através da funcionalidade *Timelapse*. Esta ferramenta permite voltar atrás no tempo e observar as alterações que o espaço sofreu ao longo do tempo (Figura 15).



Figura 16 – Evolução temporal do caso de estudo e envolvente. Google Earth

No caso de estudo torna-se evidente a expansão urbana com o aparecimento de novos complexos residenciais a sul e um abandono das zonas de cultivo.

A função *Timelapse* também se encontra disponível nas imagens do Google Street View, sendo possível visualizar a evolução do espaço em detalhe através de fotografias panorâmicas do ponto de vista de circulação pedonal e viária.

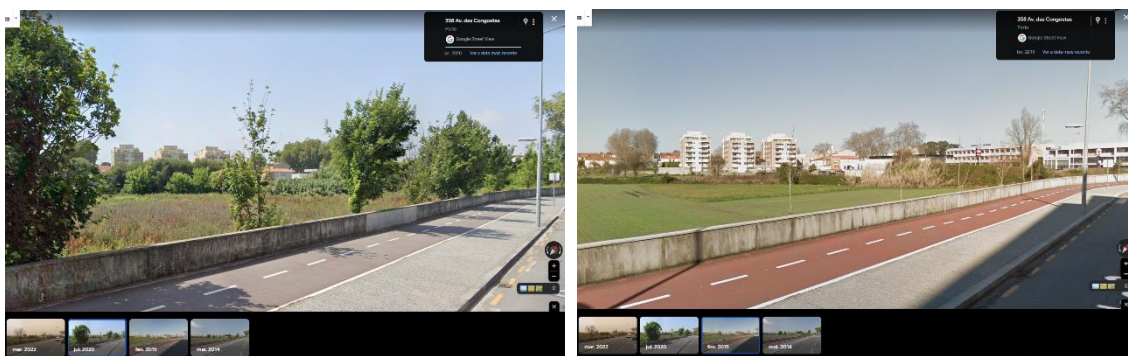


Figura 17 – Estudo do comportamento sazonal da vegetação no local.
Foto da esquerda captada na primavera e direita no outono.

Além da possibilidade de visualizar a evolução do espaço e as alterações que este sofreu, também permite estudar como a vegetação se comporta em diferentes sazonalidades e estudar caducifólias e perenes (Figura 17).

Quanto a informação tridimensional o Google Earth oferece um modelo detalhado do caso de estudo que permite a exploração da topografia e a compreensão dos volumes que a compõe: edificado, estrutura urbana, vegetação. É pertinente destacar que a informação 3D mais recente que se consegue obter no Google Earth data de 2018 (Figura 18) e só está disponível nos centros das grandes cidades de momento. Fora desses locais está acessível um modelo 3D que apenas compreende topografia simplificada (Figura 19).



Figura 18 – Modelo 3D mais recente (2018). Google Earth

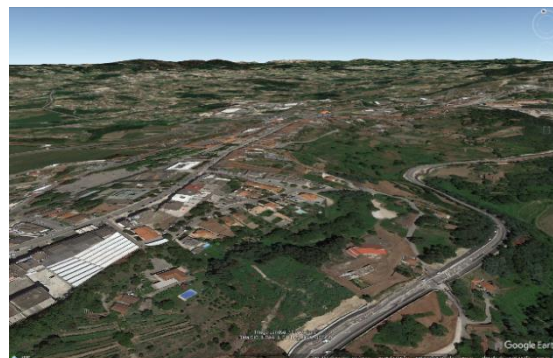


Figura 19 – Modelação 3D fora das grandes cidades.
Google Earth.

Outra funcionalidade oferecida pela Google é a análise do tráfego automóvel com a funcionalidade *Trânsito*, que nos fornece dados em tempo real do tráfego comum em volta do espaço em diferentes horários do dia (Figura 20). Fornece informação sobre quais as rotas viárias mais utilizadas e o seu movimento, leitura que informa a posição de acessos ao local.

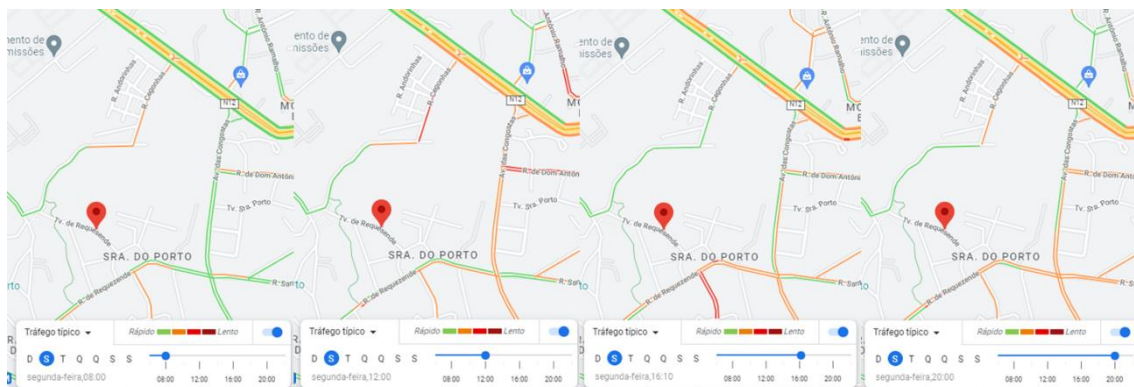


Figura 20 – Tráfego automóvel. Ferramenta de Trânsito Google Maps.

3.2.2. Strava

A plataforma Strava é outra ferramenta que nos ajuda a compreender o fluxo de movimentos em torno do espaço, nomeadamente o tráfego pedonal e de bicicletas (Figura 21). Informa quais os trajetos realizados com maior e menor frequência, que de novo vai informar os pontos de acesso e a definição de caminhos no projeto.

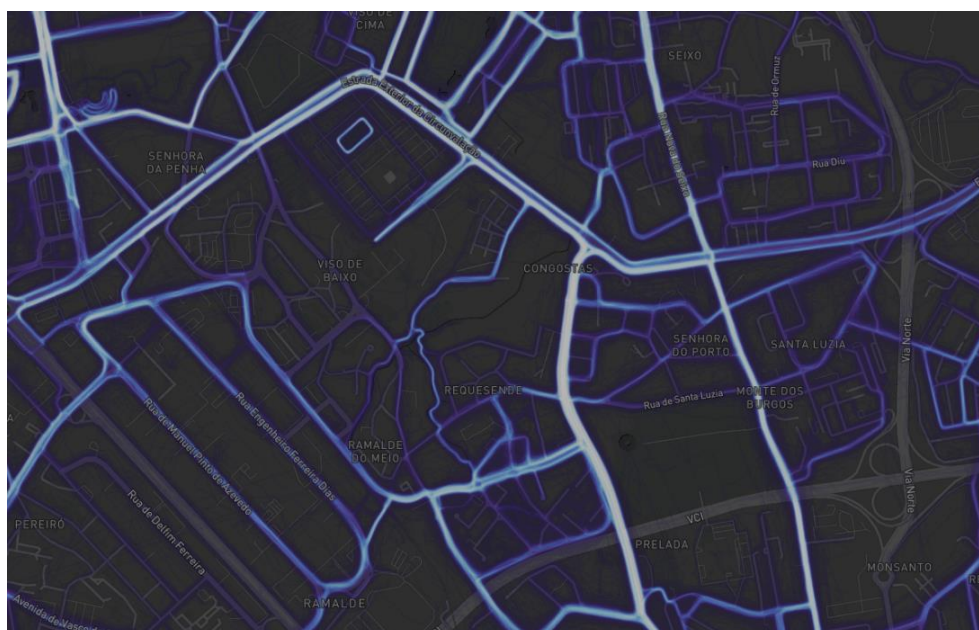


Figura 21 – Fluxo de movimento pedonal e bicicletas. Strava

3.2.3. OpenStreetMap

O OpenStreetMap (OSM) é um projeto de mapeamento aberto do mundo, mantido por contribuições de voluntários de todo o planeta. Oferece uma vasta base de dados geográficos e em constante crescimento que inclui informações detalhadas sobre as redes de transporte, edifícios e estruturas, topografia, fronteiras políticas entre outras (Figura 22).



Figura 22 – Mapa do caso de estudo. OpenStreetMap

A base de dados do OpenStreetMap é open-source, o que significa que toda a informação geográfica está disponível de forma gratuita publicamente. Para análise do caso de estudo com dados OSM utilizou-se a ferramenta Cadmapper.

O Cadmapper é um serviço em página web que fornece mapas de desenho urbano e topologia em vários formatos com base na informação do OpenStreetMap, de forma gratuita até áreas de 1km (Figura 23). O Cadmapper transforma este vasto repositório de dados num pacote limpo com desenho urbano separado por camadas e curvas de nível, pronto a ser utilizado em software CAD ou 3D.

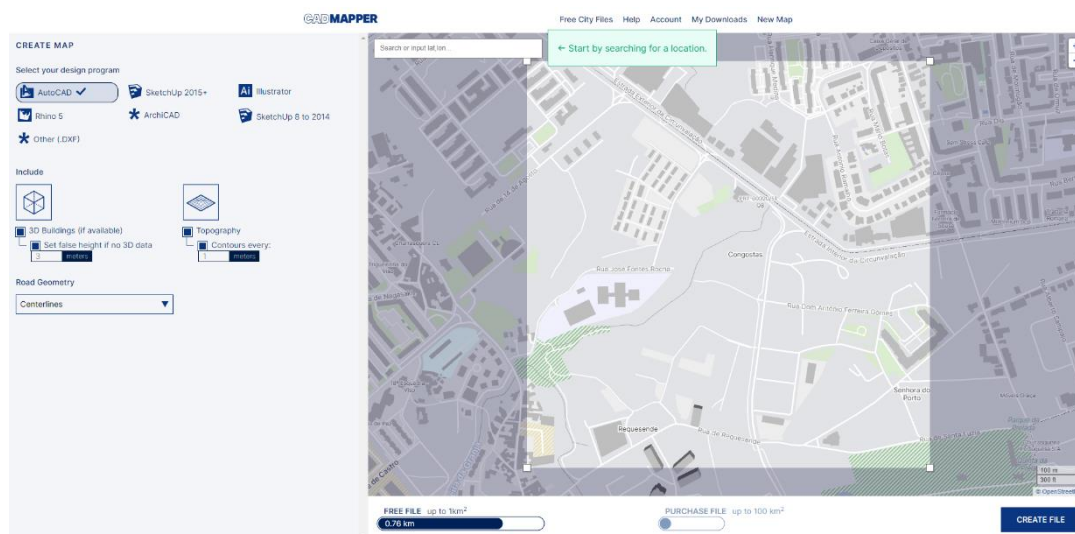


Figura 23 – Cadmapper página web. Definição de espaço de captura.

Também elabora duas peças gráficas no momento de definição do espaço, desenho urbano e topologia (Figuras 24 e 25). A topologia compreende no seu máximo detalhe curvas de 4m em 4m.



Figura 24 – Peça gráfica do desenho urbano obtida por Cadmapper

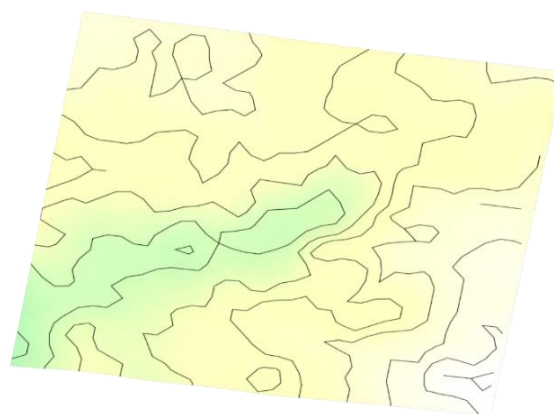


Figura 25 – Peça gráfica da topologia obtida por Cadmapper

3.2.4. Cartografia do Porto

As cartografias constituem a base standard de informações geoespaciais sobre a qual os projetos de transformação e desenvolvimento de espaços são concebidos (Figura 26). São produzidas com rigor e precisão por entidades governamentais locais e equipas especializadas de cartografia, fornecendo uma visão abrangente do espaço: desenho urbano, topografia, hidrologia e outros aspetos essenciais do ambiente natural existente.

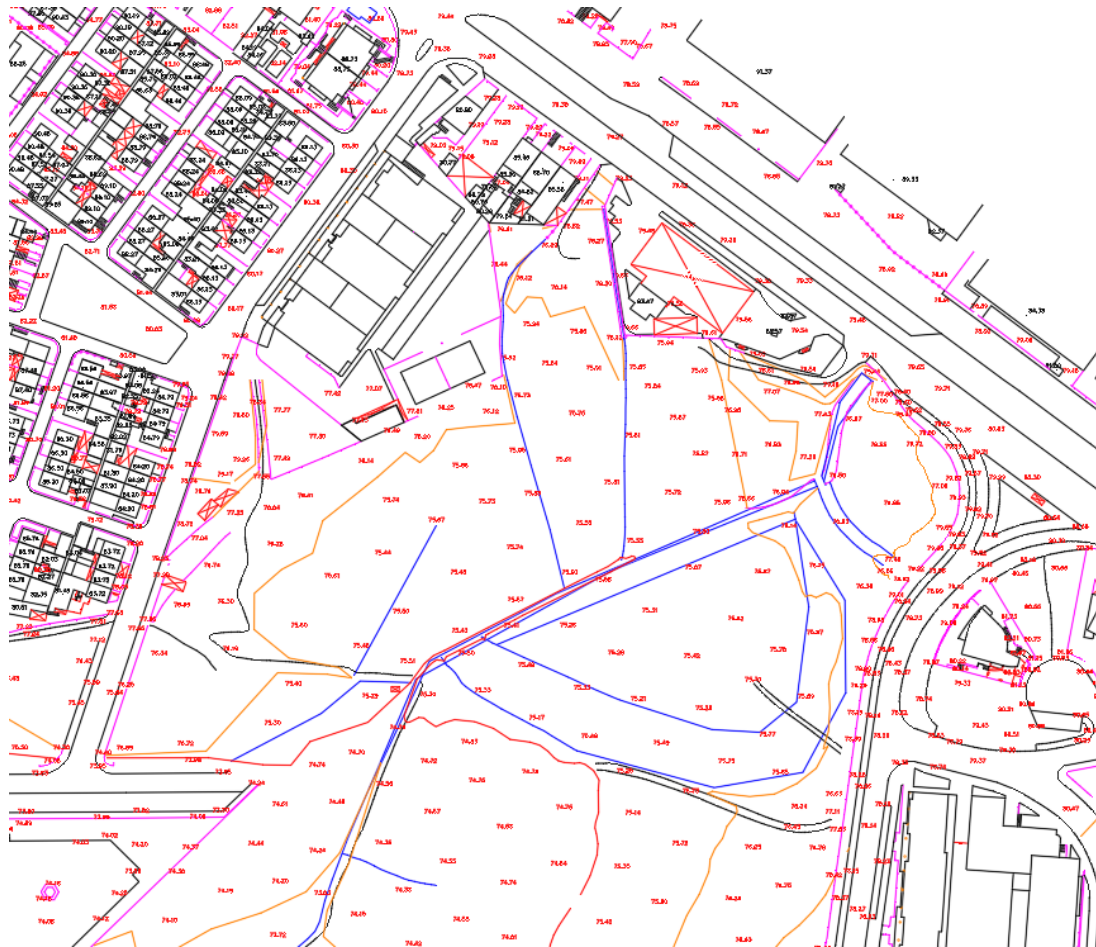


Figura 26 – Base cartográfica do Porto em ambiente CAD

A desvantagem que prevalece nesta ferramenta é a desatualização dos dados, associados aos recursos humanos, tempo, despesas e tecnologia necessária à coleta desta informação. Geralmente, levantamentos geográficos em áreas urbanas, como o Porto, podem ser atualizadas a cada 5 a 10 anos, o que implica projetar sobre uma base e ter em conta características que não refletem a realidade do espaço no momento atual.

3.2.5. Instrumentos de Gestão Territorial

A consulta do Plano Diretor Municipal é um passo fundamental para compreender as diretrizes e regulamentos do uso do solo do espaço em estudo. Estabelece as políticas e normas que orientam a organização da cidade, abordando o zoneamento, as infraestruturas e as suas condicionantes.

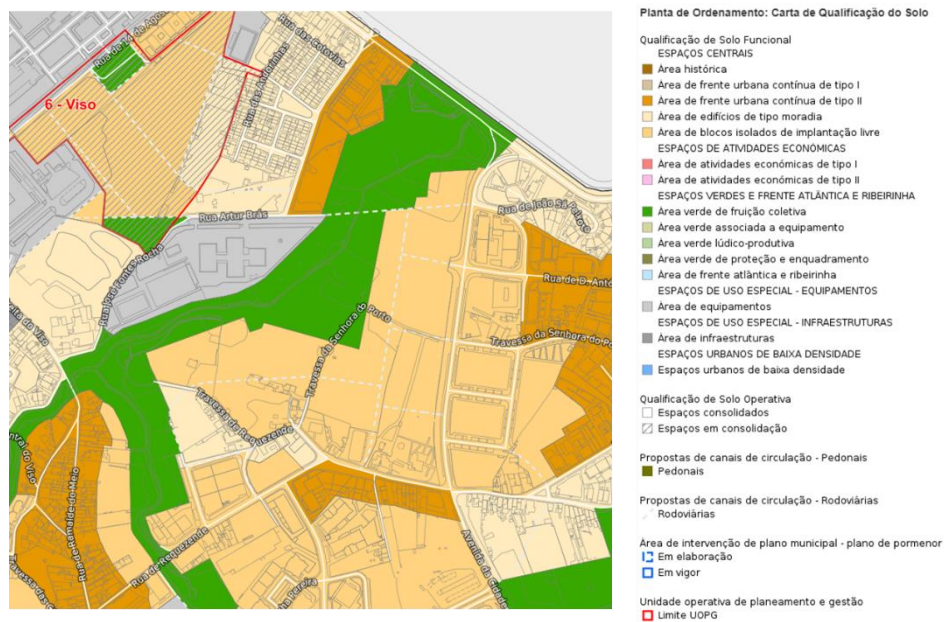


Figura 27 – Planta de Ordenamento: Carta de Qualificação do Solo

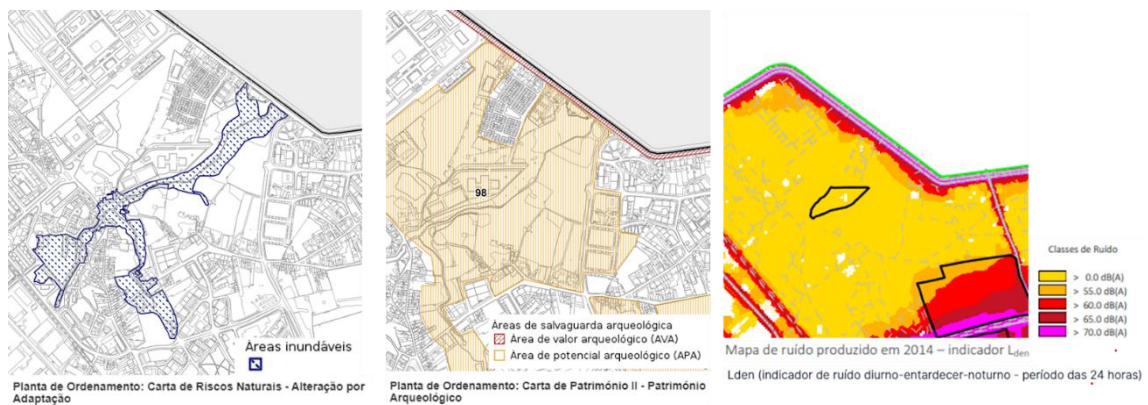


Figura 28 – Planta de Ordenamento Carta de Riscos Naturais, Carta de Património, Mapa de Ruído

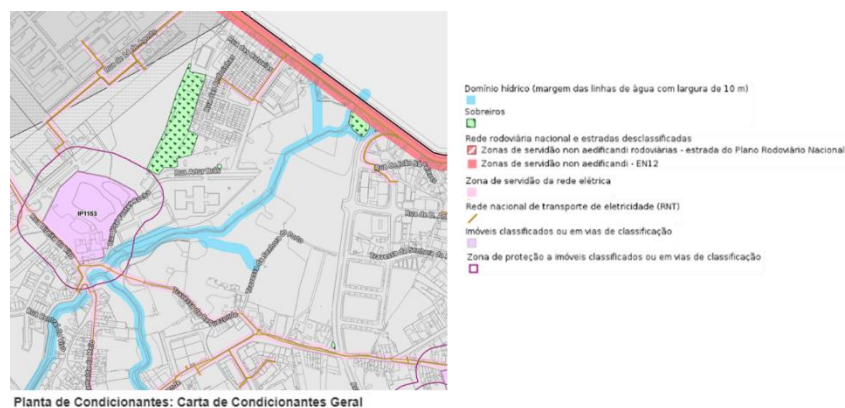


Figura 29 – Planta de Condicionantes: Carta de Condicionantes Geral

3.3. Recolha de dados com drone

3.3.1. Levantamento Aéreo

Para testar as capacidades de análise e diagnóstico de drone num contexto de projeto de arquitetura paisagista fui ao caso de estudo realizar o levantamento prosseguido do seu processamento.

Para a realização deste levantamento aéreo foi utilizado um drone de pequeno porte, DJI Mavic Pro, munido de câmara RGB 4K (Figura 30)¹⁰. Em conjunto com o comando de controle remoto foi utilizado um aplicativo para telemóvel, PIX4Dcapture (Figura 32)¹¹.



Figura 30 – Drone DJI Mavic Pro e comando de controle remoto.

É um software de mapeamento de drone que permite definir planos de voo autónomo em função de uma grelha para realizar a fotogrametria (Figura 31).

O mapeamento do projeto tem de ser realizado de acordo com as necessidades específicas da área. A escolha de altitude, percurso e distância de sobreposição entre as imagens dos voos vão ser ditados pela área da zona que se pretende captar, o detalhe pretendido e as restrições de voo. É ideal realizar o mapeamento em boas condições climáticas por segurança do drone e pela qualidade de imagem do produto final.



Figura 31 – Grelha de fotografias realizadas no caso de estudo.

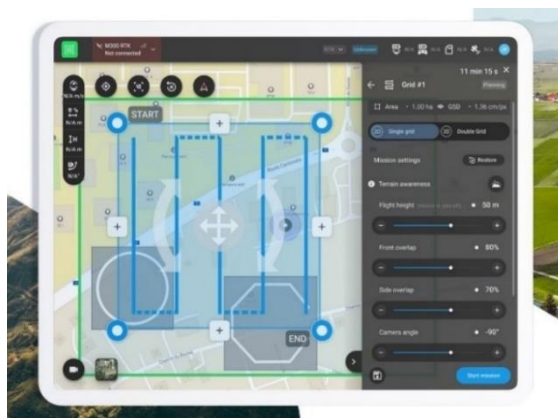


Figura 32 – Software PIX4Dcapture

¹⁰ Fonte: <https://pt.geekbuying.com/item/Mavic-Pro-Mini-Foldable-Quadcopter-372757.html>

¹¹ Fonte: <https://www.pix4d.com/pt/blog/pix4dcapture-pro-mission-planner/>

Para verificar se o clima permite o levantamento aéreo foi utilizado a aplicação de telemóvel UAV Forecast (Figura 34), que a partir de fatores como a chuva, o vento e exposição solar indica se o drone pode levantar voo e se as condições são ideais.

Outro fator necessário a verificar é se a zona em estudo não tem nenhuma restrição de voo associada. Para tal foi utilizada outra aplicação, Voa Na Boa (Figura 33), criado pela ANAC (Autoridade Nacional da Aviação Civil), que permite verificar todas as restrições impostas ao voo em Portugal.



Figura 33 – Aplicação Voa Na Boa



Figura 34 – Aplicação UAV Forecast



Figura 35 – Fotografia captada via drone do caso de estudo, Norte para Sul



Figura 36 – Fotografia captada via drone da envolvente a Sul

Além da coleta pré-planejada do mapeamento aéreo o drone permite fazer um voo livre pela área, captando fotos e vídeo em olho de águia (Figura 35 e 36). Imagens que só seriam possíveis obter através de foto via helicóptero e equipas especializadas associado a um investimento de recursos, tecnologias e tempo.

No contexto do caso de estudo, em que o acesso ao interior é bastante restrito devido à vegetação abundante, permite perceber toda a composição do espaço de forma a obter um desenho de projeto o mais informado possível. Com a câmara de alta qualidade conseguimos capturar close-ups do interior do local para observar em pormenor toda a vegetação mais afastada dos percursos de passeio e proceder à sua identificação (Figura 37).



Figura 37 – Zoom da vegetação existente no interior do caso de estudo.

3.3.2. Processamento de dados

Após a captura de imagens de drone no espaço, é necessário processar os dados através de um software profissional de fotogrametria. Foi utilizado o Pix4Dmapper, software especializado em mapeamento com drones, que a partir das imagens captadas em grelha (Figura 38) usa um algoritmo de fotogrametria para as combinar e criar uma nuvem de pontos precisa (Figura 39).

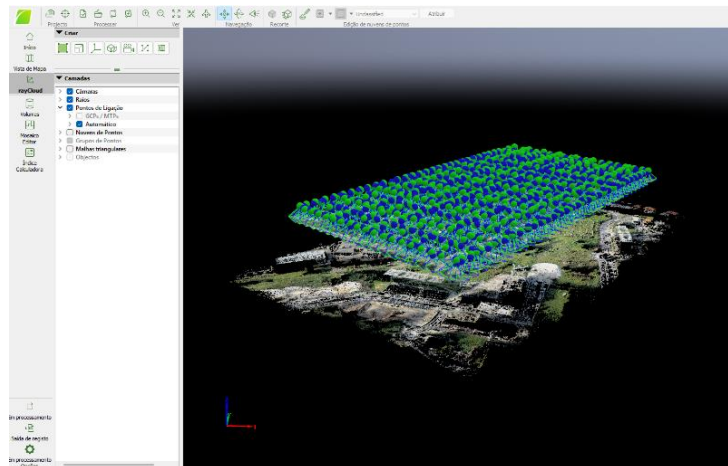


Figura 38 – Criação de uma nuvem de pontos. PIX4DMapper



Figura 39 – Nuvem de pontos. PIX4Dmapper

Por fim, o software gera os produtos principais: um ortofotomapa de alta-definição (Figura 40) e um modelo 3D do espaço (Figura 41). O ortofotomapa permite obter uma imagem atualizada em tempo real do caso de estudo e o modelo 3D permite compreender e medir toda a volumetria que compõe o espaço: topografia, tamanho da vegetação e estruturas construídas.



Figura 40 – Ortofotomapa gerado por PIX4Dmapper



Figura 41 – Modelo 3D gerado por PIX4Dmapper

Estes dois produtos representam informações valiosas para o projeto pois refletem com precisão o estado atual do espaço, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de propostas.

Com o ortofotomapa procedeu-se à sua vectorização num ambiente CAD, atualizando toda a rede de desenho urbano do caso de estudo, de forma a basear a proposta no que realmente existe.



Figura 42 – Comparação entre a imagem mais recente do Google Earth (2021) com o ortofotomapa gerado via PIX4Dmapper

Realizou-se uma comparação entre a imagem satélite mais recente do Google Earth (2021) com o ortofotomapa gerado via drone (Figura 42). O ortofotomapa gerado apresenta muito mais qualidade e rigor que a imagem satélite, sendo possível distinguir detalhes como o lancil, o posto de iluminação e a vegetação.

- **Topografia**

Para uma visualização inicial da topografia usou-se a função *Shader* do PIX4Dmapper, que representa o modelo 3D colorido em função da altitude (Figura 43).

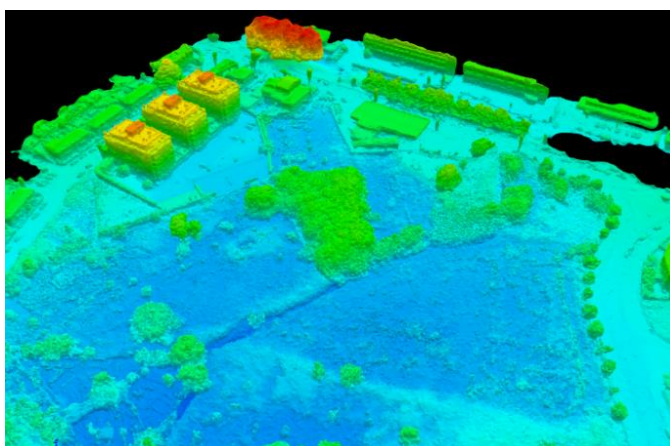


Figura 43 – Altitude representada por cor no modelo 3D em ambiente PIX4Dmapper

O software tem a capacidade de gerar um MDS (Modelo Digital da Superfície) e uma MDT (Modelo Digital do Terreno) em formato CAD e SHP. O MDS é uma representação digital tridimensional que descreve a superfície de uma área, incluindo todos os elementos presentes na superfície, sejam eles naturais ou artificiais (Figura 44). O PIX4Dmapper permite a geração destas superfícies com curvas de nível de intervalos customizáveis.

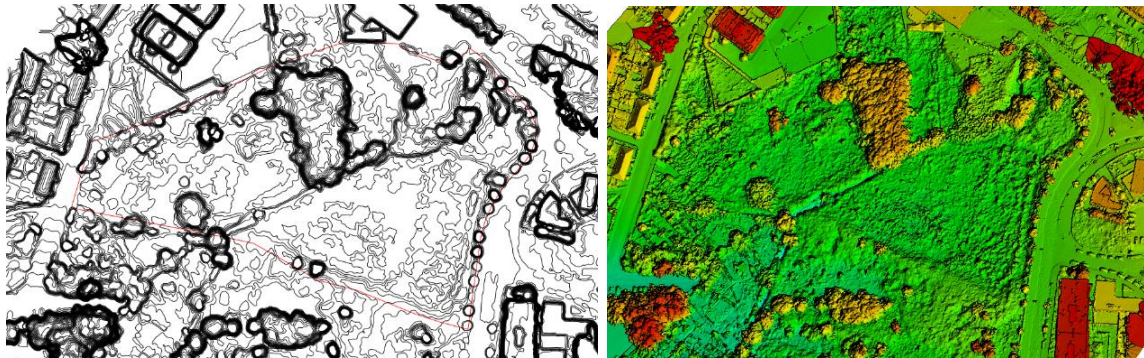


Figura 44 – MDS obtido. PIX4Dmapper

De seguida é criado um MDT (Figura 45): um modelo 3D da superfície do espaço que exclui quaisquer elementos artificiais ou vegetais, como edifícios, árvores, pontes ou outras estruturas humanas, representando apenas as características naturais da superfície terrestre, como montanhas, vales, depressões e rios.

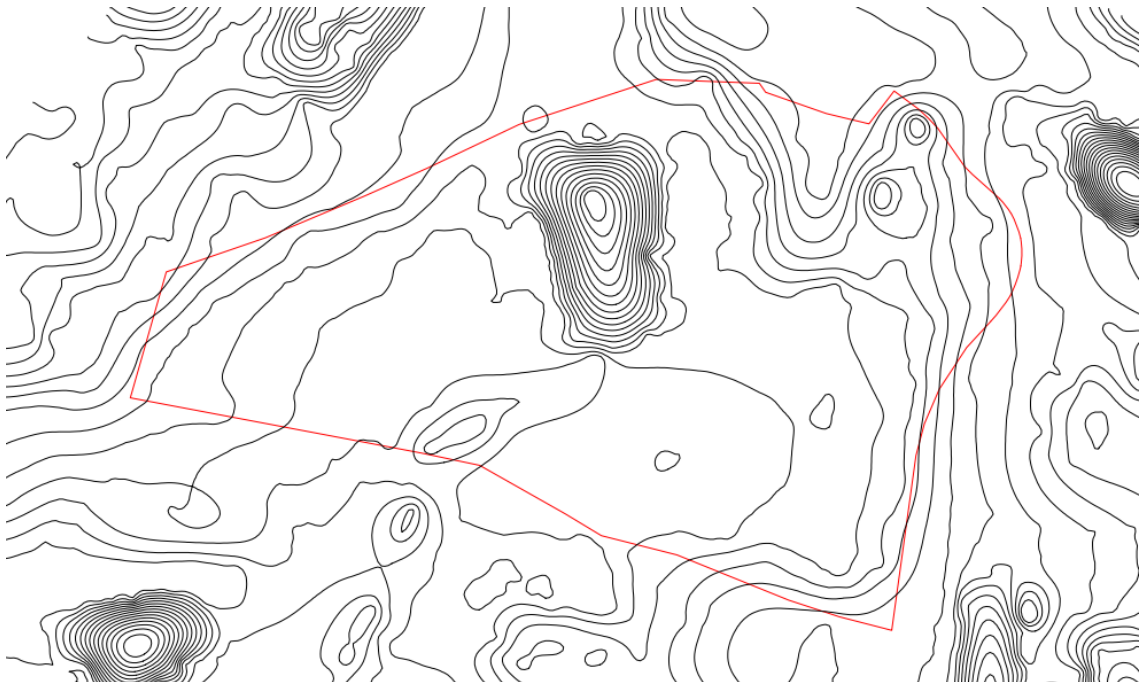


Figura 45 – MDT obtido. PIX4Dmapper

O espaço escolhido para o caso de estudo apresenta uma cobertura arbórea e arbustiva bastante densa, o que dificultou a recolha de topografia obstruída por esta, incluindo compreender o trajeto e a profundidade da ribeira presente. O PIX4Dmapper consegue em grande parte realizar a remoção dos elementos artificiais, mas falha em alguns troços da ribeira cobertos por vegetação e num grande maciço arbóreo no centro do espaço (Figura 47). Neste caso foi preciso intervenção manual para remover a vegetação e compreender a ribeira.

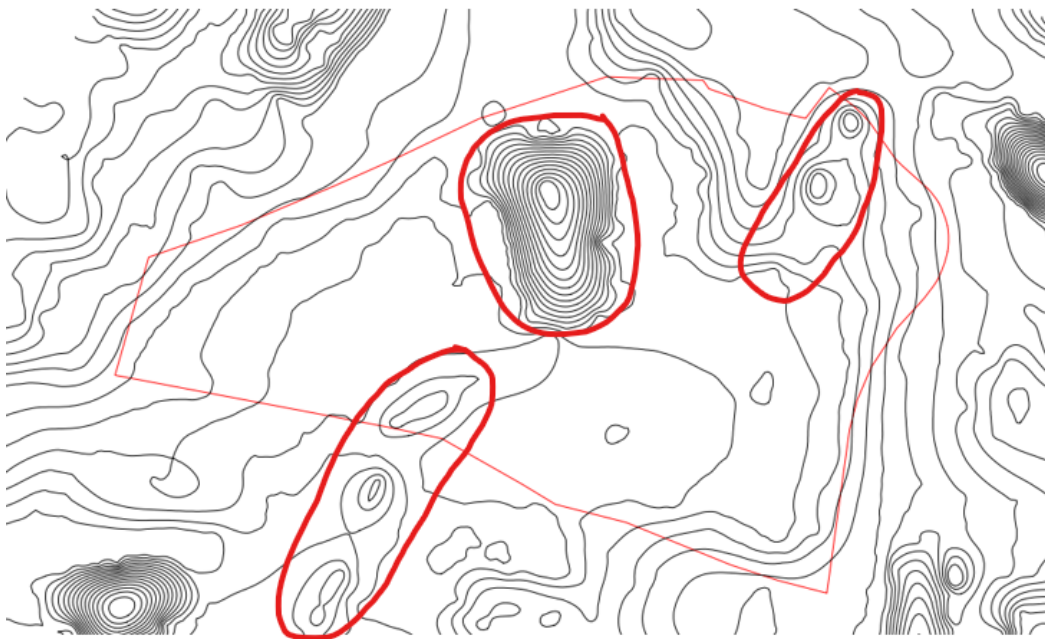


Figura 46 – Irregularidades na criação do MDT



Figura 47 – Reconstrução manual das curvas de nível

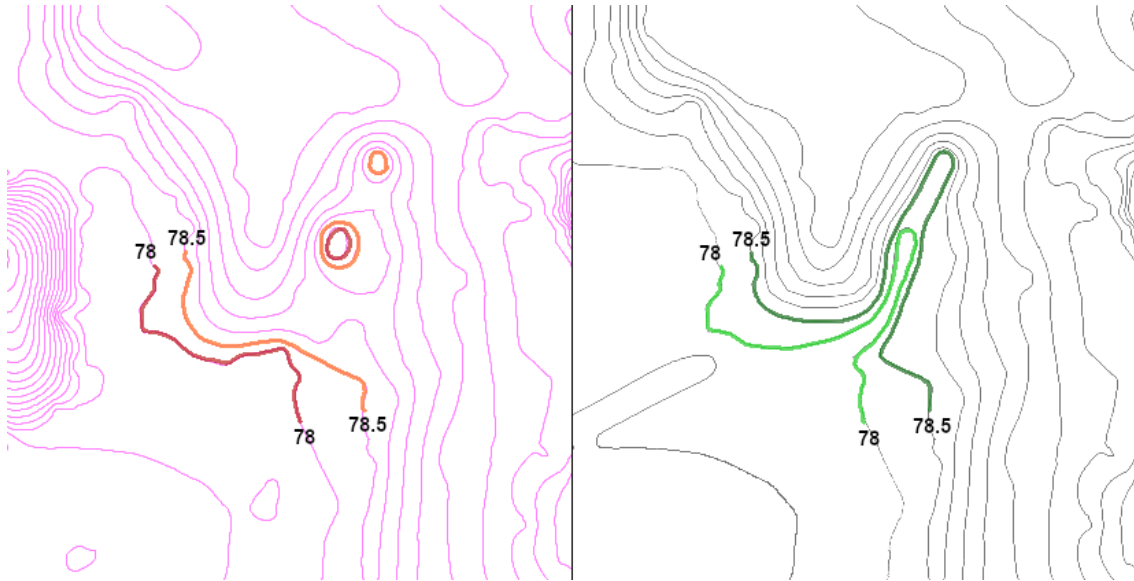


Figura 48 – Reconstrução manual das curvas de nível

Foi possível reconstruir da melhor forma as curvas de nível que compreendem a ribeira através de aberturas entre a vegetação que permitiram visualizar e perceber a profundidade em vários pontos (Figura 48).

Foi usada a ferramenta “Timelapse” do Google Earth para encontrar uma imagem do local com vegetação menos desenvolvida de forma a ser possível observar o percurso da ribeira na sua totalidade (Figura 49) e sobrepor com o ortofotomapa.



Figura 49 – Percurso da ribeira visível em 2013

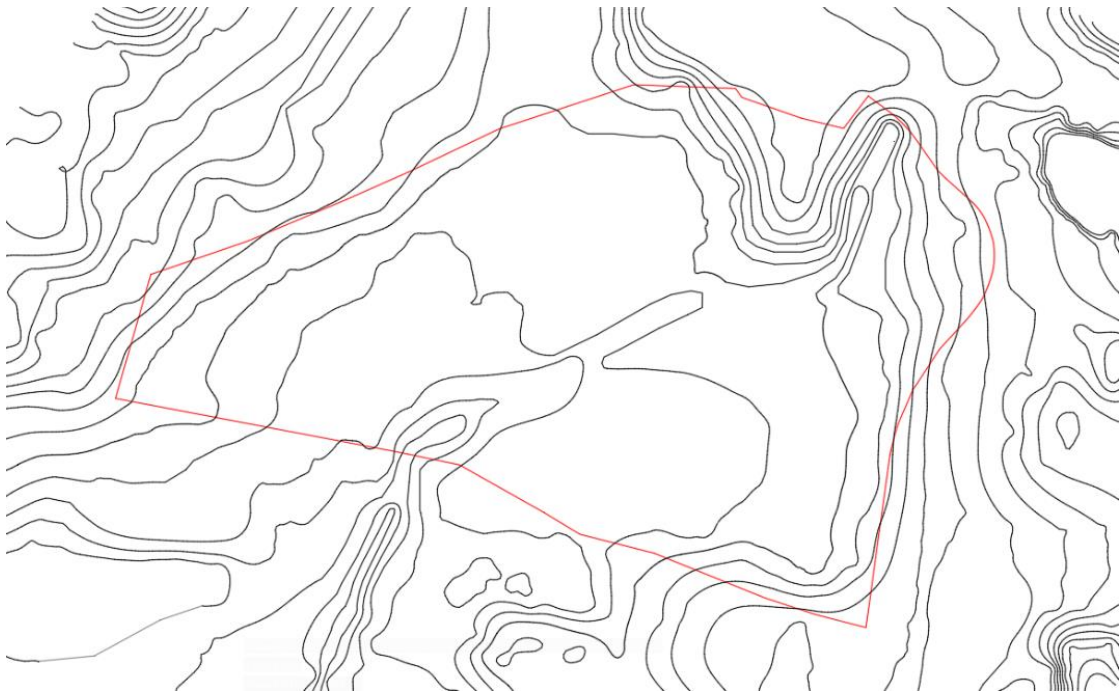


Figura 50 – Curvas de nível finais após correções

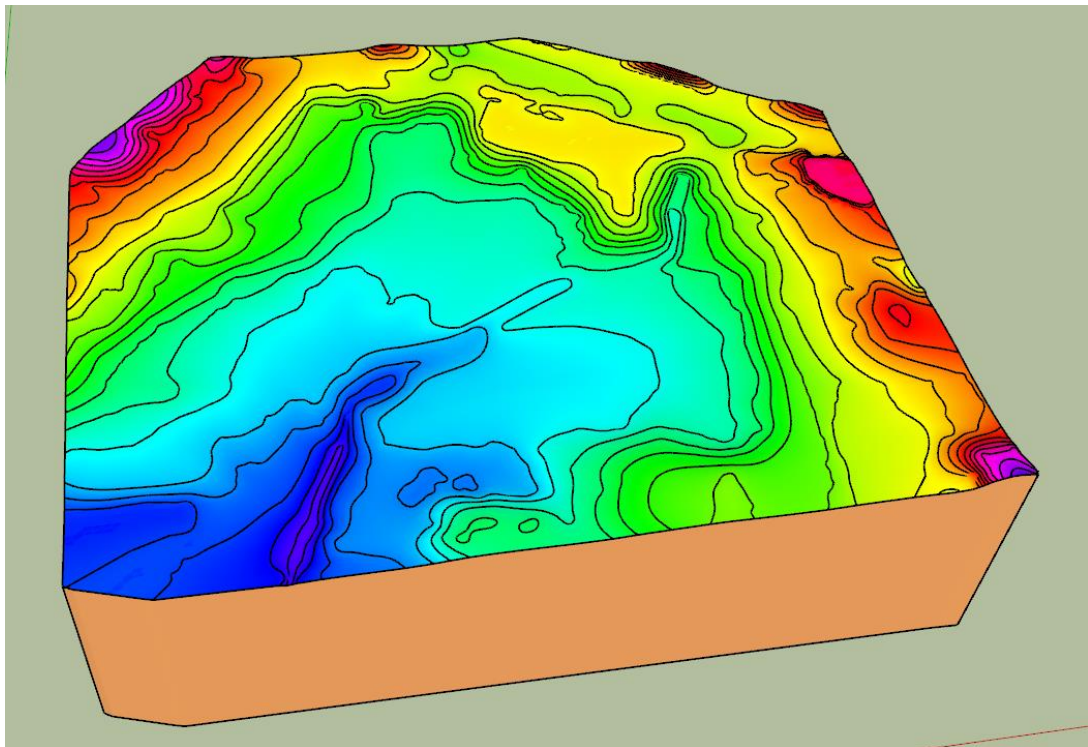


Figura 51 – Visualização da elevação da topografia via Sketchup

As curvas de nível finais (Figura 50) foram importadas no Sketchup e criado um modelo 3D para melhor visualizar a topografia obtida do espaço (Figura 51).

- **Análise de detalhes**

O programa PIX4Dmapper permite ainda realizar medições planimétricas como cálculo de área, perímetro e distâncias diretamente no ortofotomapa e ainda cálculos de volume no próprio modelo tridimensional.

O modelo 3D obtido do drone permitiu mais clareza em áreas que exigiam mais definição como a saída da ribeira na nascente (Figura 53) e a fronteira com os muros das bombas de gasolina (Figura 52). Através de medições no PIX4Dmapper diretamente no modelo produzido, conseguimos obter dimensões de elementos construídos que de outra forma seriam muito difíceis de obter de forma precisa.

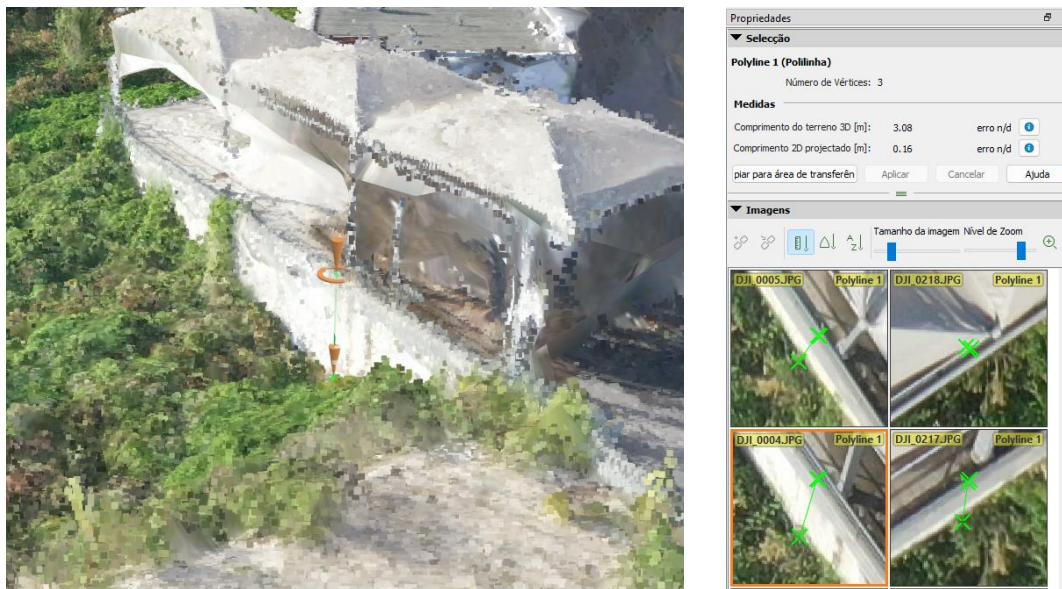


Figura 52 – Pormenor de medição no modelo 3D, muro das bombas de gasolina. PIX4Dmapper



Figura 53 – Pormenor de medição no modelo 3D, saída da ribeira. PIX4Dmapper

Outra funcionalidade útil que o PIX4Dmapper oferece para visualização do espaço é a criação de vídeos, permitindo a definição de trajetórias de animação para navegar o espaço em modo pássaro e close-ups de pormenores (Figura 54). Útil como guia virtual na apresentação do caso de estudo à equipa de trabalho.

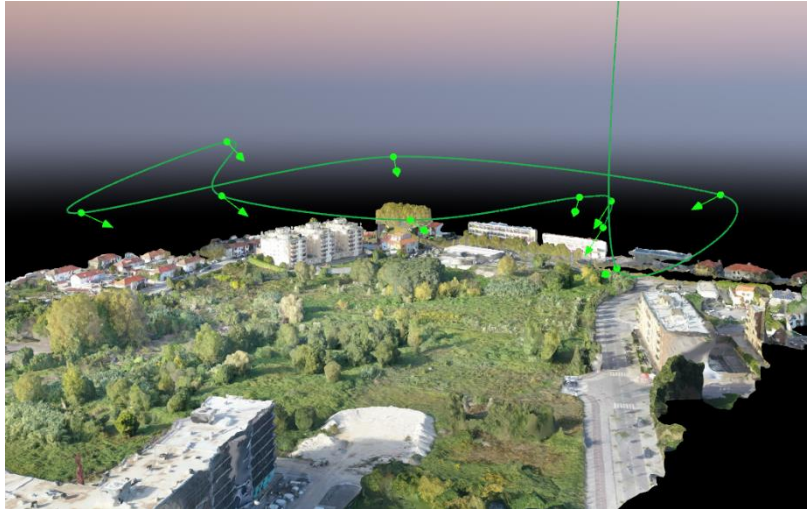


Figura 54 – Trajetória de animação de vídeo. PIX4Dmapper

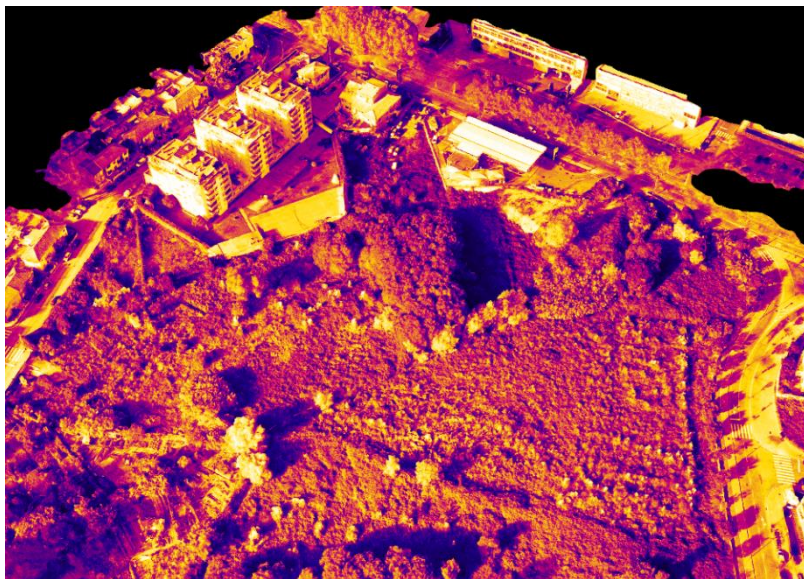


Figura 55 – Análise de comportamento térmico. PIX4Dmapper

O PIX4Dmapper também pode realizar análises de comportamento térmico, desde que o drone em uso estiver munido de uma câmara térmica (Figura 55). Isso permite entender as dinâmicas de calor e sombra do local assim como a capacidade de os diferentes elementos presentes (edifícios, vegetação e corpos de água) reter ou dissipar o calor.

4. Projeto: Parque Urbano do Viso

Realizada a análise e diagnóstico do local procede-se ao desenvolvimento da proposta com base nos dados obtidos pelos métodos digitais.

4.1. Programa

O projeto para o Parque Urbano do Viso surge como resposta a diversos problemas e oportunidades identificadas na área. É um espaço com vegetação em crescimento livre que carece de ordenamento de território. Vias como a Estrada da Circunvalação (EN12) a Norte e a Avenida das Congostas a Este têm elevado tráfego viário ao longo do dia estabelecendo um ruído intenso constante. Adjacente ao local a Norte também existe um posto de combustível, que além da poluição visual, constitui uma fonte de poluição atmosférica substancial junto com as vias.



Figura 56 – Envolvente do projeto

A reabilitação da ribeira é vital na preservação do ecossistema e no controlo do sistema hídrico. A oportunidade de reforçar a estrutura verde, criando um corredor verde que se conecta à Quinta do Rio e crie uma rede de conexões com os espaços verdes envolventes. A presença de uma considerável vegetação ripícola associada à ribeira oferece um potencial único.

Como objetivo principal busca-se melhorar a drenagem do espaço, crucial em uma área sujeita a cheias que costumam alagar em quase toda a sua extensão. Aumentar a biodiversidade local é outra meta, através do reforço da diversidade da comunidade ripícola. A introdução estratégica de vegetação desempenha um papel

fundamental, não apenas para embelezar o local, mas também para filtrar e reduzir a poluição do ar proveniente da Estrada da Circunvalação.



Figura 57 – Limite do projeto

A proposta visa organizar o espaço de maneira a proporcionar benefícios diretos à população local. Zonas de lazer e descanso serão integradas, transformando o Parque Urbano do Viso em um ambiente que não só resolve questões ambientais e urbanísticas, mas também num lugar agradável e funcional para a comunidade desfrutar.

Objetivos:

- Melhorar a drenagem do espaço – é um local em zona de cheia que costuma alagar em quase toda a sua extensão
- Aumentar a biodiversidade local através de um reforço da diversidade da comunidade ripícola
- Introduzir vegetação para filtrar e reduzir a poluição do ar proveniente da estrada da circunvalação.
- Organizar o espaço de forma que a população local possa usufruir dele, proporcionando zonas de lazer e descanso.

4.2. Proposta



Figura 58 – Plano Geral

Esta proposta teve por base solucionar as cheias recorrentes provocadas pela falta do controlo da água da ribeira que atravessa o espaço. Para tal foi definida uma grande bacia de retenção para absorver o excesso de caudal da ribeira e auxiliar na captura de águas pluviais: a bacia é modelada de forma a acomodar um volume de água equivalente ao de uma chuva com período de retorno de 100 anos. Uma peça hidráulica é inserida na ponta sul da bacia onde conecta com a ribeira, de forma a conter a água nesses momentos.

	Curvas de Nível (0,5m)
	Prado
	Ribeira
	Caminho
	Ponte
	Caminhos
	Árvores caducifólias
	Árvores perenifólias
	Arbustos

Quando não estiver a exercer essa função, a bacia servirá também como clareira e espaço de lazer. A Ribeira da Granja foi alargada de forma a também acomodar um volume hídrico maior e as suas margens suavizadas e fixadas com vegetação ripícola.



Figura 59 – Representação realista da proposta em 3D

No desenho da circulação privilegiou-se a sua fluidez, usando linhas sinuosas e grandes espaços de intersecção, com pendente reduzida em todos os seus percursos permitindo o acesso a pessoas com dificuldades de mobilidade. Definiu-se um anel de circulação em volta de todo o parque para permitir um percurso contínuo e estender o seu uso pedonal. Deste, fazem parte dois eixos de circulação, Norte - Sul, ligando a Estrada da Circunvalação a um possível corredor verde a ser criado, percorrendo toda a extensão da Ribeira da Granja até à Quinta do Rio. E, Nascente-Poente, ligando a Avenida das Congostas ao Bairro Social de Santo Eugénio e à Escola do Viso.

A distribuição das espécies vegetais fez-se a partir da divisão do espaço por barreiras arbustivas, que quebram o visual e constroem espaços mais abrigados em alternância com espaços de clareira abertos criando diferentes tipos de experiências. Existe um cuidado na colocação de árvores de forma a proporcionar um jogo de perspetivas e luz. O perímetro do parque face às vias de circulação principais é percorrido por sebes verdes que servem como barreira visual e sonora.

Quanto às árvores existentes, foram mantidas espécies protegidas de sobreiros no limite Nordeste em fronteira com a EN12 e aproveitadas várias árvores que compunham o maciço arbóreo-arbustivo no centro do local para a definição de um bosque.



Figura 60 – Plano de Plantação

No projeto de plantação priorizou-se a escolha de espécies autóctones e ripícolas dada as características hídricas do espaço. Grupos arbustivos de salgueiros, sabugueiros, murta-comum e pilriteiros são colocados em todo o percurso da ribeira para ajudar a estabilizar as margens da ribeira assim como amieiros, freixos e choupos. No limite norte em fronteira com a EN12 e as bombas de gasolina é proposta uma sebe arbustiva densa de *Prunus lusitanica* pontuada com *Populus nigra* de forma a isolar o

espaço visualmente destes elementos menos desejáveis. Bétulas constituem alinhamentos nos caminhos e magnólias são colocadas de forma esparsa a marcar os pontos de acesso, como referência. Pontuando também o espaço em termos de perenifólias com valor ornamental temos *Pinus pinea* e *Fagus sylvatica* 'purpurea', com tons vermelhos. *Erica arborea* e *Arbutus unedo*, além de pontuarem os núcleos arbustivos, também constituem a maioria da sebe que percorre todo o limite Este como barreira visual.

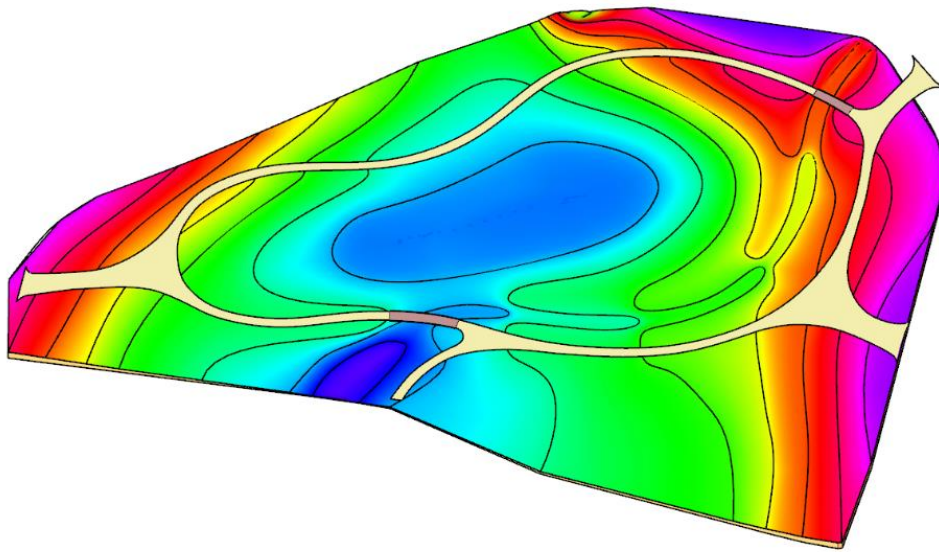


Figura 61 – Visualização da modelação proposta



Figura 62 – Representação 3D do estrato arbustivo



Figura 63 – Representação 3D da proposta



Figura 64 – Simulação. Nascente da Ribeira da Granja



Figura 65 – Simulação. Ponto de entrada Oeste



Figura 66 – Simulação. Ponto de entrada Este



Figura 67- Simulação. Entrada do bosque



Figura 68 – Simulação. Clareira central / Bacia de retenção



Figura 69 – Simulação. Ponte Sul

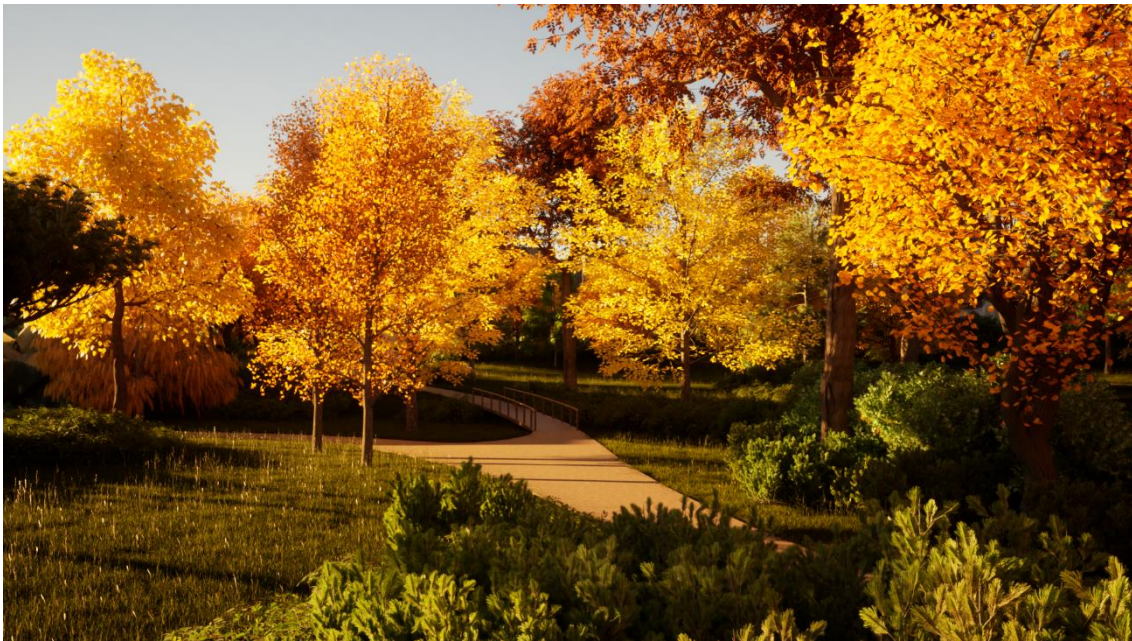


Figura 70 – Simulação. Bifurcação Sul.

5. Discussão

O projeto apresentava alguns desafios que era necessário vencer como foi apresentado no programa. O local era um espaço verde expectante sem uso definido, sujeito a ruído de tráfego extenso e poluição do ar e apresentava a oportunidade para a sua reabilitação. O espaço, em zona de cheia, e atravessado por uma ribeira ao ar livre, precisava de ser conhecido em detalhe na sua topologia, para poder apresentar soluções em que em que o leito de cheia pudesse ser controlado e o excesso de água contido no espaço.

A modelação que obtive dos métodos clássicos apresentava problemas. O Google Earth, não me permitiu obter informação com definição suficiente e o modelo 3D mais recente que se conseguia visualizar datava de 2018. O Cadmapper forneceu um ficheiro CAD com curvas de nível, mas com uma resolução máxima de 4 metros, que apenas permitem ter uma visão simplificada do terreno. A Cartografia do Porto apresentava uma topografia bastante detalhada, com pontos cotados e curvas de nível, mas com informação já datada. A modelação 3D que obtive através do drone e PIX4Dmapper permitiu-me compreender a topografia do espaço em tempo real e com nível de precisão superior ao Google Earth e Cadmapper, além de que me possibilitou reconstituir a topografia em áreas obstruídas por vegetação, nomeadamente, o maciço arbóreo no centro do espaço, e a ribeira, na sua totalidade.

Comparando com a cartografia, o drone não substitui a precisão e rigor obtido por levantamento topográfico em termos de execução do projeto, mas, contudo, fiquei munido desta informação desde o momento inicial para o desenvolvimento do estudo prévio. Por comparação das curvas de nível, onde possível, pude verificar também que os dados drone correspondiam aos cartografados.

Outro aspeto, relevante para este projeto, dado que exigia movimento de terras, é a métrica do espaço. Tanto o modelo 3D do Google Earth como o do drone permitem medições diretas de distâncias, áreas e volumes. No entanto, verifica-se de novo a vantagem do drone em precisão e na correspondência dos elementos presentes à realidade.

Outro aspeto muito relevante do drone é que este permite obter um ortofotomapa muito detalhado que reflete a realidade do espaço em tempo real e permite identificar as estruturas existentes e o estado da vegetação. Caso não utilizasse este recurso teria de recorrer à fotografia aérea, o que implicaria custos elevados no projeto. O drone

apenas requer um utilizador num espaço curto de tempo, neste caso concreto, foi necessária uma hora, e implica apenas o investimento na compra do aparelho e a obtenção de um certificado, que pode ser gratuito. Os custos de manutenção e operação podem-se considerar negligenciáveis. De realçar que esta facilidade de uso permite a realização de vários levantamentos, permitindo também o estudo do comportamento sazonal da vegetação.

Outro desafio que o espaço apresentava era o difícil acesso e travessia a algumas zonas, devido à vegetação densa e falta de caminhos pedonais. O drone permitiu o acesso a vistas tipo olho de pássaro em fotografia e vídeo, tornando acessíveis à vista essas zonas e permitindo um nível de realidade próximo ao percebido ao nível do solo.

6. Conclusão

As vantagens da utilização do drone como método de levantamento e análise digital são evidentes na realização deste projeto. Comparado com os outros métodos, forneceu informação em tempo real e suficientemente detalhada para resolver os desafios iniciais que o projeto apresentava. Foi um auxiliar perfeito na minha busca por obter um conhecimento da realidade do local, através dos produtos gerados.

Desde o primeiro dia, tive acesso ao ortofotomapa, um modelo 3D e fotografias aéreas do local, em tempo real para o desenvolvimento do estudo prévio. Em termos de projeto de execução ele provavelmente não substitui o levantamento topográfico, contudo, fornece uma base sobre a qual o arquiteto paisagista pode constituir uma proposta completa.

Os outros métodos no comparativo, apesar de não fornecerem informação atualizada, foram úteis no projeto pela facilidade de acesso aos dados, e particularidades como voltar atrás no tempo (Google Earth) e ter acesso a imagens satélite e fotografias que refletem a evolução do espaço ao longo do tempo. Também o acesso a peças gráficas com boa representação para utilização em esquemas conceituais e comunicação do projeto através do Cadmapper.

A proposta de projeto foi realizada com sucesso sendo a integração do drone como método de levantamento e análise digital representado uma mais-valia e um complemento aos métodos existentes.

Referências Bibliográficas

Amoroso, N. (Ed.). (2015). Representing landscapes: digital.

ANAC. (s.d.). *Enquadramento para a Operação de Aeronaves Não Tripuladas (UAS - Drones)*. Obtido de ANAC -Autoridade Nacional de Aviação Civil:
https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/enquadramento_regras_procedimentos/enquadramento_uas/Paginas/Enquadramento_uas.aspx

Bill, R. B. (2022). Geospatial Information Research: State of the Art, Case Studies. *Geospatial Information Research: State of the Art, Case Studies*.(90), pp. 349-389.

Blauer, Brandon (2021). "Augmenting the Site Analysis Phase of the Design Process Using Virtual Reality and Drones". All Graduate Plan B and other Reports. 1547.

Cadmapper: <https://cadmapper.com/>

Cilek, A. &. (2020). Generation of High-Resolution 3-D Maps for Landscape Planning and Design Using UAV Technologies.

Definição de drone: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/drone>

George, Benjamin & Park, Keunhyun. (2020). Flying High: A Case Study of the Integration of Drones into a Landscape Architecture Curriculum. 5. 246-253. 10.14627/537690026.

Google Earth: <https://www.google.com/intl/pt-PT/earth/about/>

LaGro Jr, J. A. (2007). *Site Analysis: A Contextual Approach to Sustainable Land Planning and Site Design. 2nd Edition*. Wiley.

Kullmann, K. (2017). High Fidelity: Drone Mapping Fills a Missing Link in Site Representation. *Landscape Research*

Kullmann, K. (2018). The drone's eye: applications and implications for landscape architecture. *Landscape Research*.

Kurgan, L. (2013). *Close Up at a Distance. Mapping, Technology, and Politics*. doi:10.2307/j.ctt14bs159

Lynch, K. (1971). *Site Planning 2nd Edition*. The M.I.T. Press.

- Mengots, A. (2016). Proceedings of the Latvia University of Agriculture: Landscape Architecture & Art, 8(8). *Review of digital tools for landscape architecture.*
- Nijhuis, S. &. (2012). Design-related research in landscape architecture. *J. of Design Research*. 10(10.1504/JDR.2012.051172), 239 - 257.
- Rizo-Maestre, C. G.-A.-G.-M.-G. (2020). UAV BIM: Incorporation of Photogrammetric Techniques in Architectural Projects with Building Information Modeling Versus Classical Work Processes. *Remote Sensing*, 12(14), 2329. doi:10.3390/rs12142329
- OpenStreetMap: <https://www.openstreetmap.org/>
- PIX4Dcapture: <https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture/>
- PIX4Dmapper: <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software/>
- Strava: <https://www.strava.com/heatmap#17.01/-8.63611/41.17903/blue/all>
- Strom, S. N. (2013). *Site engineering for landscape architects*. . John Wiley & Sons.
- Yazici, Kubra & Kalayci Önaç, Ayse & Gülgün, Bahriye. (2018). The Importance of UAV (Drone) Usage According to Landscape Architecture.