

MARIA RAFAELA DIAS DA SILVA

**PLANEAMENTO DE ESPAÇOS VERDES URBANOS
TENDO POR BASE A CONDUÇÃO DA REGA E A
DETEÇÃO REMOTA**

**CASO DE ESTUDO: ESPAÇOS VERDES URBANOS DE SÃO
BRÁS DE ALPORTEL**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Faculdade de Ciências e Tecnologia
2017

MARIA RAFAELA DIAS DA SILVA

**PLANEAMENTO DE ESPAÇOS VERDES URBANOS
TENDO POR BASE A CONDUÇÃO DA REGA E A
DETEÇÃO REMOTA.**

**CASO DE ESTUDO: ESPAÇOS VERDES URBANOS DE SÃO
BRÁS DE ALPORTEL**

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Prof. Dr.^a Celestina Maria Gago Pedras

Prof. Dr.^a Helena Fernandez (coorientadora)



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2017

Declaração de Autoria de Trabalho

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Maria Rafaela Dias Da Silva

Copyright

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o apoio, incentivo e ajuda de várias pessoas às quais gostaria de dar o meu mais sincero agradecimento.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer às minhas orientadoras, a Professora Celestina Pedras e a Professora Helena Fernandez, pela disponibilidade, pela orientação, bem como por todos os ensinamentos transmitidos que foram fundamentais para a elaboração desta tese.

À Câmara Municipal de São Brás de Alportel, especialmente à Engenheira Telma Rasquinho, por ter aceite este desafio, pela simpatia e pela disponibilização de dados.

Aos Professores, Fernando Martins e José Rodrigues, pelos conhecimentos transmitidos e sempre pronta disponibilidade.

À minha família, principalmente aos meus pais e ao meu irmão, pela paciência, por acreditarem em mim e por me terem proporcionado condições para que pudesse, não só, frequentar o ensino universitário, como para que pudesse concluir outra fase da minha vida.

Ao meu namorado, Bruno, por todo o companheirismo, incentivo e carinho, que tornou esta fase muito mais fácil.

Ao meu amigo e colega de curso, Gonçalo Lopes, por ter sido uma pessoa fundamental nesta fase, pela ajuda, disponibilidade, companhia e acima de tudo pela sua sinceridade e ânimo.

Aos meus amigos e colegas de curso, Melanie, Cristina, Cláudia e Gil, pela amizade, encorajamento e por todos os momentos que passamos juntos que contribuíram para aquilo que sou e sempre me fizeram sentir em casa.

E por fim, aos meus amigos, Maria, Vasco, Mauro e Mário, pela camaradagem, que mesmo longe, sempre me fizeram acreditar nas minhas capacidades, e a todos aqueles que de uma maneira ou outra contribuíram com grande ou pequena influência durante este período da minha vida.

RESUMO

A crescente tendência para a urbanização das cidades combinada com o crescimento da população, tem resultado num aumento da procura pelos recursos hídricos. Em climas mediterrâneos tem-se procurado usar a água de uma forma sustentável, no entanto, muitas vezes, a água que é usada na rega dos espaços verdes urbanos é desperdiçada e não é usada de uma forma racional. Uma gestão sustentável da água de rega exige uma boa compreensão das necessidades hídricas de uma determinada vegetação, de modo a diminuir possíveis impactes ambientais e aumentar a eficiência do uso da água.

Neste trabalho são analisadas as condições atuais da manutenção dos espaços verdes do município de São Brás de Alportel, onde é feita uma caracterização da vegetação presente nos vários jardins, são analisados os dados climáticos da região, realizadas avaliações aos sistemas de rega, determinadas as necessidades hídricas da vegetação e por fim, é determinado o índice de vegetação NDVI para os vários espaços verdes, de forma a estabelecer uma relação entre este e o estado hídrico das plantas.

Para a maior parte dos jardins foi possível estabelecer uma relação entre as suas necessidades hídricas e o NDVI, mas em alguns casos, determinou-se que este índice é facilmente influenciado por áreas que apresentam sombras. De uma forma geral, o NDVI foi considerado um bom índice para estudar a vegetação, que permite observar diferenças no estado e desenvolvimento da vegetação mensalmente.

Palavras-chave: Espaços verdes urbanos, Evapotranspiração, Deteção remota, Índices de vegetação, Gestão sustentável dos recursos hídricos.

ABSTRACT

The growing trend towards urbanization combined with the population growth, has been resulting in an increasing demand for water resources. In Mediterranean climates, it has been sought to use water in a sustainable way, however, the water that is used in the irrigation of urban landscapes is often wasted and is not used in a rational way. A sustainable irrigation water management requires a good understanding of the water supplies of the vegetation, in order to reduce potential environmental impacts and increase the water use efficiency.

This study analyses the current maintenance conditions of São Brás de Alportel's gardens, thus a characterization of the present vegetation in several examined gardens is made, the climatic data of the region is analysed, the irrigation systems are evaluated, the water supplies of the vegetation are, as well, analysed, and finally, the NDVI vegetation index is determined for the several greenspaces to make possible to establish a relation between the index and the water condition of the plants.

For the most part of the gardens it was possible to establish a relation between their water requirements and the NDVI, but in some cases, it was determined that this index can be easily influenced by shadow areas. In general, the NDVI was considered a good index to study the vegetation, which allows to observe monthly the differences in the vegetation state and development.

Keywords: Urban greenspaces, Evapotranspiration, Remote sensing, Vegetation index, Sustainable management of water resources.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2	OBJETIVOS	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	NECESSIDADES HÍDRICAS DA VEGETAÇÃO	3
2.1.1	<i>Evapotranspiração</i>	3
2.1.2	<i>Evapotranspiração de referência</i>	4
2.1.3	<i>Evapotranspiração de paisagem</i>	5
2.1.3.1	Coeficiente de paisagem	6
2.1.3.2	Coeficiente de vegetação	7
2.1.3.3	Coeficiente de densidade	7
2.1.3.4	Coeficiente de microclima	7
2.1.3.5	Coeficiente de Stress	8
2.2	SISTEMAS DE REGA	9
2.2.1	<i>Uniformidade dos sistemas de Rega</i>	9
2.3	DETEÇÃO REMOTA	11
2.3.1	<i>Índice de Vegetação por Diferença Normalizada</i>	14
3	CASO DE ESTUDO	17
3.1	LOCALIZAÇÃO	17
3.2	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.2.1	<i>Temperatura do Ar</i>	19
3.2.2	<i>Precipitação</i>	20
3.2.3	<i>Vento</i>	21
3.2.4	<i>Radiação</i>	22
3.3	CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
3.4	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REGA DA ÁREA DE ESTUDO	23
4	METODOLOGIA	26
4.1	AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE REGA	26
4.1.1	<i>Avaliação do sistema de rega por aspersão</i>	26
4.1.2	<i>Avaliação do sistema de rega por microrrega</i>	28
4.1.3	<i>Dotação Real</i>	29
4.2	NECESSIDADES HÍDRICAS DA VEGETAÇÃO	29
4.2.1	<i>Dados Meteorológicos</i>	30
4.2.2	<i>Coeficientes de Paisagem</i>	31
4.3	DETEÇÃO REMOTA	33
4.3.1	<i>Equipamento</i>	33
4.3.2	<i>Plano de Voo</i>	34
4.3.3	<i>Execução do voo</i>	35
4.3.4	<i>Tratamento dos Dados</i>	36
4.3.5	<i>Índice de Vegetação - NDVI</i>	38
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
5.1	DADOS METEOROLÓGICOS DA REGIÃO	39
5.2	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE REGA	41
5.3	NECESSIDADES HÍDRICAS DA VEGETAÇÃO	44
5.4	DETEÇÃO REMOTA	55

5.4.1	<i>Ortofotomapas</i>	55
5.4.2	<i>Índice de Vegetação</i>	58
5.4.3	<i>NDVI e as Necessidades hídricas</i>	75
6	APLICAÇÃO: JARDINS DE SÃO BRÁS DE ALPORTEL	80
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
8	BIBLIOGRAFIA	86
	ANEXOS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Sistema de deteção remota (Fonte: adaptado de Lillesand & Kiefer, 1987).	11
Figura 2.2- Espectro eletromagnético (Fonte: NASA, 2015).	12
Figura 2.3 - Refletância da vegetação, da água e do solo em diferentes comprimentos de onda (Fonte: SEOS, 2016).	13
Figura 2.4 – Relação entre a condição da vegetação e a refletância nos espectros de luz visível e infravermelho próximo (Fonte: adaptado de Agribotix, 2016).	15
Figura 3.1 – Mapa das divisões administrativas da região do Algarve e localização do município de São Brás de Alportel (Fonte: INE, 2012).	17
Figura 3.2 – Localização dos espaços verdes urbanos no município de São Brás de Alportel (Fonte: Autora, Mapa-base: ©OpenStreetMap).	17
Figura 3.3 – Localização e aspeto geral dos espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel (Fonte: Autora, Mapa-base: ©OpenStreetMap).	18
Figura 3.4 - Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen e localização do município de São Brás de Alportel (Fonte: adaptado de IPMA, 2017).	19
Figura 3.5 - Padrão de evolução da temperatura em São Brás de Alportel (1981-2001) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).	20
Figura 3.6 - Distribuição da precipitação total mensal em São Brás de Alportel (1981-2001) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).	21
Figura 3.7 – Radiação média mensal em São Brás de Alportel (2001-2003) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).	22
Figura 3.8 – Vegetação mais comum nos espaços verdes de São Brás de Alportel: Oliveira, alecrim, rosmaninho, cipreste e loendro, respetivamente (Fonte: autora).	23
Figura 3.9 – Aspersor Rain Bird Série 5000 rotor e tubagem com gotejadores, respetivamente (Fonte: autora).	25
Figura 4.1- Localização das zonas de avaliação de uniformidade, jardim n.º 30 (Fonte da planta: CMSBA, 2013).	26
Figura 4.2 - Representação esquemática da distribuição dos coletores e aspersores na área de avaliação (Fonte: autora).	27
Figura 4.3 – Distribuição dos coletores antes e durante a rega, respetivamente (Fonte: autora).	28
Figura 4.4 – Representação esquemática da rede de microrrega e dos pontos de recolha, jardim n.º 30 (Fonte da planta: CMSBA, 2013).	29
Figura 4.5 – Software LIMP, vista do menu ‘Weather’ e respetivos Inputs (Fonte: Autora).	30
Figura 4.6 - Localização das estações meteorológicas da DRAPALG (Fonte: autora, Mapa-base: ©OpenStreetMap).	31
Figura 4.7 – Fotografia do VANT DJI Phantom 2 utilizado e imagem da câmara fotográfica Canon SX260 HS, respetivamente (Fonte: autora e Canon, 2017).	34
Figura 4.8 – Zonas de voo definidas para o plano de voo (Fonte: autora; Mapa base: ©OpenStreetMap).	34
Figura 4.9 - Planeamento do voo utilizando o software DJI Ground Station 4.0 (Fonte: autora).	35
Figura 4.10 - Software Pix4D, menu ‘Raycloud’ (Fonte: Autora).	38
Figura 5.1 – Temperatura média (°C), radiação (MJm ⁻²) e evapotranspiração de referência (ET _o) registada na estação meteorológica da Maragota de 2014 a 2016 (Fonte: DRAPALG, 2016a).	39

Figura 5.2 – Precipitação (mm/mês) registada na estação meteorológica da Maragota durante 2014, 2015 e 2016 (Fonte: DRAPALG, 2016a).....	40
Figura 5.3 - Velocidade do vento (ms^{-1}) registada na estação meteorológica da Maragota entre 2014 e 2016 (Fonte: DRAPALG, 2016a).....	41
Figura 5.4 - Distribuição da quantidade de água recebida pelos pluviómetros (mm) durante a 1ª, 2ª e 3ª avaliação, respetivamente.	42
Figura 5.5 - Variação da uniformidade de distribuição (UD) e do coeficiente de uniformidade (CU) nas três avaliações realizadas em agosto, setembro e outubro de 2016.....	43
Figura 5.6 – Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins da categoria I.....	45
Figura 5.7 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins da categoria II.....	47
Figura 5.8 – Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 5 e 11, da categoria III.	47
Figura 5.9 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 41 e 43, da categoria III.	48
Figura 5.10 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins da categoria IV.....	49
Figura 5.11 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 8 da categoria V.	50
Figura 5.12 – Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 38 e 39 da categoria VI.	51
Figura 5.13 – Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 17 e 44 da categoria VI.	51
Figura 5.14 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 40 da categoria VII.	52
Figura 5.15 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 42 da categoria VIII.	53
Figura 5.16 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 45 da categoria IX.	53
Figura 5.17 – Ortofotomapa da zona oeste de São Brás de Alportel, referente ao primeiro voo.	56
Figura 5.18 - Ortofotomapa da zona norte de São Brás de Alportel, referente ao primeiro voo.....	56
Figura 5.19 - Ortofotomapa da zona este de São Brás de Alportel, referente ao primeiro voo.....	57
Figura 5.20 - Ortofotomapas dos espaços verdes número 25, 26 e 27 respetivamente, referentes ao primeiro voo.....	57
Figura 5.21- Variação do NDVI na zona este de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).....	59
Figura 5.22 - Variação do NDVI na zona norte de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).....	59
Figura 5.23 - Variação do NDVI na zona oeste de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).....	60
Figura 5.24 - Variação do NDVI nas rotundas número 25, 26 e 27 de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).....	60
Figura 5.25 – Variação do NDVI no jardim n.º 1 em maio (voo 1), junho (voo 2) e julho (voo 3) de 2016 e respetiva imagem NIR.	61

Figura 5.26 - Variação do NDVI no jardim n.º 2 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	62
Figura 5.27 - Variação do NDVI no jardim n.º 3 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	63
Figura 5.28 - Variação do NDVI no jardim n.º 6 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	64
Figura 5.29 - Variação do NDVI no jardim n.º 6 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	64
Figura 5.30 - Variação do NDVI no jardim n.º 9 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	65
Figura 5.31 - Variação do NDVI no jardim n.º 14 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	65
Figura 5.32 - Variação do NDVI no jardim n.º 16 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	66
Figura 5.33 - Variação do NDVI no jardim n.º 18 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	66
Figura 5.34 - Variação do NDVI no jardim n.º 19 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	67
Figura 5.35 - Variação do NDVI no jardim n.º 20 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	67
Figura 5.36 - Variação do NDVI no jardim n.º 22 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	68
Figura 5.37 - Variação do NDVI no jardim n.º 24 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	68
Figura 5.38 - Variação do NDVI no jardim n.º 25 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	69
Figura 5.39 - Variação do NDVI no jardim n.º 26 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	69
Figura 5.40 - Variação do NDVI no jardim n.º 27 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	70
Figura 5.41 - Variação do NDVI no jardim n.º 29 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	70
Figura 5.42 - Variação do NDVI no jardim n.º 30 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	71
Figura 5.43 - Variação do NDVI no jardim n.º 32 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	71
Figura 5.44 - Variação do NDVI no jardim n.º 33 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	72
Figura 5.45 - Variação do NDVI no jardim n.º 34 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	72
Figura 5.46 - Variação do NDVI no jardim n.º 35 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	73
Figura 5.47 - Variação do NDVI no jardim n.º 36 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	73

Figura 5.48 - Variação do NDVI no jardim n.º 37 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	74
Figura 5.49 - Variação do NDVI no jardim n.º 43 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.	74
Figura 5.50 - Valores de NDVI médios e máximos registados no 1º, 2º voo e valores médios do 3º voo.	75
Figura 6.1 – Icon, menu inicio e menu principal da aplicação “Jardins de São Brás de Alportel” (Fonte: autora).....	80
Figura 6.2 - Menu principal, ‘Discover’, ‘History’ e ‘Contact us’ da aplicação “Jardins de São Brás de Alportel” (Fonte: autora).....	81
Figura 6.3 - Menu ‘Discover’, ‘Weather’, ‘EtL’ e menu ‘Garden’, ‘Garden 1’ e ‘Garden 2’ da aplicação “Jardins de São Brás de Alportel” (Fonte: autora).	82

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1- Velocidade média do vento (U) em São Brás de Alportel (2001-2003) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).....	22
Quadro 3.2 - Tipos de rega administrados nos espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel (Dados: CMSB).....	24
Quadro 3.3 - Tipo de rega predominante nos diversos espaços verdes de São Brás de Alportel.	25
Quadro 4.1 – Espaços verdes de São Brás de Alportel agrupados por categorias conforme a espécie e o K_v	33
Quadro 4.2 – Parâmetros utilizados no planeamento dos voos.	35
Quadro 4.3 – Número de imagens recolhidas durante os voos realizados.	37
Quadro 5.1 - Valores médios da água infiltrada (Z_{avg}) e da água infiltrada no menor quartil de área regada (Z_{iq}), em mm, durante as três avaliações.	42
Quadro 5.2 - Valores médios estimados para o coeficiente de paisagem (K_L), coeficiente de vegetação (K_v) e evapotranspiração de paisagem (ET_L) para os vários jardins durante o ano de 2016.....	44
Quadro 5.3 - Potencial de poupança que o município de São Brás de Alportel poderia obter.	54

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Aspersão
AAN	Autoridade Aeronáutica Nacional
C_G	% de solo coberto por vegetação verde
CU	Coeficiente de Uniformidade
DGT	Direção Geral do Território
DR	Deteção Remota
Dr	Dotação Real
DRAPALG	Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve
ET	Evapotranspiração
ET_c	Evapotranspiração de cultura
ET_L	Evapotranspiração de espaço verde
ET_o	Evapotranspiração de referência
FAO	Food and Agriculture Organization
G	Densidade do fluxo de calor do solo
GPS	Global Positioning System
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
IV	Infravermelho
K_c	Coeficiente de cultura
K_d	Coeficiente de densidade
K_L	Coeficiente de espaço verde
K_{mc}	Coeficiente de microclima
K_{sm}	Coeficiente de Stress
LCM	Landscape coeficiente method
LIMP	Landscape Irrigation Management Program
MR	Microrrega
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR	infravermelho próximo

NGB	NIR-Red Green Blue
RGB	Red Green Blue
Rn	Radiação líquida à superfície da cultura
SAVI	Soil-adjusted Vegetation Index
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
T	Temperatura
U ₂	Velocidade média do vento medida a 2 m de altura
UD	Uniformidade de Distribuição
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VARI	Visible atmospherically resistant index
WUCOLS	Water Use Classification Of Landscape Plants
γ	Constante psicrométrica
Z _{avg}	Quantidade média infiltrada em toda a parcela
Z _{lq}	Quantidade média infiltrada no menor quartil de área regada
Δ	Declive da curva de pressão de vapor

1 Introdução

1.1 Enquadramento Geral

Os espaços verdes têm vindo a aumentar consideravelmente nos meios urbanos por assegurarem direta e indiretamente um conjunto notável de funções e serviços dos quais dependem a qualidade de vida das pessoas nas cidades. Dentro dos vários serviços e funções que reúnem, os espaços verdes urbanos apresentam características como, permeabilidade para o escoamento de águas superficiais, atenuação de efeitos de poluição atmosférica e acústica, melhoria estética das cidades, áreas de *habitat*, entre outras características, que têm motivado o aumento de áreas verdes no interior das cidades. Mas, se por um lado estes espaços apresentam vários aspetos positivos, por outro, um dos grandes problemas da manutenção de um espaço verde é a quantidade de água que é utilizada para rega.

O uso de água para a rega dos espaços verdes, tem vindo a representar uma parte crescente no consumo total de água, especialmente em zonas onde a precipitação varia ao longo do ano. Nestas zonas, tal como acontece em zonas mediterrâneas, por vezes é necessário recorrer à rega para satisfazer as necessidades hídricas da vegetação de modo a que esta se mantenha em bom estado de conservação e que desempenhe a função e o papel desejado.

A quantidade de água que é necessária para a rega de um espaço verde, depende principalmente da quantidade de água que é perdida pelas plantas e pelo solo através do processo de evapotranspiração. Contudo, ao contrário do que acontece em culturas agrícolas, onde o principal objetivo é atingir a produtividade máxima de uma determinada cultura, nos espaços verdes urbanos, o principal objetivo é a qualidade visual (Allen *et al.*, 2007).

Estes espaços são caracterizados por apresentarem uma grande heterogeneidade de espécies que podem apresentar diferentes carências de água, porém, muitas vezes, estas encontram-se distribuídas pela mesma zona de rega. Através da determinação das necessidades hídricas da vegetação, é possível compreender se a água está a ser administrada por défice ou por excesso e, dessa forma, concluir se o sistema de rega se encontra a satisfazer os objetivos para os quais fora projetado ou se a água acaba por não ser utilizada de uma forma eficiente.

Tendo como base a qualidade visual de um espaço verde, estudos na área dos sistemas de informação geográfica e da deteção remota têm transformado forma de interagir com o ambiente e têm vindo a oferecer novas perspetivas. Estas ciências têm sido muito utilizadas nos últimos anos para a aquisição de imagens aéreas e construção de modelos de relevo, mapas

temáticos, entre outros. Anteriormente, a recolha de imagens aéreas era restrita a sensores de maior porte e, conseqüentemente, tinham um alto custo de aquisição, mas com a utilização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (*Vant*), a realidade inverteu-se.

Nestes veículos podem ser acoplados vários tipos de sensores, dependendo do tipo de estudo que se quer fazer, que permitem recolher informações sobre determinados parâmetros biofísicos da vegetação que podem ser medidos através dos índices de vegetação (NDVI, SAVI, *etc.*).

Os índices de vegetação permitem diferenciar áreas vegetadas de outros tipos de cobertura do solo e determinar as respostas da vegetação às mudanças de temperatura, precipitação, entre outras variações, pelo que têm vindo a ser, cada vez mais, aplicados como indicadores de qualidade ambiental.

Posto isto, este estudo pretende, através de metodologias recentes para a estimativa das necessidades hídricas dos espaços verdes e métodos ligados à deteção remota, estudar os espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel de forma a definir estratégias que visem melhorar a eficiência no uso da água de rega e minimizar o seu impacto no ambiente, mantendo a qualidade paisagística dos mesmos.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é, não só caracterizar e analisar as condições atuais de manutenção dos espaços verdes urbanos do município de São Brás de Alportel, mas também definir estratégias que visem melhorar o uso da água de rega nestes espaços verdes de forma a minimizar, caso se verifiquem, possíveis impactes ambientais.

2 Revisão Bibliográfica

Um espaço verde é um ecossistema complexo e diversificado, muito comum em áreas urbanas e suburbanas. Caracteriza-se como uma área que não é pavimentada ou que não tem edifícios e é normalmente composta por vegetação de natureza heterogénea, existindo uma grande variação no tipo de vegetação. A sua vegetação pode incluir árvores, arbustos e relvados, com diferentes densidades e área foliar, o que se reflete significativamente na estimativa da evapotranspiração (Nouri *et al.*, 2013).

Neste capítulo é feita uma breve análise e resumo de todo o conhecimento atual acerca da estimativa das necessidades hídricas de um espaço verde, das técnicas de deteção remota e de temas relevantes relacionados com a dissertação.

2.1 Necessidades hídricas da vegetação

2.1.1 Evapotranspiração

Segundo Allen *et al.* (1998) a evapotranspiração (ET) é a soma de dois processos separados nos quais ocorre perda de água: a evaporação e a transpiração. Por sua vez, a evaporação é o processo que resulta da perda de vapor de água de superfícies que contenham água em estado líquido. Na evaporação, a temperatura é um fator importante e, em geral, quanto maior a temperatura, mais rápida é a taxa de evaporação. Por outro lado, a transpiração é a perda de vapor de água, principalmente através dos estomas e dos caules verdes das plantas (Allen *et al.*, 1998).

Allen *et al.* (1998) sustenta, também, que tanto a evaporação como a transpiração ocorrem simultaneamente e não existem métodos simples para distinguir os dois processos. No entanto, há que reter que, quando a vegetação se encontra completamente desenvolvida e a cobrir o solo, a transpiração passa a ser o processo principal.

A evapotranspiração de uma determinada cultura (ET_c) é possível de determinar através da seguinte equação (equação 2.1) (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (2.1)$$

Em que, para o seu cálculo, é necessário calcular a evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente cultural (Kc).

A determinação da evapotranspiração é o requerimento primário para saber as necessidades hídricas de uma cultura ou paisagem. A quantificação da ET é necessária para diversos fins como a projeção e dimensionamento dos vários componentes de um sistema de rega, o funcionamento da rega, a condução de balanços hídricos, entre outros. Muitos sistemas têm sido estudados para medir a evapotranspiração, mas, o mais comum continua a ser através da utilização de dados meteorológicos (usando um histórico ou em tempo real) porque a projeção e operação de sistemas de rega, exige, muitas vezes, longos registos com exigências contínuas de rega (Allen *et al.*, 2007; Costello *et al.*, 2000; Snyder *et al.*, 2015).

2.1.2 Evapotranspiração de referência

De acordo com Allen *et al.* (2007), a evapotranspiração de referência (ET_o , mm/dia) tem vindo a ser utilizada como um índice padronizado para o efeito das variáveis climáticas na evapotranspiração de uma cultura de referência. Define-se pela taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência, para a qual se assume uma altura de 0.12 m, uma resistência de superfície constante de 70 s m^{-1} , um albedo de 0.23, cobrindo totalmente o solo e bem abastecida de água (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004).

Dentro dos vários métodos utilizados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) e de acordo com vários autores (Allen *et al.*, 1998; Allen *et al.*, 2007; Ortega-Farias *et al.*, 2009; Pereira *et al.*, 2015), a equação combinada de FAO-Penman-Monteith é a mais aceite.

A equação de Penman-Monteith simplificada, toma a seguinte forma (equação 2.2) (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (2.2)$$

Em que,

ET_o Evapotranspiração de referência (mm d^{-1})

Rn Radiação líquida à superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

G	Densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)
T	Temperatura média do ar medida a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)
U_2	Velocidade média do vento medida a 2 m de altura (m s^{-1})
$(e_s - e_a)$	Défice da pressão de vapor do ar (kPa)
Δ	Declive da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
γ	Constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Segundo Pereira (2004) esta fórmula permite uma boa precisão de cálculo e foi comprovada para uma grande variedade de climas e regiões do mundo. Contudo, devido à dificuldade de obtenções exatas nas medições de campo, a ET_o é normalmente calculada a partir de dados meteorológicos, onde os principais parâmetros climáticos que afetam a ET_o são a radiação, a velocidade do vento, a temperatura e a humidade do ar.

2.1.3 Evapotranspiração de paisagem

A evapotranspiração de uma paisagem (ET_L) é a evapotranspiração de um espaço verde de uma zona residencial ou urbana. A sua determinação tem em conta que os sistemas de espaços verdes são compostos por uma mistura de espécies de vegetação e que o objetivo principal da rega nestes espaços é a qualidade visual do espaço, isto é, manter a aparência das plantas com uma rega mínima (Allen *et al.*, 2007).

A evapotranspiração de uma paisagem pode incluir um fator de “stress” intencional onde as plantas de paisagens são menos regadas do que seriam se fossem regadas como uma cultura, podendo resultar numa poupança de água significativa (Allen *et al.* 2007). A taxa de evaporação de uma paisagem, pode assim ser menor do que a evapotranspiração real se a paisagem estiver a receber mais água do que a que é requerida, de acordo com o objetivo pretendido (Romero & Dukes, 2010).

A ET_L (mm d^{-1}) é estimada recorrendo à evapotranspiração de referência (ET_o) e ao coeficiente de paisagem (K_L) através da equação 2.3 de Snyder & Eching. (2004):

$$ET_L = K_L \times ET_o \quad (2.3)$$

Ao longo do tempo, vários investigadores têm tentado estimar valores padrão e a evolução temporal do coeficiente de paisagem K_L , mas acaba por ser sempre necessário uma adaptação

ao local, às diversas espécies, às práticas de gestão e ao clima local. Exemplos dessas investigações são os estudos de Costello *et al.* (2000) e Snyder & Eching (2004).

Em 2013, Nouri *et al.*, fez uma revisão de alguns dos métodos mais usados para a estimação das necessidades hídricas de uma paisagem utilizando os princípios de evapotranspiração e determinou as vantagens e desvantagens de uma grande variedade de métodos (incluindo balanços hídricos do solo, medições de balanço energético, balanço energético por detecção remota ou por satélites usando os índices de vegetação). Vários autores constataram que o método do coeficiente de paisagem (landscape coefficient method, LCM) presente no *Water Use Classification of Landscape Plants* (WUCOLS) (Costello, 2000) fornecia uma abordagem mais prática e poderia fornecer uma boa estimativa inicial das necessidades hídricas de uma paisagem urbana, mas que, no entanto, deveria ser aprimorado para alguns parâmetros.

Em 2015, Snyder *et al.* realizou um estudo onde recorreu ao *software Landscape Irrigation Management Program* (LIMP) (Snyder & Eching, 2004), que foi desenvolvido como uma abordagem científica, para estimar as necessidades de água de uma paisagem. Constatou que este permitia melhorar a estimativa da evapotranspiração para regiões com vários microclimas, com vegetação heterogênea e onde a medição com os métodos tradicionais não era viável.

Em comparação com o WUCOLS (Costello, 2000), os parâmetros aplicados pelo *software* LIMP (Snyder & Eching, 2004), usados para determinar a evapotranspiração de uma paisagem, foram considerados mais aceitáveis para espaços verdes dado que são menos subjetivos do que os que são apresentados no WUCOLS (Snyder *et al.*, 2015).

2.1.3.1 Coeficiente de paisagem

O coeficiente de paisagem, K_L , usado no *software* LIMP (Snyder & Eching, 2004), depende de um coeficiente de vegetação (K_v) para ter em conta as diferentes espécies, de um coeficiente de densidade (K_d) para ajustar a evapotranspiração à densidade da vegetação, de um coeficiente de microclima (K_{mc}) para estimar a ET_0 num microclima local e de um coeficiente de stress (K_{sm}) para ajustar as diminuições de evapotranspiração devido ao stress hídrico. Este coeficiente pode ser definido pela equação (2.4), determinada por Snyder & Eching (2004):

$$K_L = K_v \times K_d \times K_{mc} \times K_{sm} \quad (2.4)$$

2.1.3.2 Coeficiente de vegetação

O coeficiente de vegetação (K_v) representa a razão entre a evapotranspiração de um espaço verde (ET_L) e a evapotranspiração de referência (ET_o), para uma cobertura total, ou quase total, do solo e um solo bem abastecido de água (Allen *et al.*, 2007).

O K_v é a fração de ET_o quando a folhagem se aproxima da densidade máxima ($K_d = 1$) e quando a disponibilidade de água não apresenta restrições ($K_{sm} = 1$). Vários tipos de vegetação podem apresentar valores semelhantes de K_v , devido aos seus índices de área foliar e resposta estomática (Allen *et al.*, 2007).

O valor deste coeficiente pode variar dependendo do tipo de vegetação e da espécie, no entanto, a bibliografia ainda é escassa pelo que os valores tabelados podem, também, variar ligeiramente de autor para autor. É possível estimar valores tendo por base autores como Rodriguez *et al.* (2004), Allen *et al.* (2007), Romero & Dukes (2010) e Costello & Jones (2014).

2.1.3.3 Coeficiente de densidade

O coeficiente de densidade (K_d), encontra-se relacionado com a área foliar das plantas numa determinada área de paisagem. Geralmente, uma vegetação mais densa apresenta maiores valores de K_d , maior taxa de transpiração e conseqüentemente requer mais água, enquanto que uma vegetação jovem e dispersa apresenta menos área foliar e, como resultado, possui menores valores de K_d (Allen *et al.*, 2007; Snyder *et al.*, 2015).

Este coeficiente no LIMP, é dado pela equação 2.5 (Snyder & Eching, 2004):

$$K_d = \sin\left(\frac{C_G \pi}{70 \times 2}\right) \quad (2.5)$$

Em que C_G representa a percentagem de solo coberto por vegetação verde. Segundo Snyder & Eching (2004), deve-se supor que este relacionamento é válido para diferenças na intercetção da luz por copas com cobertura inferior a 70%. Para coberturas com mais de 70% de cobertura, o coeficiente K_d deverá assumir um valor de 1,0.

2.1.3.4 Coeficiente de microclima

De acordo com Allen *et al.* (2007), as estruturas e áreas pavimentadas geralmente presentes em espaços verdes, têm um efeito que se pronuncia no balanço de energia local e na ET das áreas verdes adjacentes, devido à transferência de energia adicional e à evapotranspiração.

O coeficiente de microclima, K_{mc} , considera os impactos do sol, sombra, áreas protegidas, áreas quentes ou frias, radiação emitida ou refletida a partir das estruturas, vento, e transferência de energia a partir de baixa evapotranspiração de áreas circundantes (Allen *et al.*, 2007).

Allen *et al.* (2007) refere também que zonas verdes adjacentes a pavimentos, podem ter uma evapotranspiração 50% maior do que espaços verdes semelhantes presentes em locais de características semelhantes devido à transferência de energia, enquanto que, plantas em áreas com sombra podem ter taxas de evapotranspiração 50% mais baixas do que espaços abertos.

O K_{mc} é abordado no LIMP como a relação entre o ET_o “local” sobre o ET_o “regional” através da equação de Penman-Monteith (Monteith, 1965) se parâmetros como, a radiação solar, a temperatura do ar, a velocidade do ar e a temperatura mínima estiverem disponíveis. Caso não haja registo destes dados e apenas estiverem disponíveis dados de temperatura, o K_{mc} é calculado através da equação de Hargreaves-Samani (1982), que se trata de uma equação simples que permite a estimativa da radiação solar (Snyder & Eching, 2004; Romero & Dukes, 2010).

Os valores deste coeficiente encontram-se tabelados segundo três categorias. A categoria “alto” (>1) que reflete condições microclimáticas adversas como plantações expostas a radiação solar direta e próximas de um pavimento ou de zonas sem vegetação, ou expostas a condições de muito vento. A categoria “baixo” (<1) que se refere a um ambiente de sombra, protegido de vento e longe de superfícies quentes e secas. E a categoria “média” (=1) que representa uma condição de referência semelhante a um parque ao ar livre, onde não existe influência de condições exteriores (Allen *et al.*, 2007).

2.1.3.5 Coeficiente de Stress

O coeficiente de stress (K_{ms}) traduz a condução da rega com ou sem stress hídrico. Como referido anteriormente e tendo em conta que o objetivo da rega em espaços verdes é promover uma boa aparência visual das plantas e não a produção de biomassa, este é um coeficiente que permite à ET_L incluir um stress hídrico intencional e gerido, resultando numa economia de água de rega. Esse stress pode ser controlado através de um ajuste da água da rega a horários, de forma a aplicar menos água do que aquela que a vegetação irá potencialmente transpirar (Allen *et al.*, 2007).

Por outro lado, este coeficiente também pode ser usado para reduzir a taxa de ET da vegetação durante períodos inativos, como por exemplo, em períodos de estação fria, onde as taxas de ET

da relva são próximas de zero quando a relva se encontra num estado dormente (Romero & Dukes, 2010).

O K_{ms} pode assumir valores entre 0 e 1, onde 0 representa a inexistência de transpiração e 1, representa condições de conforto hídrico (Allen *et al.*, 2007).

2.2 Sistemas de Rega

Os sistemas de rega na parcela podem ser classificados em três métodos de rega: rega por gravidade, rega por aspersão e microrrega (Pereira & Trout, 1999).

No método de rega por gravidade, a água é canalizada para as cabeceiras de pequenos canais em terra (sulcos) ou de faixas, previamente adaptados ao regadio. O escoamento da água efetua-se em superfície livre sobre o solo pela ação da gravidade, até ocorrer infiltração (Oliveira, 2011).

Nos sistemas de rega por aspersão, a água é distribuída por meio de tubagens sob pressão e pulverizada sobre a superfície do solo pelos aspersores. Nestes sistemas de rega, o sistema pode funcionar de forma estacionária ou móvel (Pedras, 2003).

Nos sistemas de microrrega, igualmente designados por rega localizada, recorre-se a tubos de pequeno diâmetro contendo emissores, regularmente espaçados, que são utilizados para aplicar a água localmente junto de cada planta. Estes sistemas podem ser classificados de acordo com o tipo de emissores, podendo denominar-se por: rega gota-a-gota, rega por micro-aspersão e rega por golfadores (Pedras, 2003).

2.2.1 Uniformidade dos sistemas de Rega

O desempenho da rega numa determinada parcela pode ser estimado através de indicadores de uniformidade de distribuição e de eficiência (Pereira, 2004).

A uniformidade do sistema de rega pode ser influenciada por parâmetros como: o projeto e instalação, a manutenção do sistema de rega, a pressão da água, a velocidade e a direção do vento (McCabe, 2005).

Segundo Pereira (2004) a uniformidade da rega tem como indicadores a uniformidade de distribuição (UD), o coeficiente de uniformidade (CU) e a uniformidade estatística (Us). A uniformidade de distribuição (%) é dada pela equação 2.6 (Merriam & Keller, 1978).

$$UD = 100 \left(\frac{Z_{lq}}{Z_{avg}} \right) \quad (2.6)$$

Em que Z_{lq} é a quantidade média (mm) infiltrada no menor quartil de área regada, ou seja, a quarta parte da área regada que recebe menos água e Z_{avg} é a quantidade média (mm) infiltrada na parcela.

De acordo com Pereira (2004), em regra por aspersão, as alturas infiltradas são substituídas pelas pluviometrias observadas, enquanto em rega localizada ou microrrega utilizam-se os caudais debitados pelos emissores. O coeficiente de uniformidade é dado pela equação 2.6 (Christiansen, 1942).

$$CU = 100 \frac{1 - \sum X_i}{n m} \quad (2.7)$$

Em que, $X_i = |Z_i - m|$, onde:

Z_i – Alturas de água observadas (mm);

n – Número de observações;

m – Média das observações Z_i (mm).

Segundo Burt *et al.* (1997), baixas uniformidades traduzem condições de excesso e de déficit de infiltração em partes da parcela, indicando que parte da água aplicada não é corretamente utilizada. A análise da uniformidade, procura assim, encontrar a máxima eficiência do sistema de rega de forma a permitir um maior aproveitamento da água e respetiva diminuição da energia utilizada.

De uma forma geral, as técnicas de avaliação dos sistemas de rega, têm por objetivo analisar as condições atuais de gestão e exploração dos sistemas e potenciar funcionamentos mais económicos e eficazes (Pereira & Trout, 1999).

2.3 Detecção Remota

A deteção remota tem provado ser importante no estudo de espaços verdes, devido ao facto da refletância multiespectral e da temperatura da vegetação se encontrarem relacionadas com a fotossíntese e a evapotranspiração. Este facto permite a estimativa de índices de vegetação, relacionados com o conteúdo de água no solo e a evapotranspiração real.

A deteção remota permite obter informações sobre um determinado objeto, área ou fenómeno, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não se encontra em contacto físico com o objeto, a área ou o fenómeno que está a ser observado (Lillesand & Kiefer, 1987). Os processos gerais que ocorrem e os elementos envolvidos na deteção remota encontram-se esquematizados na Figura 2.1.

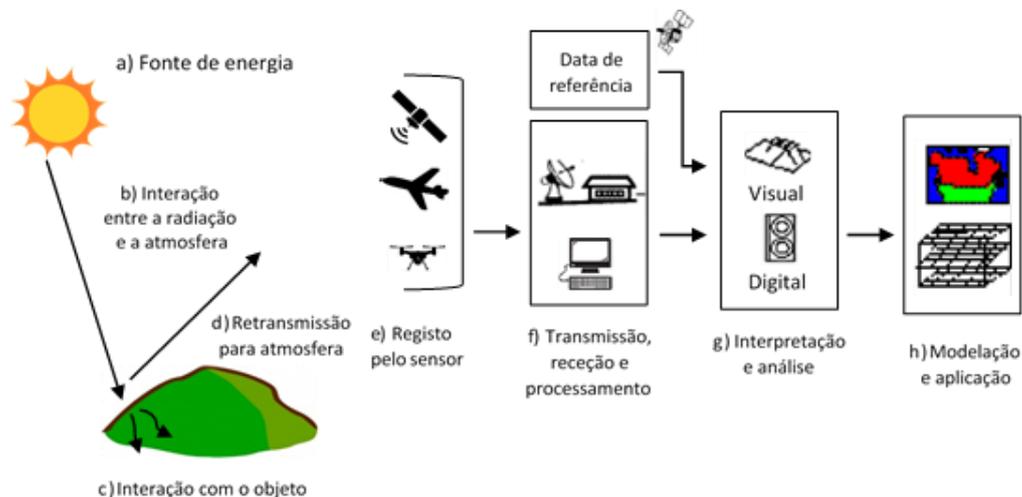


Figura 2.1 - Sistema de deteção remota (Fonte: adaptado de Lillesand & Kiefer, 1987).

O primeiro requisito para a deteção remota é ter uma fonte de energia (a) que ilumina ou fornece energia eletromagnética ao objeto, à área ou ao fenómeno de interesse. Essa energia, à medida que se direciona para o alvo, entra em contacto e interage com a atmosfera (b) e segue para interagir com o objeto, de acordo com as suas propriedades (c). Após interagir com o objeto, pode haver uma segunda interação com a atmosfera (d), dependendo da posição do sensor. O sensor, por sua vez, irá recolher e registar a radiação eletromagnética emitida a partir do alvo (e) e transmitir essa informação, normalmente em formato eletrónico, para uma estação de receção e processamento (f) onde os dados são processados numa imagem (papel e/ou digital). Esta imagem é interpretada visualmente e digitalmente, de forma a fornecer informações sobre o destino que foi iluminado (g). O último elemento no processo de deteção remota é alcançado

quando a informação que foi extraída sobre o alvo, revela alguma informação nova ou ajuda a resolver um problema em particular (h) (CCRS, 2007; Lillesand & Kiefer, 1987).

Muitas das tecnologias que usam a detecção remota para obter informação, recorrem à utilização de radiação eletromagnética. Esta radiação pode atingir objetos, água, solos e vegetação e pode ser transmitida, absorvida, refletida, dispersa ou retransmitida (Wilkie & Finn, 1996). O espectro eletromagnético varia entre os comprimentos de onda mais curtos para os comprimentos de onda mais longos e este espectro, bem como os diferentes comprimentos de onda, podem ser observados na Figura 2.2.

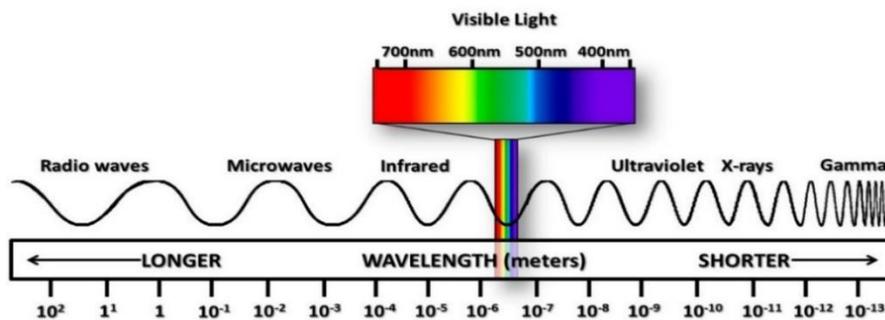


Figura 2.2- Espectro eletromagnético (Fonte: NASA, 2015).

No que diz respeito à interação da radiação com a vegetação, a vegetação na gama do visível apresenta uma coloração verde devido à presença de clorofila, um pigmento primário que conduz a fotossíntese nas plantas, e absorve a radiação solar primária nos comprimentos de onda do visível, azul e vermelho (com picos de absorção em 0.42, 0.43 e 0.453 μm para o azul e 0.642 e 0.662 μm para o vermelho) (Wilkie & Finn, 1996).

Através dos diferentes comprimentos de onda de luz visível e de infravermelho próximo refletidos pelas plantas é possível determinar a densidade de verde numa determinada área. Quando a luz solar atinge os objetos, alguns comprimentos de onda deste espectro são absorvidos e outros comprimento de onda são refletidos. A Figura 2.3 mostra como varia a refletância da vegetação, da água e do solo nos diferentes comprimentos de onda.

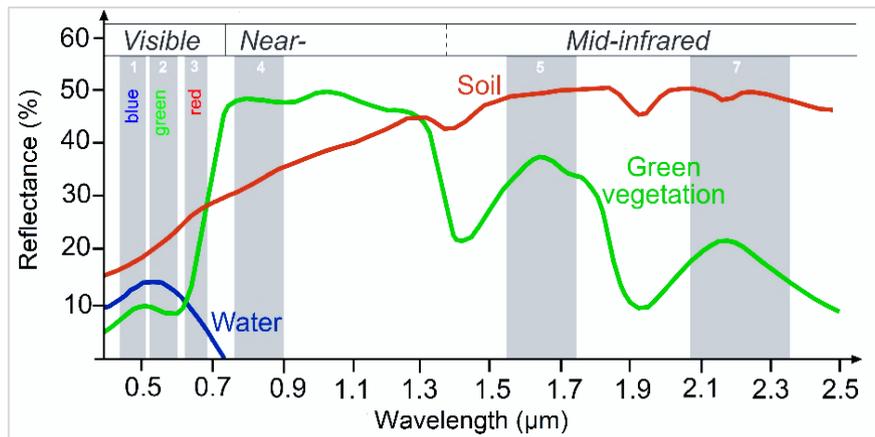


Figura 2.3 - Refletância da vegetação, da água e do solo em diferentes comprimentos de onda (Fonte: SEOS, 2016).

Como referido anteriormente, sabe-se que as plantas absorvem a luz visível (entre 0,4 e 0,7µm) para utilizar na fotossíntese e que refletem a luz no infravermelho próximo (entre 0,7 e 1,1µm), (Figura 2.3).

Se a radiação refletida, no infravermelho próximo for muito superior à radiação refletida nos comprimentos de onda visíveis, é provável que a vegetação seja densa, enquanto que se existir uma diferença muito reduzida na intensidade de ambos os comprimentos de onda refletidos, visível e infravermelho próximo, é possível que a vegetação se encontre dispersa e consista em prados ou desertos (Wilkie & Finn, 1996; Erena *et al*, 2012).

A deteção remota pode fornecer medições básicas de uma grande amplitude de características biológicas ou físicas de uma paisagem, tal como a sua posição, forma, cor, temperatura e teor de humidade (Wilkie & Finn, 1996). Diversos estudos têm sido realizados em que usam a deteção remota para estimar necessidades de rega e observar alterações na vegetação (Erena *et al.*, 2012; Boratto & Gomide, 2013; Vilar *et al.*, 2015 e Gandhi *et al.*, 2015). Estes estudos demonstram que as técnicas utilizadas pela deteção remota são eficientes e precisas quando comparadas com os métodos tradicionais.

A vegetação possui uma resposta espectral característica (Figura 2.3), o que permite distinguir a vegetação de elementos não vivos (Wilkie & Finn, 1996). Este facto conjugado com as evoluções no processamento de imagem digital de satélites ou VANT, tem fornecido novas formas de análise, nomeadamente através de diferentes algoritmos e índices matemáticos. Estes índices permitem destacar características de interesse de uma vegetação, por intermédio de diferentes metodologias e podem relacionar-se com parâmetros como as necessidades hídricas do solo, o stress da vegetação e a humidade do solo (Erena *et al.*, 2012).

Existem vários índices de vegetação que permitem obter os parâmetros biofísicos das plantas, e.g., o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI, *Soil-adjusted Vegetation index*), o índice de resistência à visibilidade atmosférica (VARI, *Visible Atmospherically Resistant Index*), e o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*), tendo vindo a ser comprovada a sua importância em vários estudos (Tasumi *et al.*, 2005; Erena *et al.*, 2012; Boratto & Gomide, 2013; Nouri *et al.*, 2013; Gandhi *et al.*, 2015). O NDVI é o índice mais utilizado em estudos deste âmbito.

Um dos índices mais comuns é o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*) mas existem outros índices, como por exemplo, o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI, *Soil-adjusted Vegetation index*), o índice de resistência à visibilidade atmosférica (VARI, *Visible Atmospherically Resistant Index*), entre outros, que permitem facilitar a obtenção de parâmetros biofísicos das plantas e as suas importâncias têm vindo a ser comprovadas em vários estudos (Tasumi *et al.*, 2005; Erena *et al.*, 2012; Boratto & Gomide, 2013; Nouri *et al.*, 2013; Gandhi *et al.*, 2015).

2.3.1 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

O NDVI, é um indicador numérico simples, determinado pelo quociente da diferença entre a refletância do infravermelho próximo (ρ_{NIR}) e a refletância do vermelho (ρ_{Red}), e a soma de ambas as refletâncias (Rouse *et al.*, 1974) (equação 2.8):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (2.8)$$

Este índice permite fazer uma análise em diversas escalas à vegetação de uma determinada região, distinguindo o crescimento ativo da vegetação a partir do contexto envolvente (CCRS, 2007). O NDVI baseia-se no característico comportamento radiométrico da vegetação ao longo do espectro, onde se sabe que uma vegetação saudável apresenta um claro contraste entre a luz refletida na banda do visível e a banda do infravermelho próximo (Chuvieco, 2002). Este comportamento pode ser observado na Figura 2.4.

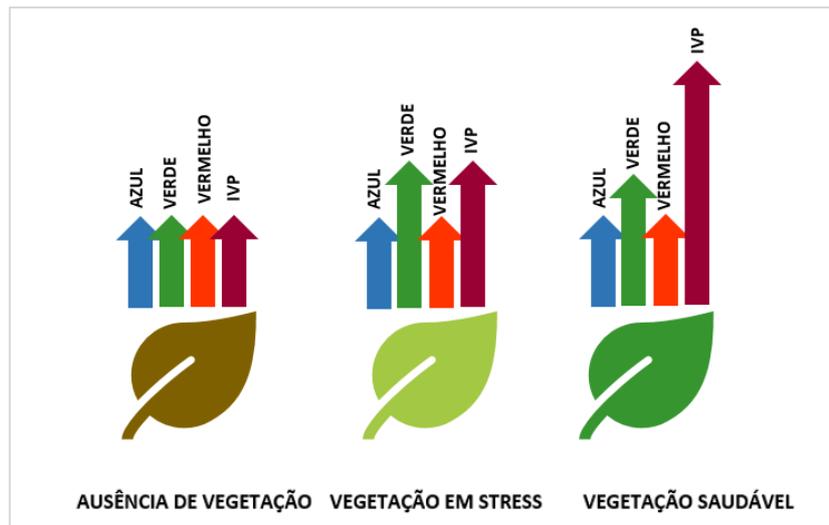


Figura 2.4 – Relação entre a condição da vegetação e a refletância nos espectros de luz visível e infravermelho próximo (Fonte: adaptado de Agribotix, 2016).

A determinação do estado de saúde das plantas é possível porque as plantas refletem diferentes quantidades de luz verde visível e infravermelho próximo, dependendo do quão saudável estas se encontram. O NDVI, por sua vez, permite, através das diferenças nestes dois espectros, distinguir a vegetação saudável da vegetação que sofre algum tipo de stress, em que existe menos reflexão no infravermelho próximo (Karnieli *et al.*, 2009).

O valor deste índice pode variar entre -1 e 1, de acordo com a densidade de clorofila. Quanto maior a densidade de clorofila, maiores irão ser os valores de NDVI, enquanto que a ausência de folhas verdes ou de vegetação, corresponde a valores de NDVI próximos de zero.

Vários autores têm vindo a estudar o NDVI e a destacar a sua importância. Em 2005, Tasumi *et al.* determinou que existia uma grande relação entre o coeficiente de cultura (K_c) e o índice de vegetação NDVI e concluiu que este índice podia ser usado para estimar a distribuição geográfica da evapotranspiração e da gestão da água em grandes áreas com vegetação variada. Em 2009, o autor Karnieli *et al.*, reconheceu a importância do índice, mas destacou o facto de, por vezes, se tornar difícil distinguir a diferença entre as bandas espectrais da vegetação e as do solo descoberto. Alguns estudos presentes em Erena *et al.* (2012) também comprovaram o enorme potencial do método. Mostrou que se tratava de um bom indicador das necessidades máximas de água num local, mas que não permitia obter qualquer informação antecipada sobre o nível de humidade que continuava disponível no solo, e que apresentava algumas limitações quando aplicado em zonas com nuvens.

Face a algumas dessas limitações mencionadas, novos índices têm surgido de forma a complementar o NDVI e comparações têm sido alvo de estudo. Em 2013, Rodrigues *et al.*

apresentou um trabalho em que comparava os resultados obtidos entre dois índices de vegetação, o NDVI e o SAVI, tendo constatado que o NDVI, ainda assim, apresentava melhores resultados para áreas de vegetação natural.

3 Caso de Estudo

3.1 Localização

A área de estudo insere-se no município de São Brás de Alportel (Figura 3.1), uma vila localizada no extremo ocidental da Europa e no sul de Portugal. São Brás de Alportel é a sede do município com cerca de 153,37 km² de área (DGT, 2015) e 10662 habitantes (INE, 2012). A nível geográfico o município encontra-se limitado a sul pelo município de Faro, a sudeste por Olhão, a oeste por Loulé e a norte e a este pelo município de Tavira.

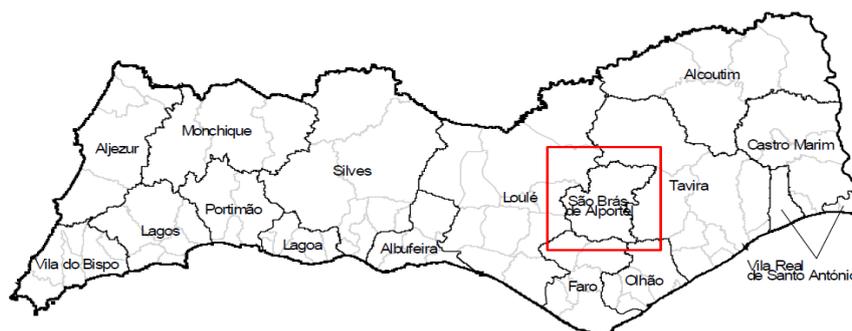


Figura 3.1 – Mapa das divisões administrativas da região do Algarve e localização do município de São Brás de Alportel (Fonte: INE, 2012).

O Município de São Brás de Alportel é caracterizado pela transição entre as zonas do barrocal e da serra e apresenta 45 espaços verdes urbanos (Figura 3.2) que cobrem uma área de cerca de 36200 m², segundo os dados fornecidos pela Câmara Municipal de São Brás de Alportel.

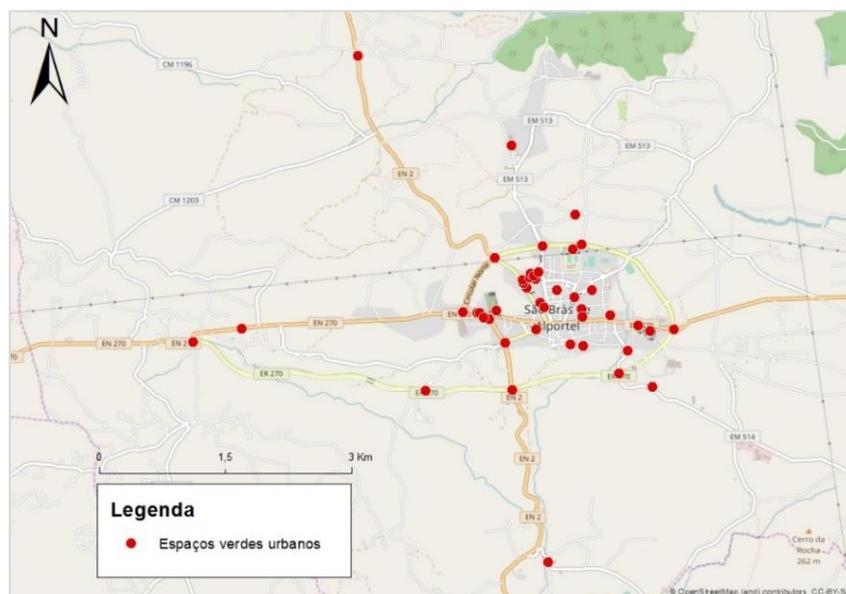


Figura 3.2 – Localização dos espaços verdes urbanos no município de São Brás de Alportel (Fonte: Autora, Mapa-base: ©OpenStreetMap).

A Figura 3.3 mostra os vários jardins e a sua respetiva localização. Os jardins encontram-se numerados de 1 a 45, de acordo com a ordem do número do contador.

variam entre -3 a 18°C (Classe C) e no verão, não só o mês mais seco apresenta uma precipitação inferior a 40mm (Subclasse Cs), como também a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C (Sub-subclasse Ca).

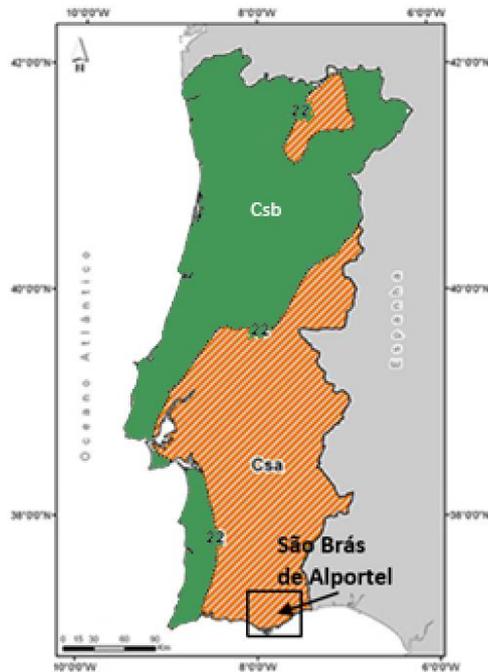


Figura 3.4 - Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen e localização do município de São Brás de Alportel (Fonte: adaptado de IPMA, 2017).

3.2.1 Temperatura do Ar

A medição da temperatura do ar permite determinar o quão quente, ou frio, o ar se encontra e é um dos parâmetros climáticos mais medidos. A temperatura do ar pode afetar o crescimento e a reprodução de plantas e animais e, também, pode afetar parâmetros climáticos como a taxa de evaporação, a humidade relativa, a velocidade e direção do vento e a precipitação.

A Figura 3.5, apresenta o padrão de evolução da temperatura ao longo do ano, através dos valores médios da temperatura mínima, máxima e média no período de 1981 a 2001. Os Quadros com as temperaturas mensais médias, mínimas e máximas correspondentes a cada ano podem ser consultadas no Anexo 1.

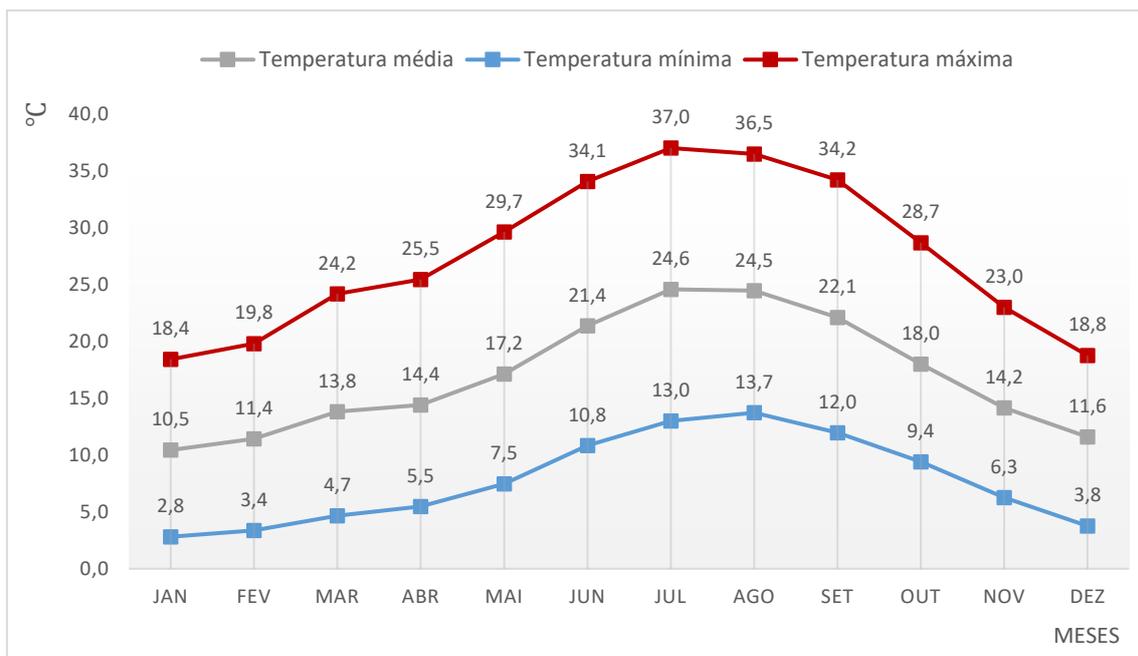


Figura 3.5 - Padrão de evolução da temperatura em São Brás de Alportel (1981-2001) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).

De acordo com a Figura, a temperatura média mensal varia entre 10,5°C e 24,5°C, registados respetivamente no mês de janeiro (mês mais frio) e no mês de julho (mês mais quente). A temperatura média anual para o período considerado foi de 17°C.

Relativamente às temperaturas máximas, estas variam entre 18,4°C (mês de janeiro) e 37°C (mês de julho), enquanto que as temperaturas mínimas assumem valores entre 2,8°C (mês de janeiro) e 13,7°C (mês de agosto).

3.2.2 Precipitação

A área de estudo encontra-se inserida num clima do tipo mediterrânico, onde a distribuição anual da precipitação apresenta uma elevada concentração na estação fria e uma baixa, ou quase ausente concentração nos meses mais quentes.

Na região do Algarve, a precipitação anual varia entre 1277 mm e 406 mm, com o valor médio ponderado de 578 mm para todo o Algarve. As zonas com maiores valores de precipitação anual são as montanhosas como a Serra do caldeirão (1621 mm) e a Serra de Monchique (2081 mm) enquanto os valores mais baixos de precipitação anual são atingidos em zonas do litoral (230 mm) (ICNF, 2017; DRAPALG, 2013).

A Figura 3.6, apresenta a variação da precipitação total mensal em São Brás de Alportel para o período de 1981 a 2001.

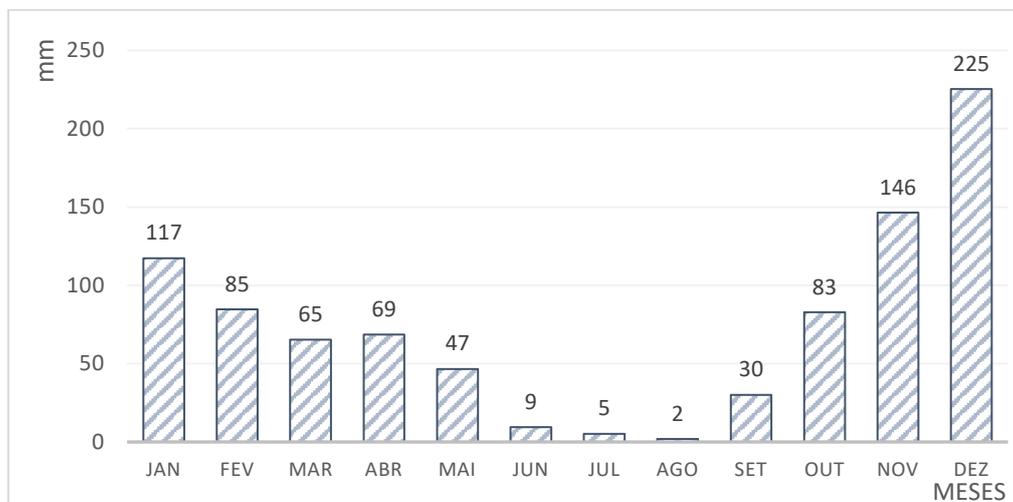


Figura 3.6 - Distribuição da precipitação total mensal em São Brás de Alportel (1981-2001) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).

No que respeita à variação mensal, de acordo com os dados meteorológicos, cerca de 82% da precipitação ocorre no semestre húmido (outubro a março) e 18% no semestre seco (abril a setembro). Através da Figura 3.5 é possível observar que o mês mais chuvoso é o mês de dezembro, com cerca de 26% da precipitação anual (225.3 mm), seguidos dos meses de novembro (146.4 mm) e janeiro (117.3 mm), com valores de 17% e 13% da precipitação anual, respetivamente. Quanto aos meses menos chuvosos, esses são os meses de julho e agosto com menos de 1% da precipitação média anual.

De acordo com os dados analisados, o valor médio da precipitação anual registado para o município de São Brás de Alportel é de 883.4 mm.

3.2.3 Vento

No parâmetro da velocidade do vento, a estação meteorológica de São Brás de Alportel apenas começou a registar dados de velocidade do vento a partir de 2001, pelo que a análise deste parâmetro foi feita para os anos de 2001 a 2003.

Os valores médios da velocidade do vento registados (2001-2003) estão apresentados no Quadro 3.1, onde o valor médio anual da velocidade do vento é de 1,1 m/s.

Quadro 3.1- Velocidade média do vento (U) em São Brás de Alportel (2001-2003) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
U (ms ⁻¹)	1.1	0.9	0.9	1.1	1.3	1.3	1.6	1.2	0.9	0.8	1.1	0.8

Segundo os dados observados, verifica-se que os valores de velocidade do vento durante os meses de verão são ligeiramente superiores aos valores registados durante os meses de inverno, mas encontram-se próximos da média anual, não havendo grandes variações.

3.2.4 Radiação

O sol emite uma grande quantidade de energia sob a forma de radiação e a quantidade de radiação solar que é recebida, varia com a latitude e a inclinação do eixo da terra em relação ao plano de órbita (Varejão-Silva, 2006). A Figura 3.7 apresenta a radiação média mensal recebida pela estação meteorológica de São Brás de Alportel no período de 2001 a 2003. Neste parâmetro, tal como no parâmetro anterior, não foi possível fazer uma análise mais abrangente devido a ausência de dados por parte da estação meteorológica.

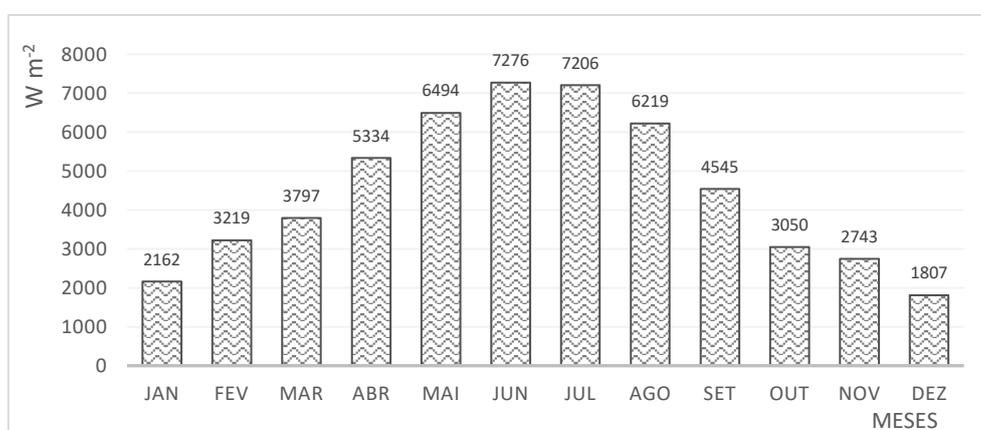


Figura 3.7 – Radiação média mensal em São Brás de Alportel (2001-2003) (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).

Os maiores valores de radiação mensal ocorrem nos meses de verão, principalmente nos meses de junho (7276 Wm⁻²) e de julho (7206 Wm⁻²).

3.3 Caracterização da Vegetação da Área de Estudo

A caracterização da vegetação da área de estudo teve como objetivo identificar as espécies presentes em cada espaço verde, uma vez que não existia qualquer registo ou listagem da

vegetação existente nos espaços verdes de S. Brás de Alportel. A caracterização foi feita através de várias deslocações aos locais, captação de imagens da vegetação, consulta de enciclopédias, livros e plataformas online.

A caracterização da vegetação permitiu listar a vegetação dos 45 espaços verdes de São Brás de Alportel que se encontra no Anexo 2.

Por intermédio da listagem feita, é possível constatar que existe uma preocupação da Câmara Municipal de São Brás de Alportel (CMSBA) em implementar espécies autóctones e mediterrâneas nos espaços verdes do município, especialmente nos mais recentes. Estas espécies ditas autóctones e mediterrâneas conseguem-se adaptar às condições ecológicas locais, apresentam necessidades hídricas reduzidas e são menos suscetíveis a pragas e doenças (Costa, 2010).

A vegetação mais utilizada nos espaços verdes é a relva (*stentaphrum secundatum* e *zoysia* sp.), seguida das árvores de oliveira (*olea europaea*), dos arbustos de alecrim (*rosmarinus officinalis*), rosmaninho (*lavandula* spp.) e loendro (*nerium oleander*) e da árvore de cipreste (*cupressus sempervirens*). A Figura 3.8 apresenta algumas das espécies mais comuns nos jardins de São Brás de Alportel.



Figura 3.8 – Vegetação mais comum nos espaços verdes de São Brás de Alportel: Oliveira, alecrim, rosmaninho, cipreste e loendro, respetivamente (Fonte: autora).

3.4 Caracterização dos Sistemas de Rega da Área de Estudo

Em São Brás de Alportel, o abastecimento de água para rega dos espaços verdes urbanos provém da rede pública de abastecimento de água e a distribuição de água nos jardins é, na sua maioria, efetuada por um sistema de rega automático.

Nestes espaços, a rega é administrada por diferentes métodos. Alguns jardins regam por aspersão, outros por microrrega ou rega localizada, outros por rega manual e em outros casos, existem dois tipos de rega em simultâneo, por exemplo, aspersão e microrrega. Os tipos de rega praticados em cada jardim são apresentados no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Tipos de rega administrados nos espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel (Dados: CMSB).

Nº JARDIM	TIPO DE REGA	Nº JARDIM	TIPO DE REGA	Nº JARDIM	TIPO DE REGA
1	AMR	16	A	31	AMRM
2	A	17	MR	32	A
3	MR	18	A	33	A
4	A	19	A	34	A
5	A	20	A	35	A
6	A	21	A	36	AMR
7	A	22	AM	37	A
8	A	23	AMRM	38	A
9	A	24	A	39	AMR
10	A	25	A	40	MR
11	A	26	A	41	MR
12	MR	27	A	42	MR
13	MR	28	A	43	MR
14	AMR	29	A	44	AMR
15	AMR	30	AMR	45	MR

Legenda:
A – Aspersão; AM – Aspersão e Manual; AMR – Aspersão e Microrrega; AMRM – Aspersão, Microrrega e Manual; MR – Microrrega.

De acordo com o Quadro 3.2 verifica-se que a grande maioria dos espaços verdes rega por aspersão, seguindo-se da microrrega. A rega manual é feita, ocasionalmente, em 3 jardins (jardim 22, 23 e 31), não tendo um peso significativo, no entanto existem outros tipos de rega nesses jardins.

Nos jardins com mais do que um sistema de rega (como é o caso dos jardins: 1, 14, 15, 22, 23, 30, 31, 36, 39 e 44), considerando que a rega por aspersão contribui mais para os gastos de água do que a rega localizada e tendo em conta o tipo de vegetação presente e a área regada, procurou-se uniformizar os dados de forma a determinar qual o tipo de rega com mais peso nesses jardins. Essa abordagem deu origem ao Quadro 3.3, que refere o tipo de rega predominante em cada espaço verde e que foi utilizada como referência para o estudo.

Quadro 3.3 - Tipo de rega predominante nos diversos espaços verdes de São Brás de Alportel.

Nº JARDIM	TIPO DE REGA	Nº JARDIM	TIPO DE REGA	Nº JARDIM	TIPO DE REGA
1	A	16	A	31	A
2	A	17	MR	32	A
3	MR	18	A	33	A
4	A	19	A	34	A
5	A	20	A	35	A
6	A	21	A	36	A
7	A	22	A	37	A
8	A	23	A	38	A
9	A	24	A	39	A
10	A	25	A	40	MR
11	A	26	A	41	MR
12	MR	27	A	42	MR
13	MR	28	A	43	MR
14	A	29	A	44	MR
15	A	30	A	45	MR

Legenda: **A** – Aspersão; **MR** – Microrrega.

Relativamente aos materiais de distribuição de rega instalados nos jardins, estes são da marca *Rain bird* e encontram-se ilustrados na Figura 3.9, que diz respeito ao material de rega por aspersão e à rega por gota-a-gota, respetivamente.



Figura 3.9 – Aspersor Rain Bird Série 5000 rotor e tubagem com gotejadores, respetivamente (Fonte: autora).

A rega nos jardins é realizada durante todo o ano, no entanto, há uma diminuição dos tempos de rega nos meses de inverno e, em dias de chuva. Isto mostra que o município tem uma preocupação constante para desligar os sistemas de rega.

Durante os meses de verão os espaços verdes urbanos são regados cerca de 20 minutos por dia e durante o inverno, cerca de 10 minutos. No entanto, estes períodos podem variar em função do estado da vegetação e do presente estado climático, de forma a garantir a função e estética desejada.

4 Metodologia

Neste capítulo são descritos os métodos e materiais usados para obter os resultados apresentados nesta dissertação. Desta forma, a presente metodologia divide-se em 3 subcapítulos: avaliação do sistema de rega, estimativa das necessidades hídricas da vegetação e a deteção remota.

4.1 Avaliação dos Sistemas de Rega

De forma a analisar o desempenho dos sistemas de rega dos espaços verdes de São Brás de Alportel, recorreu-se à metodologia definida por Merriam e Keller (1978). As avaliações realizaram-se no jardim número 30, nas zonas A e B, assinaladas na Figura 4.1. Na zona A foi avaliado o sistema de rega por aspersão e na zona B, o sistema de microrrega.

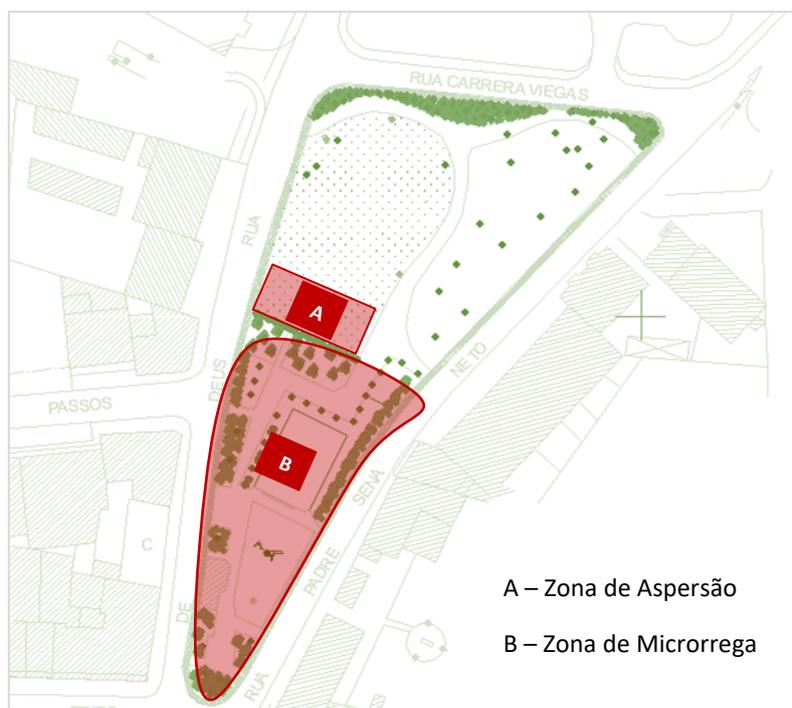


Figura 4.1- Localização das zonas de avaliação de uniformidade, jardim n.º 30 (Fonte da planta: CMSBA, 2013).

4.1.1 Avaliação do sistema de rega por aspersão

Na avaliação do sistema por aspersão, para a medição da pluviometria, os coletores foram distribuídos uniformemente num compasso de 3.00 m por 1.75 m na área de avaliação. A distância entre cada coletor foi determinada de forma a garantir a uniformidade de rega em toda a área (com as dimensões de 27.00 m por 7.00 m).

Para proceder à medição da pluviometria durante as três avaliações, recorreu-se ao seguinte material:

- 50 coletores (com 0,20m de diâmetro);
- 1 fita métrica (50m);
- 1 proveta graduada (100 ml);
- Formulário de campo.

A disposição dos coletores permitiu a formação de 5 linhas e 10 colunas, conforme está representado na Figura 4.2.

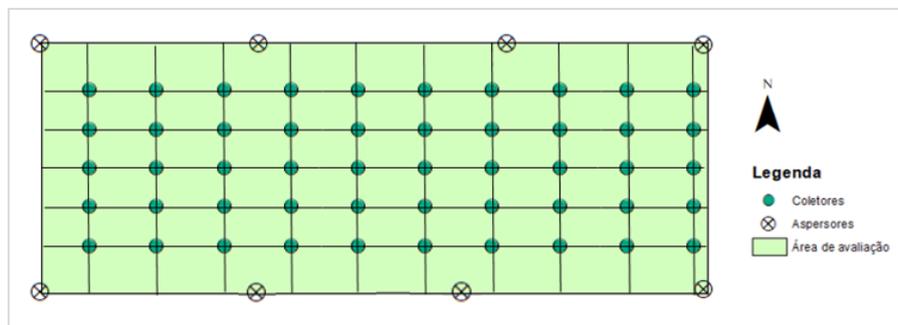


Figura 4.2 - Representação esquemática da distribuição dos coletores e aspersores na área de avaliação (Fonte: autora).

As avaliações realizaram-se nos dias 5 de agosto, 8 de setembro e 7 de outubro de 2016, entre as 8 e as 10 horas no jardim número 30. Foram realizadas as seguintes tarefas:

- Determinação da área a avaliar, tendo em conta a localização dos aspersores;
- Medições e esquematização da malha de coletores;
- Colocação dos coletores nas devidas localizações (Figura 4.3);
- Aplicação da rega durante 20 minutos (tempo de rega habitual) no setor avaliado;
- Medição da quantidade de água presente nos coletores com o auxílio da proveta graduada (ml);
- Registo dos valores respeitando a localização do coletor.



Figura 4.3 – Distribuição dos coletores antes e durante a rega, respetivamente (Fonte: autora).

Após o procedimento de campo, o tratamento dos dados consistiu no cálculo da uniformidade de distribuição e do coeficiente de uniformidade através das equações 2.6 e 2.7 (*vd.* Capítulo 2.2.1). Para isso, os dados recolhidos foram convertidos de ml para mm (L/m^2), calculou-se a média dos valores registados (Z_{avg}) e a média de $\frac{1}{4}$ (25%) dos valores mais baixos (Z_{1q}).

4.1.2 Avaliação do sistema de rega por microrrega

De forma a avaliar a uniformidade de distribuição da rega neste sistema e de acordo com a metodologia descrita por Merriam e Keller (1978) e Pedras (2003), determinaram-se 16 pontos de recolha (Figura 4.4), onde foram recolhidos os volumes de água (ml) durante 1 minuto. A medição do caudal foi feita em dois gotejadores adjacentes para cada ponto.

O equipamento necessário para a recolha dos dados foi o seguinte:

- 1 Manómetro com um adaptador de agulha;
- 2 Copos de plástico;
- 1 proveta graduada (50 ml);
- Formulário de campo.

Além da leitura do volume de água recolhido, efetuaram-se também medições de pressão em quatro pontos e observaram-se as percentagens de solo humedecido.

Seguidamente, recorreu-se ao modelo MIRRIG (Pedras, 2003), um componente de análise que permitiu guardar os dados de campo e determinar os principais indicadores de desempenho, como a uniformidade de distribuição e o coeficiente de distribuição.

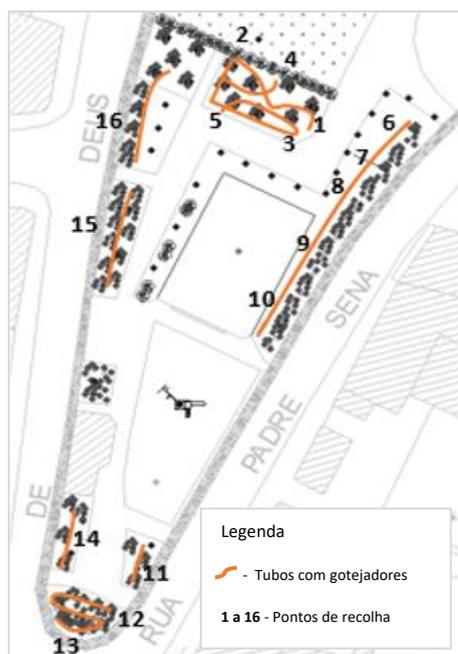


Figura 4.4 – Representação esquemática da rede de microrrega e dos pontos de recolha, jardim n.º 30 (Fonte da planta: CMSBA, 2013).

4.1.3. Dotação Real

Determinados os indicadores de desempenho dos dois sistemas de rega, tornou-se importante estimar quais as necessidades reais em água da vegetação presentes nos espaços verdes, isto é, a dotação real. A dotação real considera as necessidades hídricas da vegetação (ET_L) e o desempenho do sistema (CU) e é determinada pela seguinte equação:

$$Dr = \frac{ET_L}{CU} \quad (4.9)$$

Neste cálculo, o coeficiente de uniformidade (CU) deverá corresponder ao valor determinado para o tipo de rega de cada jardim (*vd.* Quadro 3.3). Por exemplo, se o jardim tiver um sistema de rega por aspersão, o valor de CU deverá ser o que foi determinado para este tipo de sistema e vice-versa. A estimativa dos valores de ET_L será explicada no subcapítulo 4.2.

4.2 Necessidades Hídricas da Vegetação

A estimativa das necessidades hídricas da vegetação, é um dos pontos fundamentais deste trabalho. Nesta dissertação, para a determinação das necessidades hídricas nos vários jardins, recorreu-se ao *software* LIMP que foi desenvolvido por Snyder & Eching (2004). Este *software*

permite calcular a evapotranspiração de uma paisagem (ET_L), bem como a evapotranspiração de referência (ET_o), caso esta última não seja fornecida diretamente ao programa.

O programa LIMP, recorre às equações 2.3 e 2.2 (vd. Capítulo 2.1) para calcular a evapotranspiração de paisagem de um espaço verde. Na Figura 4.5 encontra-se ilustrada a vista geral do programa e os respetivos *inputs*.

		INPUT 1							INPUT 2				INPUT 3						
		R_s	T_a	T_n	U_2	T_d	Pcp	NRD	Loc. ET_o	Reg. ET_o	Input ET_o	PM ET_o	HS ET_o	Default K_v	0< K_v <100	0-100 Gnd. Cov.	0< K_d <1 factor	0< K_s <1 factor	0< K_m <100 Clim. factor
Mon		$MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$m\ s^{-1}$	$^{\circ}C$	mm	#	mm	mm	mm	mm	mm	%	%	%	%	%	
1		7.788	18,5	9,8	0,7	13,4	43,8	17,0	1,6	1,6	1,60	0,9	1,5	0,50		1,00	1,00	1,00	
2		12,217	18,5	8,7	1,0	12,9	38,2	13,0	2,6	2,6	2,60	1,4	2,0	0,50		1,00	1,00	1,00	
3		19,156	19,9	7,5	0,9	13,3	13,6	9,0	4,0	4,0	4,00	2,4	3,0	0,50		1,00	1,00	1,00	
4		20,051	21,9	10,8	0,9	16,2	57,6	11,0	4,4	4,4	4,40	2,9	3,8	0,50		1,00	1,00	1,00	
5		23,189	24,5	13,1	1,0	18,6	135,4	10,0	5,4	5,4	5,40	3,7	4,7	0,50		1,00	1,00	1,00	
6		28,979	31,0	17,0	1,0	24,0	0,2	1,0	7,5	7,5	7,50	5,3	6,1	0,50		1,00	1,00	1,00	
7		27,513	33,4	19,4	0,8	26,4	0,0	0,0	7,3	7,3	7,30	5,5	6,3	0,50		1,00	1,00	1,00	
8		25,475	33,9	19,6	0,7	26,5	0,4	1,0	6,8	6,8	6,80	5,2	5,8	0,50		1,00	1,00	1,00	
9		21,064	31,7	17,7	0,7	24,1	4,8	1,0	5,6	5,6	5,60	4,0	4,6	0,50		1,00	1,00	1,00	
10		13,828	25,9	14,9	0,6	19,7	92,6	8,0	3,4	3,4	3,40	2,3	2,8	0,50		1,00	1,00	1,00	
11		9,602	20,5	10,3	0,7	14,5	105,8	14,0	2,1	2,1	2,10	1,2	1,8	0,50		1,00	1,00	1,00	
12		7,851	18,3	9,6	0,9	13,1	101,8	12,0	1,7	1,7	1,70	0,8	1,3	0,50		1,00	1,00	1,00	

Figura 4.5 – Software LIMP, vista do menu ‘Weather’ e respetivos Inputs (Fonte: Autora).

Neste *software*, existem 2 *inputs* essenciais para o cálculo da ET_L , a introdução de dados meteorológicos (*input* 1) e o valor dos coeficientes de paisagem (*input* 3). A introdução de dados no *input* 2, ET_o , pode ser facultativa. A ET_o é um parâmetro climático e pode ser computado a partir dos dados meteorológicos.

4.2.1 Dados Meteorológicos

De forma a fornecer dados típicos da região, os dados meteorológicos devem ser provenientes de uma estação meteorológica próxima da área de estudo. A estação meteorológica instalada em São Brás de Alportel e gerida pelo SNIRH, tem registos de alguns parâmetros até meados do ano de 2014, outros até 2001, no entanto, atualmente encontra-se sem manutenção. Por essa razão e pelo facto de não haver fundos para instalar outra estação meteorológica perto da área de estudo, recorreu-se às três estações meteorológicas mais próximas, geridas pela DRAPALG (Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve), a estação do Patacão (Faro), da Maragota (Tavira) e a estação meteorológica de Alte (Loulé) (DRAPALG, 2016), de forma a perceber qual das estações apresentava maior relação com os dados registados na estação de São Brás de Alportel. A localização destas estações meteorológicas está representada na Figura 4.6.



Figura 4.6 - Localização das estações meteorológicas da DRAPALG (Fonte: autora, Mapa-base: ©OpenStreetMap).

A comparação dos dados das estações meteorológicas foi feita através de uma regressão linear, entre os dados de temperatura do ar registados na estação de São Brás de Alportel e as três estações da DRAPALG para os anos de 2012, 2013 e 2014. Desta forma, determinou-se que a estação meteorológica da Maragota era a que apresentava maior correlação entre os dados. Para o ano de 2012 obteve uma correlação de 0.9946, em 2013 de 0.9958, e em 2014 de 0.9995. No anexo 3 é possível consultar os gráficos com esta correlação.

A estação meteorológica da Maragota é uma estação automática constituída por um painel solar, equipamento de processamento e armazenamento (DataTaker DT50) e vários sensores, de temperatura e humidade relativa do ar (SKYE SKH 2012), de precipitação (Environmental ARG 100 EC PRONAMIC), de radiação solar global (SKYE SKL 2650 KIPP & ZONEN SP LITE), de velocidade e direção do vento (THIES SMALL MODEL), de temperatura no solo e superfície (SKYE SKTS 300) e um sensor de evaporação (transmissor ultrassónico THIES 6.1432.10.041). A estação faz leituras pré-programadas através dos sensores a cada 10 segundos e os valores são posteriormente submetidos a relatórios estatísticos horários e diários que são armazenados e disponibilizados online (DRAPALG, 2016a). Nesta dissertação, para o cálculo das necessidades hídricas dos jardins foram utilizados dados meteorológicos mensais que foram inseridos no *input* 1 e 2 (vd. Figura 4.5).

4.2.2 Coeficientes de Paisagem

Os coeficientes de paisagem (K_{sm} , K_d , K_{mc} , K_v) foram determinados com base na metodologia proposta por Snyder & Eching (2004) e Allen *et al.* (2007). Estes coeficientes são essenciais para o cálculo da ET_L (vd. Equação 2.3 e 2.4).

Neste estudo assumiu-se o valor de 1: para o coeficiente de stress (K_{sm}), considerando que a disponibilidade de água não apresenta restrições, para o coeficiente de densidade (K_d), sendo que os espaços verdes apresentam mais de 70% de cobertura do solo, e para o coeficiente de microclima (K_{mc}), visto que os espaços verdes assumem condições semelhantes a um parque ao ar livre (*vd.* Capítulo 2.1.3).

Em relação ao K_v , o valor deste coeficiente pode variar conforme o tipo de vegetação e de espécie e, vários tipos de vegetação podem apresentar valores semelhantes devido aos seus índices de área foliar e resposta estomática (Allen *et al.* 2007). Através da listagem das espécies que foi feita para os vários jardins (Anexo 2) foi possível atribuir valores ao K_v recorrendo à bibliografia de Rodriguez *et al.* (2004), que apresenta valores aproximados deste coeficiente para diversas espécies.

Por outro lado, os espaços verdes são normalmente compostos por várias espécies, pelo que, o mesmo jardim pode ter presente vários valores de K_v . De forma a contornar esta situação, neste estudo optou-se por usar o K_v da espécie com o coeficiente mais elevado. De acordo com Rodriguez *et al.* (2004) ao assumirmos o K_v mais alto estamos a cobrir as necessidades hídricas de todas as plantas presentes nesse espaço.

Assim sendo, assumiu-se que o K_v de um determinado jardim, corresponde ao K_v da espécie com o K_v mais elevado, mas com duas exceções:

- Em casos em que o K_v mais elevado pertence a uma espécie de árvore, assume-se o valor do segundo K_v mais elevado, porque a rega do jardim na maioria dos casos não é direcionada para árvores.
- Em casos em que existem duas espécies com o mesmo valor de K_v , verificou-se qual a espécie com o papel mais importante nesse jardim e assumiu-se o seu valor.

Posteriormente, verificou-se que havia jardins que possuíam o mesmo valor de K_v e a mesma espécie e, de forma a facilitar a apresentação dos dados dos 45 espaços verdes, os jardins foram agrupados em categorias de acordo com a espécie, o valor de K_v e o tipo de rega. As categorias são apresentadas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Espaços verdes de São Brás de Alportel agrupados por categorias conforme a espécie e o K_v .

Categoria	N.º jardim	Tipo de rega	Espécie mais abundante	K_v
I	1, 2, 4, 14, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 37	A	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	0.5
II	3, 12, 13	MR	<i>Citrus sinensis</i>	0.5
III	5, 11	A	<i>Agapanthus africanus</i>	0.5
	41, 43	MR		
IV	6, 7, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 29, 31, 32	A	<i>Zoysia</i>	0.5
V	8	A	<i>Osteospermum spp.</i>	0.26
VI	38, 39	A	<i>Rosmarinus officinalis</i>	0.3
	17, 44	MR		
VII	40	MR	<i>Cupressus</i>	0.3
VIII	42	MR	<i>Buxus sempervirens</i>	0.5
IX	45	MR	<i>Nerium oleander</i>	0.3

Dispondo de todos os valores de coeficientes necessários, estes foram inseridos no *input 3* (vd. Figura 4.5) e determinaram-se as necessidades hídricas (K_L e ET_L) de todos os jardins da Vila de São Brás de Alportel.

4.3 Deteção Remota

Neste capítulo pretende-se descrever as metodologias adotadas durante a aquisição de dados por deteção remota e o tratamento e análise dos dados recolhidos.

4.3.1 Equipamento

A aquisição de dados foi realizada com o auxílio de um VANT, um quadricóptero da marca DJI, modelo *Phantom 2*, ao qual se encontrava acoplado uma câmara fotográfica. Em relação às características deste VANT (Figura 4.7), possui uma duração máxima de voo de aproximadamente 20 minutos (por bateria), sobe a uma velocidade máxima de 6ms^{-1} e desce a um máximo de 2ms^{-1} , o seu peso total (incluindo as baterias e hélices) é de 1000g. Em relação à câmara fotográfica usada, foi uma Canon SX260 HS (Figura 4.7), com um sensor com as dimensões 6.17x4.55mm, uma distância focal de 25-500mm (35mm eq.) e uma resolução de 12 megapixéis, com um peso de 208g e um recetor GPS incorporado que permite o georeferenciamento das imagens.

A câmara foi configurada para captar imagens a cada 2 segundos de voo e encontrava-se previamente convertida para NGB (NIR + Red, Green, Blue), de forma a absorver a gama do

infravermelho próximo, essencial para o cálculo do NDVI. O armazenamento dos dados foi feito em formato JPG num cartão SD.



Figura 4.7 – Fotografia do VANT DJI Phantom 2 utilizado e imagem da câmara fotográfica Canon SX260 HS, respetivamente (Fonte: autora e Canon, 2017).

4.3.2 Plano de Voo

Para a elaboração do plano de voo, começou-se pela delimitação da área de estudo com a ajuda do *Google Earth Pro 7.3*. Neste voo pretendia-se sobrevoar os 45 espaços verdes públicos de São Brás de Alportel (*vd.* Capítulo 3.1) mas, durante a planificação do voo, verificou-se que a área a sobrevoar era muito extensa e que a autonomia do VANT não era suficiente para realizar um voo de toda a área. Desta forma, decidiu-se dividir a vila em várias zonas de voo: zona este, norte, oeste e sul (rotundas), consoante a localização dos jardins e de forma a abranger o máximo de jardins possível, como mostra a Figura 4.8.



Figura 4.8 – Zonas de voo definidas para o plano de voo (Fonte: autora; Mapa base: ©OpenStreetMap).

Os voos foram planeados com a ajuda do programa *DJI Ground Station 4.0*, que permite efetuar e simular planos de voo. Neste software criou-se um plano de voo para cada zona, com especial atenção à altitude e ao tempo de voo, de forma a evitar colisões e de não exceder o tempo de

bateria (utilizaram-se 3 baterias de aproximadamente 15 minutos). Para gerar um plano de voo no software selecionou-se a área de interesse e este gerou automaticamente vários pontos que formam uma rota de voo, como está representado a azul e amarelo na Figura 4.9.

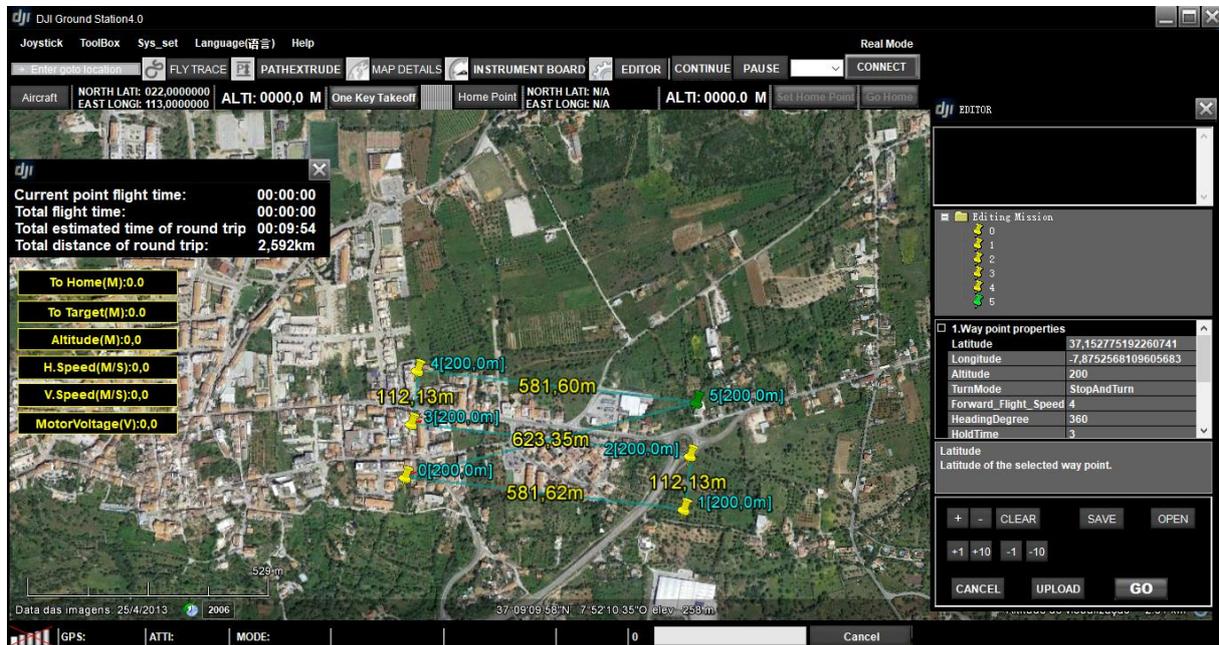


Figura 4.9 - Planeamento do voo utilizando o *software DJI Ground Station 4.0* (Fonte: autora).

Durante a planificação, é ainda possível definir vários parâmetros para o voo. Os parâmetros utilizados em todos os voos deste estudo, encontram-se discriminados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Parâmetros utilizados no planeamento dos voos.

Parâmetros	
Distância focal	35mm
Altura do voo	100m
Sobreposição Longitudinal	75%
Sobreposição Lateral	75%
Dimensões do sensor	6.17x4.55mm
Velocidade horizontal	12ms ⁻¹
Velocidade vertical	2ms ⁻¹

4.3.3 Execução do voo

Após o planeamento, foi solicitada à Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) e à Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC) uma autorização para a realização dos voos e outra para a aquisição de imagens na zona urbana de São Brás de Alportel. Estas solicitações foram realizadas mediante o preenchimento e envio de um formulário disponibilizado no *site* da

entidade e do envio de um email a informar os dias que os voos se iam realizar. Os voos foram realizados nos dias 20 de maio, 9 de junho e 7 de julho de 2016, após a aprovação.

No dia da execução do levantamento, teve-se atenção às condições meteorológicas visto que a ocorrência de nebulosidade, pouca visibilidade ou muito vento, podem ter uma influência direta no voo e nos resultados.

A execução do voo implicou os seguintes materiais:

- 1 computador portátil com o software *DJI Ground Station 4.0* instalado;
- 1 sistema de telemetria com ligação USB;
- DJI Phantom 2;
- 1 Comando remoto do Phantom 2 (*Joystick*).

Para dar início ao levantamento foi necessário sincronizar o computador com o VANT (através do *software DJI Ground Station 4.0*) e ligou-se o comando remoto, caso fosse necessário controlar o VANT remotamente. O programa utilizado forneceu informação em tempo-real da posição e altitude do aparelho, e outros dados como a velocidade do vento, a velocidade vertical, o regulador de pressão, entre outros.

De acordo com os recursos e o equipamento, foram realizados 6 voos em cada dia de levantamento de dados (na zona este, norte, oeste, rotunda 1, rotunda 2 e rotunda 3), um total de 18 voos, e foram sobrevoados 25 espaços verdes.

4.3.4 Tratamento dos Dados

Efetuada os levantamentos, contabilizaram-se os dados recolhidos. No primeiro dia de voos foram recolhidas um total de 1165 imagens, no segundo um total de 1254 e no último dia foram recolhidas 994 imagens. O número de imagens recolhidas por zona encontra-se discriminado no Quadro 4.3.

No Quadro 4.3, é possível observar que apesar dos planos dos voos terem sido iguais e a máquina fotográfica estar programada para recolher imagens de 2 em 2 segundos, o número de imagens obtidas pode variar de voo para voo devido às condições meteorológicas.

Quadro 4.3 – Número de imagens recolhidas durante os voos realizados.

Dia de voo	Data	Nº fotografias (por zona)					
		Este	Norte	Oeste	Rotunda 1	Rotunda 2	Rotunda 3
1	20/05/2016	329	379	252	118	89	87
2	9/06/2016	319	397	249	102	123	98
3	7/07/2016	285	256	244	90	74	88

Na fase do tratamento dos dados, começou-se por verificar a qualidade das imagens recolhidas. A qualidade foi determinada com a ajuda do programa *Agisoft Photoscan 1.2.2.* que permite estimar a qualidade de uma imagem baseando-se no nível de nitidez da parte mais focada da mesma. Desta forma, as imagens foram inseridas no programa e as que apresentavam uma qualidade inferior a um limite pré-definido no software (0.5) foram excluídas. Além das imagens com baixa qualidade, também foram excluídas as que ficavam fora das áreas de estudo. Nos dois primeiros voos a qualidade das imagens foi satisfatória, mas no último voo, muitas das imagens apresentaram baixa qualidade. Isto poderá estar relacionado com os problemas que ocorreram durante o voo, nomeadamente a queda do VANT sem aviso prévio e a programação do material após esse acontecimento. Como não houve a possibilidade de efetuar outro voo, usaram-se as imagens com a melhor qualidade possível. É de salientar que é bastante importante ter atenção à sobreposição das fotos e tentar evitar excluir fotos que sejam necessárias, uma vez que a sobreposição das imagens é fundamental para a criação dos ortofotomapas.

O processamento das imagens para a criação dos ortofotomapas foi feito através do *software Pix4D*. Este programa (Figura 4.10) permite agrupar as imagens aéreas numa só, corrigindo-as geometricamente e atribuindo-lhes uma escala constante. No Pix4D, o alinhamento das fotografias e a construção dos ortofotomapas são processos automatizados e estes passos podem demorar horas ou dias a processar, dependendo do número de fotografias. Os ortofotomapas criados demoraram cerca de um dia a serem gerados.

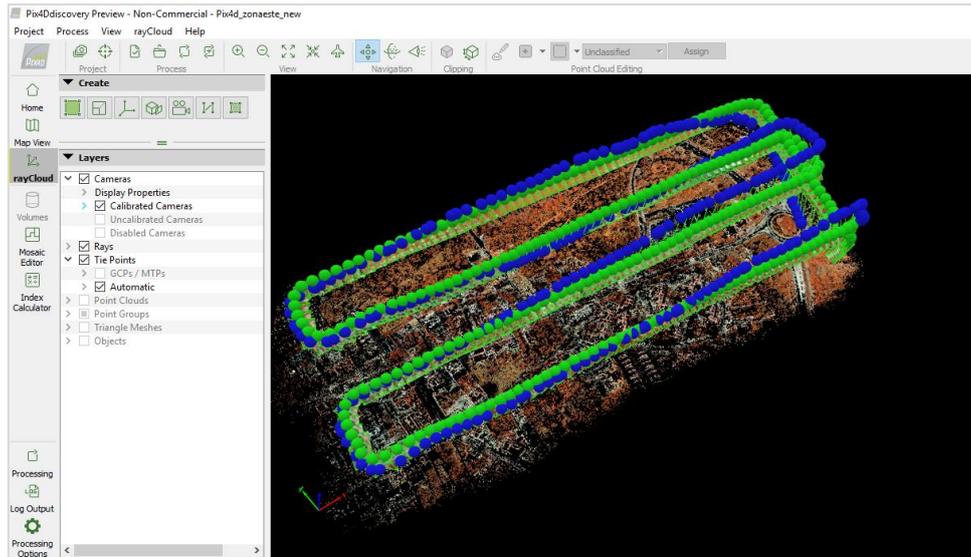


Figura 4.10 - Software Pix4D, menu 'Raycloud' (Fonte: Autora).

4.3.5 Índice de Vegetação - NDVI

Neste trabalho o índice de vegetação utilizado foi o NDVI e a sua determinação foi feita por intermédio da Eq. 2.8 com o objetivo de determinar o estado da vegetação dos espaços verdes da área de estudo (*vd.* Capítulo 2.3.1).

Para o seu cálculo recorreu-se ao programa ArcMap 10.1, mais especificamente à ferramenta do '*Spatial Analyst*' denominada por '*Raster Calculator*'. No programa, inseriram-se as bandas 1 e 3 de cada ortofotomapa gerado e procedeu-se ao cálculo pelo '*Raster Calculator*' através da seguinte equação:

$$NDVI = \frac{\text{float (banda 1 - banda 3)}}{\text{float (banda 3 + 1)}} \quad (4.10)$$

Aplicando a equação 4.10, resultaram novos ortofotomapas em formato *tif* que apresentam valores de píxeis entre -1 e 1 (*vd.* Capítulo 5.4.1) dependendo da variação do NDVI ao longo do mesmo.

5 Análise e Discussão dos Resultados

Neste capítulo, visando os jardins públicos de São Brás de Alportel, são analisados os dados do clima, da eficiência dos sistemas de rega, das necessidades em água dos jardins e dos índices de vegetação. Estes valores são comparados com os da evapotranspiração por forma a estabelecer uma relação que vise melhorar as estratégias de rega atualmente adotadas num espaço verde público urbano.

5.1 Dados Meteorológicos da região

Os dados da estação meteorológica da Maragota (*vd.* Capítulo 4.2.1) utilizados neste estudo foram os seguintes: a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), a radiação ($\text{MJm}^{-1}\text{d}^{-1}$), o vento (ms^{-1}), a precipitação (mm) e a evapotranspiração de referência, ET_o (mm/d). A Figura 5.1 apresenta os valores da temperatura, da radiação e da ET_o , de janeiro de 2014 a dezembro de 2016.

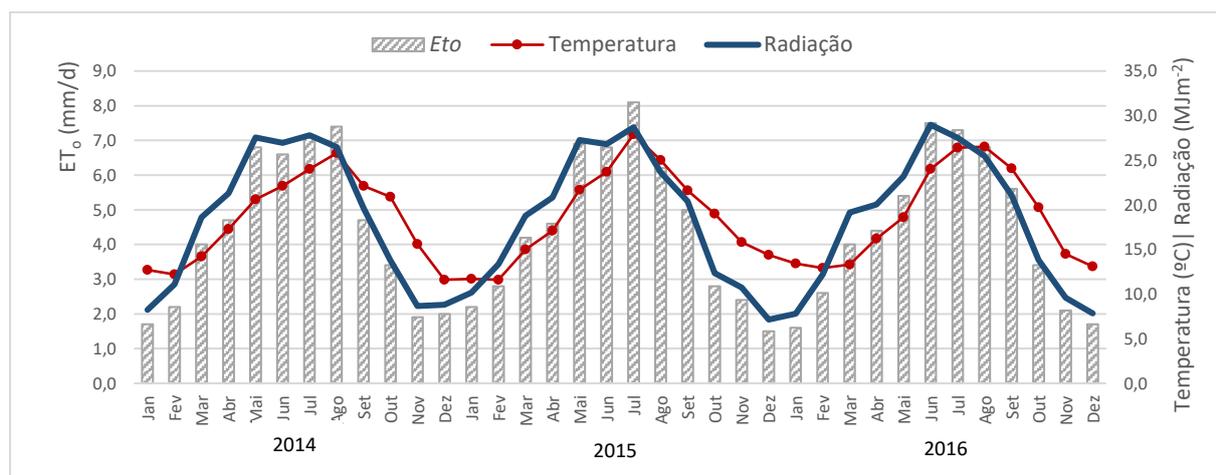


Figura 5.1 – Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), radiação (MJm^{-2}) e evapotranspiração de referência (ET_o) registada na estação meteorológica da Maragota de 2014 a 2016 (Fonte: DRAPALG, 2016a).

No verão a temperatura, a radiação e a ET_o atingem os valores mais altos e no inverno registam os valores mais baixos. Os valores mais elevados de temperatura foram registados nos meses de julho (anos de 2015 e 2016) e agosto (2014), o que está em concordância com o clima da região (*vd.* Capítulo 3.2.1). As temperaturas médias mais altas registadas estão entre 25,8 e 27,9 $^{\circ}\text{C}$ e as mais baixas entre 11,6 e 13,1 $^{\circ}\text{C}$.

No que diz respeito à radiação, esta regista o maior valor no mês de junho de 2016 com cerca de 29 MJm^{-2} , seguido do mês de julho de 2015 com 28,7 MJm^{-2} . Os valores mais baixos

registam-se nos meses de dezembro de 2015 e janeiro de 2016 com 7,1 e 7,8 MJm⁻², respetivamente.

A Evapotranspiração de referência atinge o seu valor máximo no mês de julho de 2015 com cerca de 8.1mm/d, seguido do mês de junho de 2016 com 7.5mm/d. Enquanto os valores mínimos são atingidos nos meses de janeiro (anos de 2014 e 2016) e dezembro (2015) com valores entre os 1.5 e 1.7mm/d.

A Figura 5.1 demonstra que existe uma relação entre a radiação e a ET_o , ou seja, uma diminuição nos valores de radiação é acompanhada pela diminuição da ET_o (vd. Eq. 2.2).

A Figura 5.2 apresenta os valores de precipitação da estação meteorológica da Maragota entre 2014 e 2016. Nos meses de verão a precipitação é baixa ou praticamente inexistente. Esta situação contribui para o aumento do consumo de água durante esses meses, tornando-se necessário recorrer à água da rede para proceder à rega dos jardins. Nos meses mais frios, a precipitação é mais elevada em outubro, novembro, dezembro e janeiro. O ano de 2015 foi o ano menos chuvoso e 2014 o mais chuvoso. Em 2016, o mês de maio registou um valor de precipitação elevado (135mm/mês).

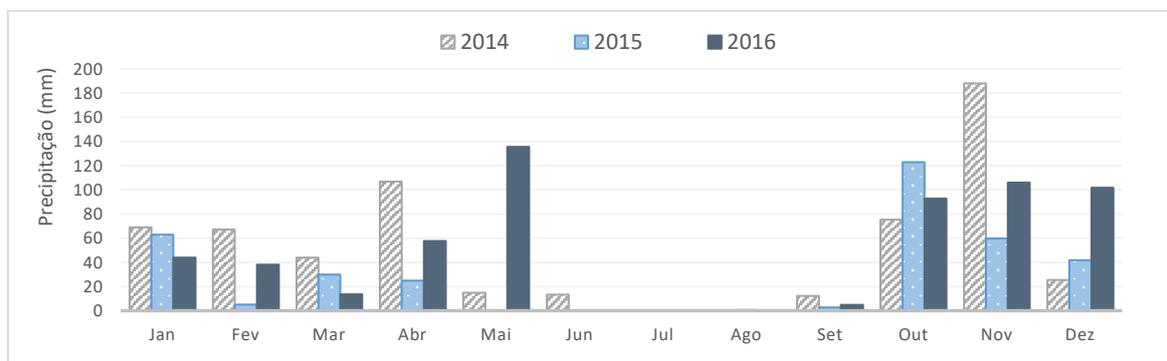


Figura 5.2 – Precipitação (mm/mês) registada na estação meteorológica da Maragota durante 2014, 2015 e 2016 (Fonte: DRAPALG, 2016a).

A precipitação média anual dos três anos ronda os 520mm, sendo a média da região do Algarve de cerca de 578mm (vd. Capítulo 3.2.2). A precipitação média anual na vila de São Brás de Alportel é mais elevada com cerca de 883mm (vd. Capítulo 3.2.2).

A velocidade do vento registada na estação meteorológica da Maragota (Figura 5.3) apresenta suaves variações, e esta é ligeiramente menor nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. A velocidade média do vento de 2014 a 2016 foi cerca de 0.8 ms⁻¹, valor próximo da média registada na estação meteorológica de São Brás de Alportel, com cerca de 1.1ms⁻¹ (vd. Capítulo 3.2.3).

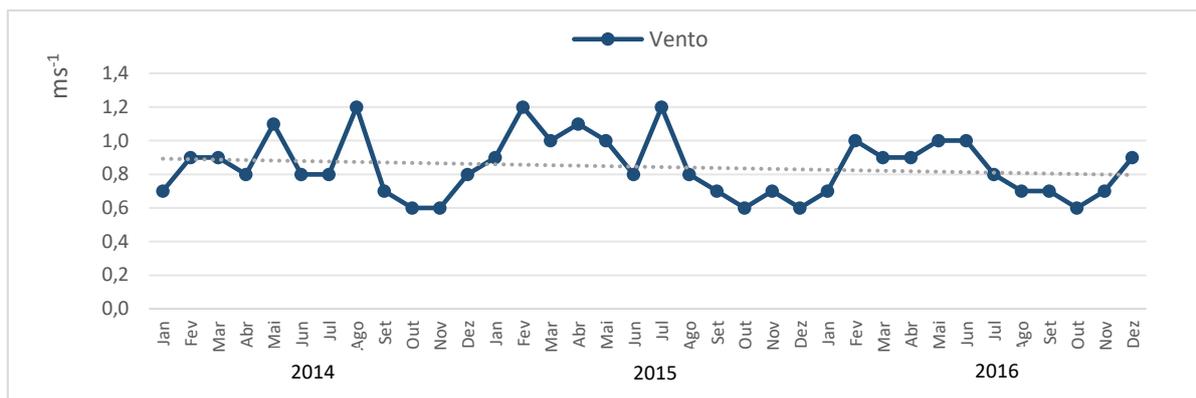


Figura 5.3 - Velocidade do vento (ms^{-1}) registrada na estação meteorológica da Maragota entre 2014 e 2016 (Fonte: DRAPALG, 2016a)

5.2 Avaliação do Sistema de Rega

A avaliação do sistema de rega permite analisar vários parâmetros do funcionamento do sistema, nomeadamente a uniformidade de distribuição da água na parcela de rega (*vd.* Cap. 4.1).

A Figura 5.4 representa a distribuição da água recolhida pelos pluviómetros, distribuídos num compasso de 3.00 m por 1.75m (*vd.* Cap. 4.1.1), em três avaliações realizadas na rega por aspersão em 5 de agosto, 8 de setembro e 7 de outubro de 2016.

Em todas as avaliações, as zonas que receberam menos água apresentam tons de azul mais claros (0 a 6 mm), enquanto que, as zonas com tons mais escuros receberam mais água (8 a 10 mm).

A 1ª e a 2ª avaliação, em contraste com a 3ª avaliação, apresentam uma pior distribuição de água. Esta ocorrência pode ser explicada pela velocidade e direção do vento registrada nos dias das avaliações. Na primeira e segunda avaliação, a velocidade média do vento foi cerca de $0,8 \text{ ms}^{-1}$, enquanto na terceira avaliação foi cerca de $0,3 \text{ ms}^{-1}$ (DRAPALG, 2016a). A direção do vento foi predominante de norte para sul nas três avaliações.

Durante a avaliação, para além da velocidade e da direção do vento, também se verificou que, dois dos aspersores encontravam-se desalinhados. Esta é uma situação recorrente em espaços verdes públicos, onde o material de rega fica mais suscetível ao desgaste e à sua danificação.

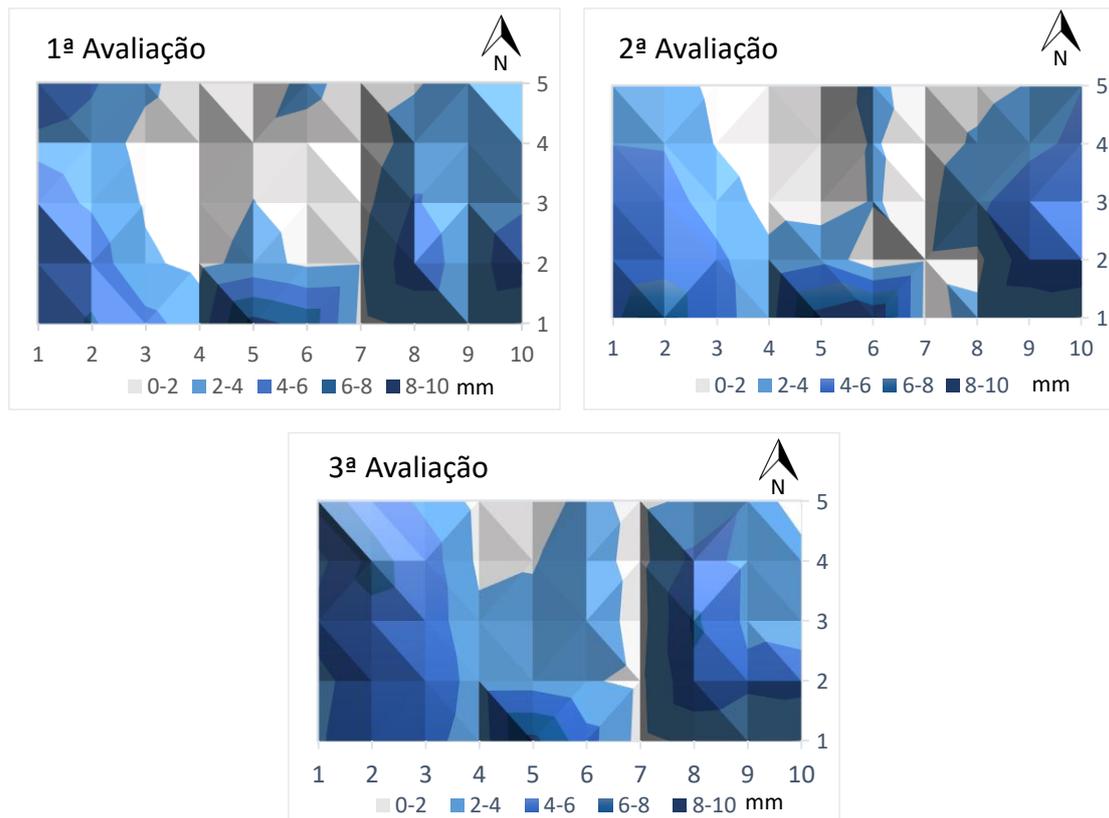


Figura 5.4 - Distribuição da quantidade de água recebida pelos pluviômetros (mm) durante a 1ª, 2ª e 3ª avaliação, respectivamente.

Segundo Pereira (2004), a uniformidade de distribuição da água de rega tem como indicadores a uniformidade de distribuição (UD) e o coeficiente de uniformidade (CU), que utilizam dados como a quantidade média de água infiltrada na parcela (Z_{avg}) e a quantidade média de água infiltrada no menor quartil de área regada (Z_{lq}). O Quadro 5.1 apresenta os valores obtidos para estes parâmetros durante as três avaliações.

Quadro 5.1 - Valores médios da água infiltrada (Z_{avg}) e da água infiltrada no menor quartil de área regada (Z_{lq}), em mm, durante as três avaliações.

(mm)	Agosto 2016	Setembro 2016	Outubro 2016
Z_{avg}	3.02	3.18	3.56
Z_{lq}	1.21	0.9	1.52

Os valores da quantidade média de água recolhida (Z_{avg}) estão entre 3.02 e 3.56mm e da quantidade de água recolhida no menor quartil (Z_{lq}) entre 0.9 e 1.52mm. A 3ª avaliação, realizada no mês de outubro de 2016, foi a que obteve valores mais elevados para ambos os parâmetros. No entanto, a quantidade média de água recolhida apresenta valores muito próximos nas três avaliações (Quadro 5.1). As diferenças registradas Z_{lq} entre as três avaliações

podem estar relacionadas com a velocidade do vento registada durante as avaliações, que poderá ter afetado a distribuição da água.

A uniformidade do sistema foi obtida através da uniformidade de distribuição (*UD*, *vd.* Eq. 2.6) e do coeficiente de uniformidade (*CU*, *vd.* Eq. 2.7). A Figura 5.5 apresenta a variação da *UD* (%) e da *CU* (%) para as três avaliações.

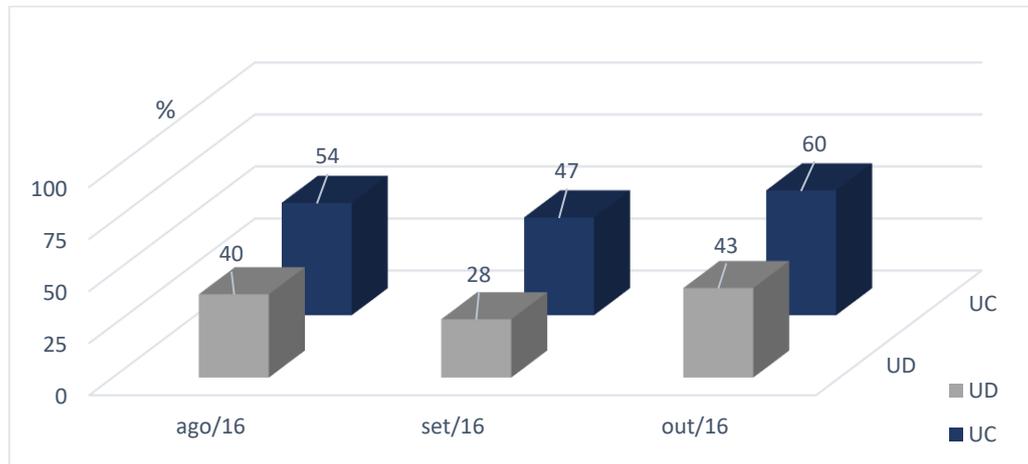


Figura 5.5 - Variação da uniformidade de distribuição (*UD*) e do coeficiente de uniformidade (*CU*) nas três avaliações realizadas em agosto, setembro e outubro de 2016.

De acordo com a Figura 5.5, a uniformidade de distribuição variou entre 28 e 43% e o coeficiente de uniformidade teve uma variação de 47 a 60%. Para ambos os parâmetros se verificou que os valores obtidos são inferiores aos recomendados para rega por aspersão. Segundo Merriam & Keller (1978) o *UD* deveria assumir valores entre 70-80% e o *CU* entre 80-90%.

Na microrrega, a uniformidade de distribuição da água foi determinada, com base na metodologia descrita no Capítulo 4.1.2, correndo o software MIRRIG e obtiveram-se os seguintes resultados: $UD \approx 59.5\%$ e $CU \approx 70.9\%$. Os valores obtidos, além de abaixo da situação ideal, em que a eficiência potencial dos sistemas por microrrega ronda os 90-95%, encontram-se ligeiramente abaixo dos valores aceitáveis (65-90%) (Pereira e Trout, 1999).

Estes resultados demonstram que a uniformidade de distribuição da água dos diferentes sistemas de rega pode ser melhorada. Principalmente através de sistemas de rega adaptados às necessidades hídricas da vegetação, que permitam minimizar a rega por excesso e evitando regas por defeito. Ao usar a água necessária, melhora-se também a qualidade visual da vegetação.

A uniformidade de distribuição é um bom indicador de como a água é aplicada numa determinada área.

5.3 Necessidades Hídricas da Vegetação

As necessidades hídricas da vegetação foram estimadas de acordo com metodologia descrita anteriormente (vd. Capítulo 4.2) para os espaços verdes públicos da Vila de São Brás de Alportel. O Quadro 5.2 apresenta os valores determinados para o K_L , K_v e ET_L que foram determinados conforme a metodologia do Capítulo 4.2.2.

Neste quadro, os 45 jardins foram agrupados por categorias de forma a facilitar a apresentação dos dados, em que jardins com a mesma espécie e o mesmo valor de K_v foram inseridos na mesma categoria (vd. Cap. 4.2.2).

Quadro 5.2 - Valores médios estimados para o coeficiente de paisagem (K_L), coeficiente de vegetação (K_v) e evapotranspiração de paisagem (ET_L) para os vários jardins durante o ano de 2016.

CATEGORIA	N.º jardim	ESPÉCIE MAIS ABUNDANTE	K_v	K_L	ET_L
I	1, 2, 4, 14, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 37	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	0.5	0.74	2.79
II	3, 12, 13	<i>Citrus sinensis</i>	0.5	0.74	2.79
III	5, 11, 41, 43	<i>Agapanthus africanus</i>	0.5	0.74	2.79
IV	6, 7, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 29, 31, 32	<i>Zoysia</i>	0.5	0.74	2.79
V	8	<i>Osteospermum spp.</i>	0.26	0.65	2.19
VI	17, 38, 39, 44	<i>Rosmarinus officinalis</i>	0.3	0.7	2.28
VII	40	<i>Cupressus</i>	0.3	0.7	2.28
VIII	42	<i>Buxus sempervirens</i>	0.5	0.74	2.79
IX	45	<i>Nerium oleander</i>	0.3	0.7	2.28

O coeficiente de paisagem (K_L), neste caso, depende das características da vegetação para a definição da metodologia de rega. Quando existem espécies com diferentes valores de coeficiente de vegetação, a espécie com maiores necessidades hídricas no jardim pode determinar as necessidades hídricas desse jardim. Esta metodologia pode fornecer água em excesso a determinadas espécies presentes no jardim, mas certifica que todas as plantas recebem água suficiente (vd. Capítulo 4.2.2). Outras metodologias poderiam ter sido adotadas, mas dada a constituição dos espaços verdes da vila e o facto de alguns jardins não estarem projetados por

sectores de rega com plantas de necessidade hídrica semelhante (hidrozonas), esta tornou-se a melhor opção para atribuir valores ao K_v .

No Quadro anterior podemos verificar que os valores de ET_L e K_L determinados através do *software* variam de acordo com o valor de K_v definido. Quanto maior o valor de K_v , maior o valor de ET_L . Estes valores foram estimados de acordo com a metodologia do capítulo 4.2, correndo o programa LIMP.

A Figura 5.6 apresenta os consumos de água realizados, a precipitação, o ET_L e a dotação real estimada para cada mês do ano de 2016 para os jardins com a espécie *Stenotaphrum secundatum* (Categoria I), presente nos jardins nº 1, 2, 4, 14, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36 e 37.

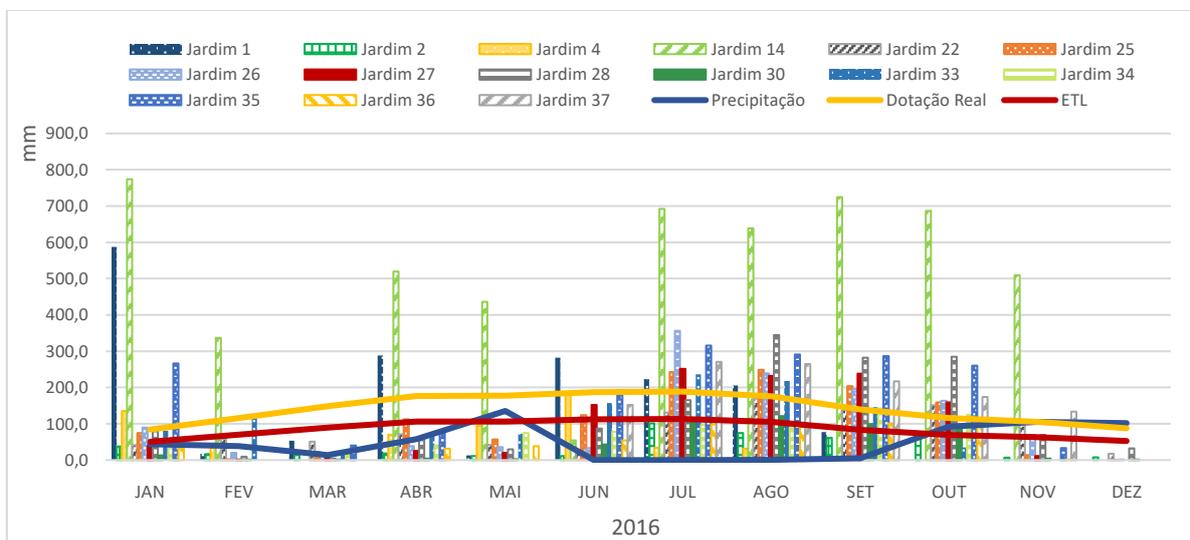


Figura 5.6 – Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins da categoria I.

Desta forma, verifica-se que o jardim n.º 14 foi o jardim que consumiu mais água e que, somando este valor com o da precipitação, obteve cerca de 5965.4 mm/ano. Por outro lado, o n.º 2 foi o que recebeu menos água (1020.6 mm/ano). Os valores discriminados dos consumos e da precipitação registados podem ser consultados no Anexo 4.

A dotação real (DR) presente na Figura 5.6 (linha contínua amarela), representa a quantidade de água a aplicar nos espaços verdes atendendo à uniformidade de distribuição da água determinada no sistema de rega (vd. Cap. 4.1.3). Todos os jardins da categoria I apresentam um sistema de rega por aspersão (vd. Quadro 3.3) que, de acordo com o que foi terminado na avaliação dos sistemas de rega, tem um valor de coeficiente de uniformidade de 60%. Desta forma, dividindo o ET_L obtido pelo coeficiente de uniformidade, obtém-se o valor de dotação real (vd. Cap. 4.1.3). Os valores de dotação real determinados para os vários jardins encontram-

se presentes no Anexo 5, bem como a diferença entre a quantidade de água fornecida e a quantidade necessária. Neste quadro é possível observar os jardins que receberam mais água do que o necessário e que em alguns a estratégia de rega adotada não foi adequada.

No jardim n.º 1, em janeiro (Figura 5.6), a quantidade de água fornecida (587.1mm) excedeu as necessidades hídricas (84.3mm). Este registo pode estar associado à mudança de culturas que aconteceu nesse espaço, tendo sido fornecida mais água às plantas, e visto que os consumos de água estabilizaram nos restantes meses, indo de encontro às necessidades hídricas da vegetação.

Relativamente ao jardim n.º 14, não existe uma justificação para os consumos tão elevados e os dados não justificam a ocorrência de uma rotura dado que nos meses de março e junho os consumos são baixos. Outra das hipóteses poderá estar relacionada com mau ajuste do programador de rega automático. Este jardim possui uma diferença de 4261.9 mm/ano de água que foi fornecida por excesso.

Nos jardins n.º 25, 26, 27, 33 e 37 são registadas diferenças por excesso entre 25 e 150 mm/ano.

No caso do jardim n.º 28 (Figura 5.6) verifica-se que a partir do mês de agosto até dezembro a rega é feita acima das necessidades hídricas do jardim e que, nos meses de outubro a dezembro a precipitação registada teria sido suficiente para garantir a quantidade de água necessária à rega. Neste jardim registou-se uma diferença por excesso de 342 mm/ano.

O jardim n.º 35, à semelhança do anterior e com exceção do mês de janeiro, apresenta uma estratégia de rega por stress até ao mês de julho. A partir do mês de julho a rega foi feita por excesso. Esta situação é recorrente nos meses mais quentes dado que as temperaturas aumentam e torna-se necessário aumentar os tempos de rega, contudo há que ter em atenção que uma rega por excesso pode promover o escoamento superficial ou a percolação profunda.

De uma forma geral, a Figura 5.6 permite concluir que a rega praticada pelo município tem a preocupação de suprimir a rega em meses de elevada precipitação, como se pode verificar no mês de dezembro em que a rega é inexistente ou baixa em todos os espaços verdes da categoria I. No entanto, eleva-se a necessidade de ajustar a rega nos meses de verão.

A Figura 5.7 apresenta o ET_L estimado para a espécie *Citrus sinensis* (Categoria II) que se encontra presente nos jardins n.º 3, 12 e 13, bem como os consumos de água mensais desses jardins, a dotação real e a quantidade de precipitação registada para em 2016.

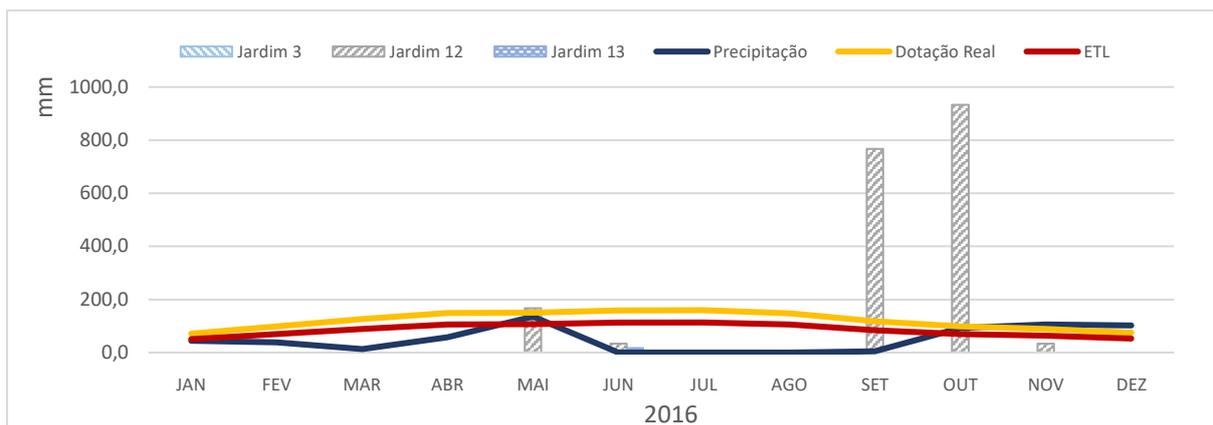


Figura 5.7 - Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins da categoria II.

Nos espaços verdes da categoria II apenas foram registados consumos de água no jardim n.º 12. Este registou consumos nos meses de setembro e outubro, em contraste com os outros dois jardins. Nestes jardins, constata-se que existe uma preocupação mínima por parte do município, não ocorrendo consumos de água. Contudo, a vegetação destes jardins mantém-se verde durante todo o ano pelo que estas plantas deverão obter água de jardins adjacentes.

Os consumos e as necessidades hídricas da categoria III, referente à espécie *Agapanthus africanus*, presente nos jardins n.º 5 e 11, com sistema de rega por aspersão são apresentados na Figura 5.8, e nos jardins n.º 41 e 43, com sistemas de microrrega, na Figura 5.9.

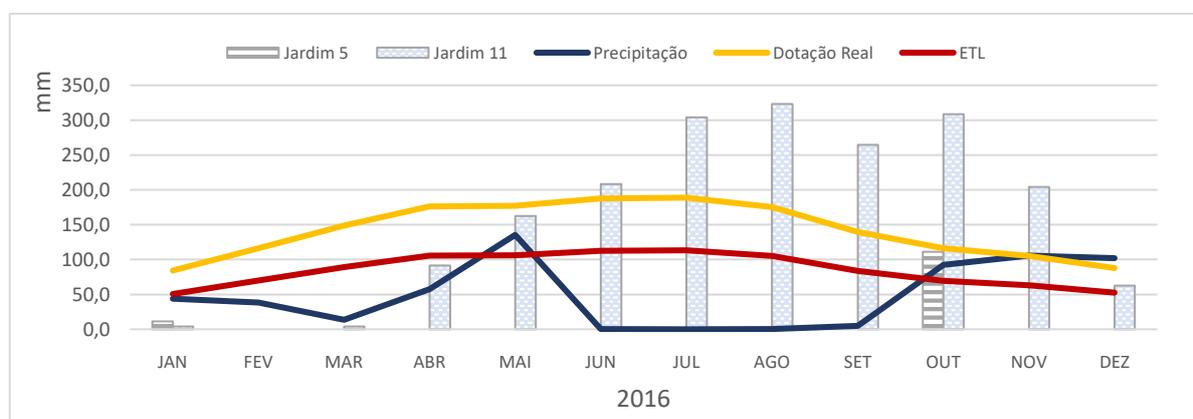


Figura 5.8 – Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 5 e 11, da categoria III.

Nos jardins com rega por aspersão (Figura 5.8) existe uma grande diferença entre os consumos de água registados no jardim n.º 5 e n.º 11. O jardim n.º 5 apenas registou consumos nos meses de janeiro e de outubro e, o jardim n.º 11 apresentou consumos na maior parte do ano, com maior incidência nos meses mais quentes. No jardim n.º 5, apesar dos baixos consumos de água e de se registar um défice de água de 987mm/ano para completar a dotação real, verifica-se que a precipitação teve um papel importante e que as plantas se mantêm verdes. Por outro lado, no

jardim n.º 11, verifica-se que de julho a novembro os consumos de água são superiores aos valores de dotação real estimados e ocorreu um fornecimento de água por excesso de 828mm/ano. A rega neste jardim deveria ter sido reduzida a partir de setembro.

A rega ser feita de forma automática e não existirem recursos humanos e materiais que consigam reduzir o tempo de rega dos setores em dias de chuva, acaba por se refletir no funcionamento do sistema. No mês de maio registou-se uma precipitação elevada, mas o volume regado não foi ajustado de forma a fornecer apenas o necessário para suprimir as necessidades hídricas das plantas, o que levou a um gasto de água desnecessário no jardim n.º 11.

Destaca-se assim a importância de adaptar a rega não só às necessidades hídricas das plantas de cada espaço verde como também às condições meteorológicas, ou seja, há que fazer o balanço hídrico. Deste modo é possível melhorar a utilização do recurso água, evitando o desperdício de água, e dos recursos económicos do município, contribuindo para a sustentabilidade da rega dos espaços verdes em zonas mediterrâneas.

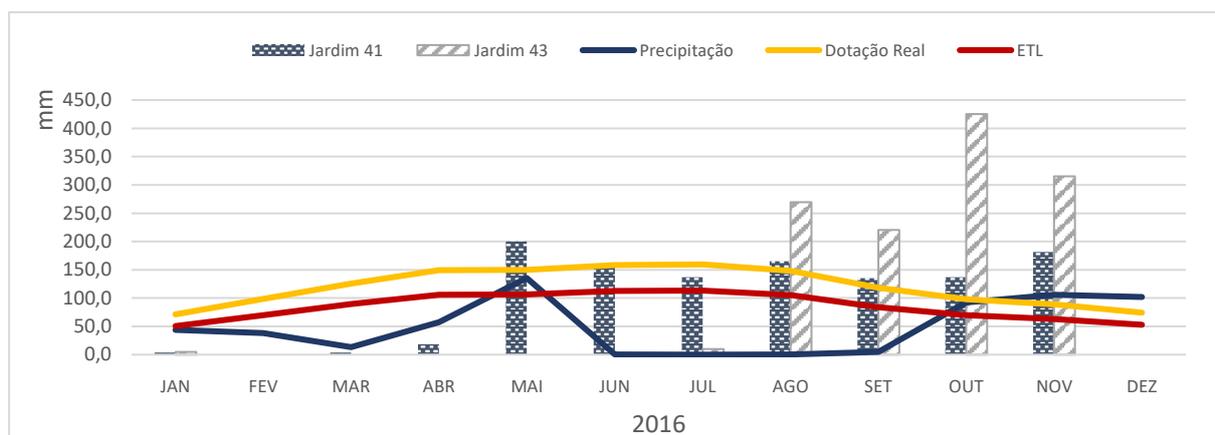


Figura 5.9 - Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 41 e 43, da categoria III.

Nos jardins n.º 41 e 43 (Figura 5.9), durante os meses mais frios, a rega é praticamente inexistente, sendo as necessidades de água maioritariamente asseguradas pela precipitação.

Para o jardim n.º 41, nos meses mais quentes, a dotação real é superior ao consumo, enquanto que nos meses de maio, outubro e novembro, o consumo registado foi superior à dotação real. No jardim n.º 43, os consumos registados nos meses de junho e julho foram muito próximos de zero e no mês de agosto os consumos foram 121,2mm superiores aos valores da dotação real para esse mês.

De uma forma geral, a rega destes jardins foi feita maioritariamente de maio a novembro. Em alguns meses (maio, outubro, novembro) registaram-se excessos de consumos de água em que não foram tidas em conta as condições de precipitação, nem as necessidades hídricas das plantas.

Para a espécie *Zoysia* (Categoria IV) presente nos jardins 6, 7, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 29, 31, 32, a Figura 5.10 apresenta as necessidades hídricas estimadas, os consumos de água desses jardins realizados mensalmente no ano de 2016 e a quantidade de precipitação registada em cada mês.

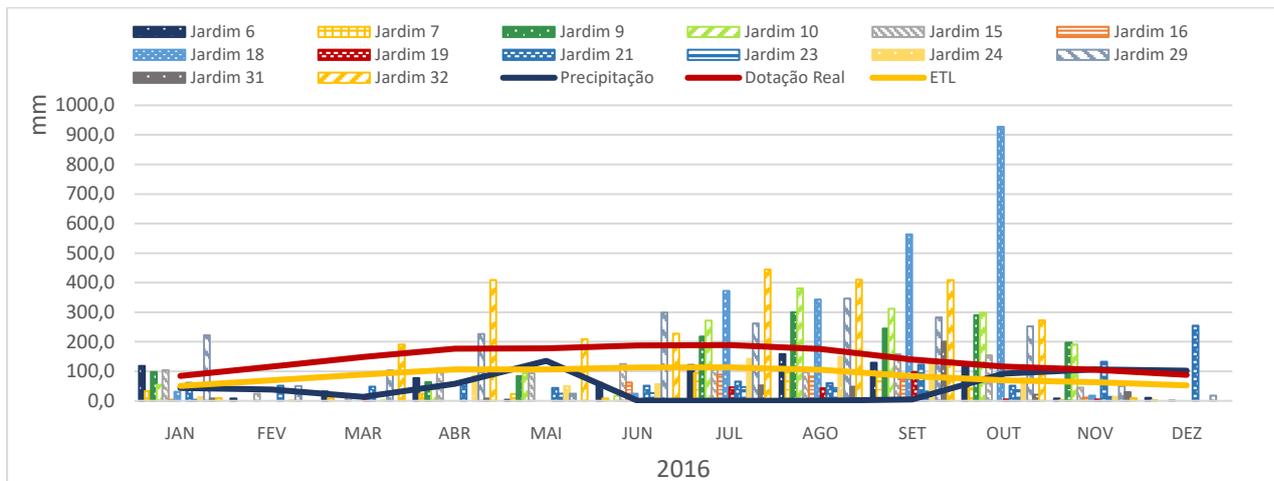


Figura 5.10 - Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins da categoria IV.

O jardim n.º 32 é o que apresenta os maiores consumos ao longo do ano e, que, somando os valores de precipitação, recebeu cerca de 3185 mm/ano. Seguem-se os jardins n.º 18 e 29, ambos com consumos acima dos 2000 mm/ano. Em relação aos jardins com os consumos mais baixos, encontra-se o jardim n.º 20, que não registou qualquer consumo e por isso não aparece na Figura, e os jardins n.º 19 e 23, com consumos abaixo dos 250 mm/ano. Esses dados, para além da Figura 5.10, estão também disponíveis no Anexo 5, com os valores discriminados.

Nos jardins n.º 9, 10, 18, 29 e 32, os consumos anuais de água foram superiores às suas necessidades hídricas. Em relação aos jardins número 9 e 10, estes registaram consumos elevados nos meses de julho a novembro, enquanto que nos restantes meses, a rega destes espaços foi maioritariamente suportada pela precipitação. No entanto o excesso de água fornecido não foi tão grande como aconteceu nos jardins n.º 18, 29 e 32. No jardim n.º 18 os meses de verão registaram consumos muito superiores à dotação real e a rega não foi adaptada à precipitação. Por outro lado, no mês de outubro, apesar dos consumos terem sido muito elevados, a partir de novembro voltaram a estabilizar. O jardim n.º 29 apresentou consumos

elevados em janeiro, abril e de junho a outubro. Segundo o município, estes consumos estão relacionados com a utilização de água para uma empreitada. O jardim n.º 32, por sua vez, é o que apresenta os maiores consumos de água e um volume acumulado de água acima da dotação real em praticamente todos os meses, menos nos meses de janeiro e fevereiro. Os consumos elevados neste jardim podem estar relacionados com o facto de ser um jardim de apoio a um parque infantil, onde a rega é realizada com maior frequência para manter o aspeto visual desejado.

Nos jardins da categoria IV há que melhorar a estratégia de rega através da redução dos volumes regados a partir do mês de setembro, o que contribuirá para evitar o desperdício de água.

A Figura 5.11 apresenta as necessidades hídricas estimadas para a espécie *Osteospermum* spp. (Categoria V) presente no jardim n.º 8, os consumos de água realizados mensalmente durante o ano de 2016, juntamente com a quantidade de precipitação registada em cada mês. Nesta Figura verifica-se que nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro, os consumos de água foram inexistentes, e que em alguns casos a rega apenas foi assegurada pela precipitação. Em relação aos restantes meses, ocorreram consumos acima das necessidades que foram estimadas para a espécie *Osteospermum* spp. e nos meses de abril, maio, outubro e novembro, não foi considerada a precipitação, o que levou a um excesso ainda maior de rega.

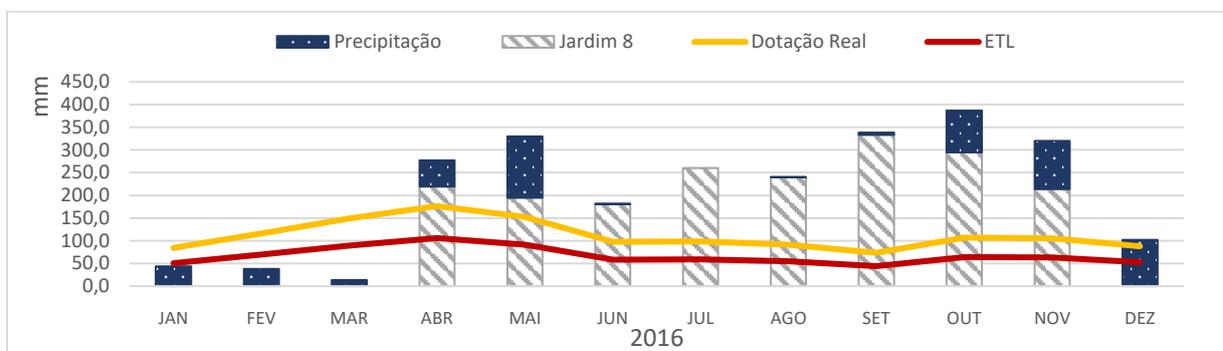


Figura 5.11 - Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 8 da categoria V.

O jardim n.º 8 apresenta, no entanto, uma boa qualidade visual, pelo que a eficiência do sistema de rega pode ser menor do que o que foi determinado (valores de DR mais elevados) e por essa razão necessitar de mais água para manter o aspeto desejado.

As necessidades hídricas e os consumos em água para a categoria VI são mostrados na Figura 5.12 e 5.13. Esta categoria é referente à espécie *Rosmarinus officinalis* e é composta pelos jardins n.º 38 e 39 (Figura 5.12), com sistemas de rega por aspersão, e pelos jardins n.º 17 e 44 (Figura 5.13), com sistemas de microrrega.

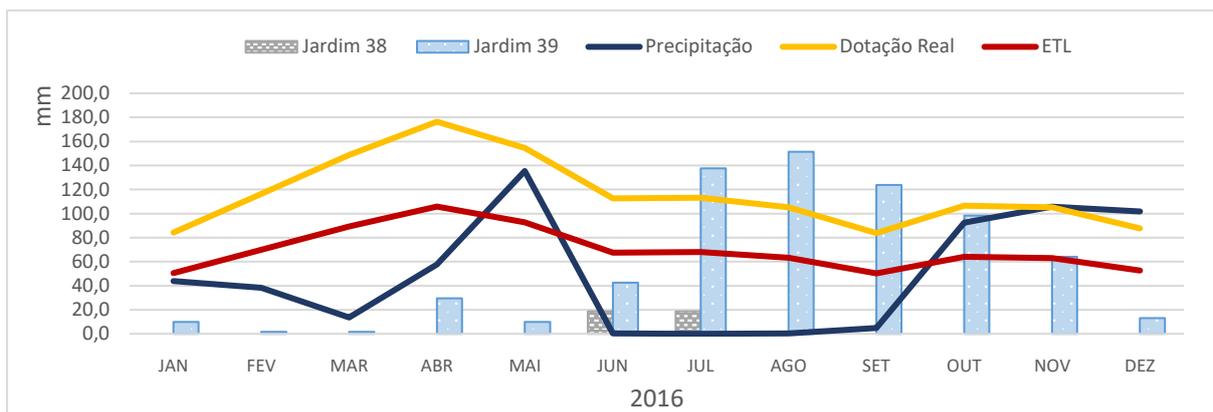


Figura 5.12 – Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 38 e 39 da categoria VI.

Através da Figura 5.12, observa-se que os consumos do jardim n.º 39 foram superiores aos consumos do jardim n.º 38, os quais foram praticamente inexistentes ao longo do ano. Em relação ao jardim n.º 39, verifica-se que a rega é feita maioritariamente nos meses de verão e em meses em que não ocorre precipitação. No entanto, os meses de outubro e novembro foram uma exceção em que para além de registo de consumos de água elevados também foram registados valores elevados de precipitação, o que resultou num fornecimento de água por excesso nesses meses. Relativamente à diferença entre a quantidade anual de água que é fornecida ao jardim (precipitação e rega) e as necessidades hídricas estimadas tendo em conta a eficiência do sistema, o jardim n.º 38 apresenta um défice em rega de cerca de 763.4 mm/ano, enquanto que o jardim n.º 39, um défice anual de apenas 117 mm/ano. Apesar do défice registado, ambos os jardins apresentam uma boa qualidade visual, pelo que, as plantas podem estar a usar água de outras origens.

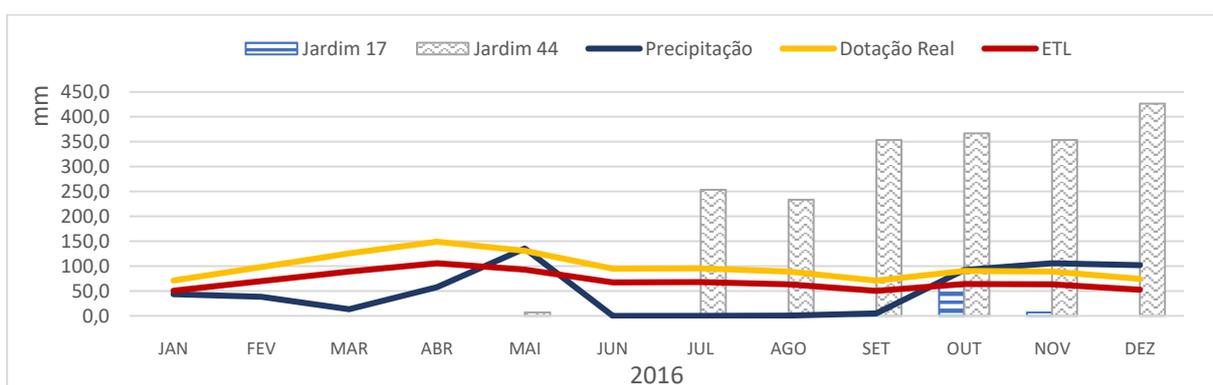


Figura 5.13 – Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 nos jardins n.º 17 e 44 da categoria VI.

Dos jardins com microrrega da categoria VI (Figura 5.13), o n.º 17 não tem praticamente manutenção, registando apenas consumos de setembro a novembro (73 mm/ano), onde a precipitação (594 mm) tem um papel mais importante. Em contrapartida, no jardim n.º 44 a

rega foi feita desde o mês de julho a dezembro, continuamente e por excesso. Para este jardim foi determinada uma diferença por excesso de 1408.8mm/ano entre a quantidade de água necessária e a quantidade fornecida.

Na Figura 5.14 é possível observar as necessidades hídricas estimadas para a espécie *Cupressus* (Categoria VII), presente no jardim n.º 40, os consumos de água e a precipitação mensal para o ano de 2016.

De acordo com a Figura 5.14, verifica-se que o jardim n.º 40 apenas registou consumos elevados entre julho e dezembro. Nestes meses registaram-se consumos muito acima da dotação real em que as plantas receberam mais água do que a sua necessidade. Durante os meses de janeiro a maio, apesar da inexistência de rega e do facto da precipitação não satisfazer por completo as necessidades das plantas, estas, mesmo em stress hídrico, mantiveram-se verdes.

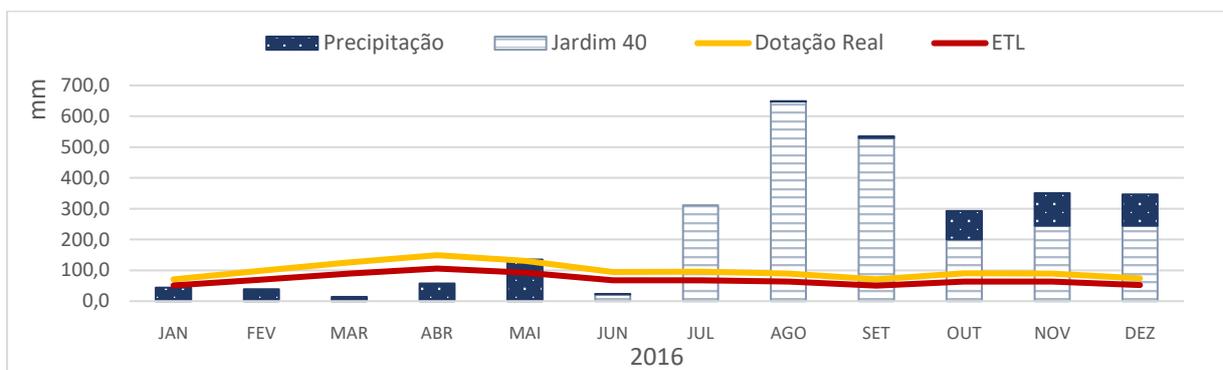


Figura 5.14 - Consumos de água registados (mm), ETL estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 40 da categoria VII.

Na Figura 5.15 é possível observar as necessidades hídricas estimadas para a espécie *Buxus sempervirens* (Categoria VIII), presente no jardim n.º 42, os consumos de água e a precipitação mensal durante o ano de 2016.

A Figura 5.15 mostra que a rega no jardim n.º 42 foi feita em todos os meses do ano exceto nos meses de novembro e dezembro, em que a precipitação acabou por ter o papel mais importante. Neste jardim foi determinada uma diferença de 210.62mm/ano de água fornecida por excesso. Nos meses de janeiro, fevereiro, maio e outubro a rega não foi adaptada às condições de precipitação, mas, uma forma geral, neste jardim está a ser aplicada uma boa estratégia de rega visto que em determinados meses os consumos não sobrepõem a dotação real e as plantas se mantêm verdes.

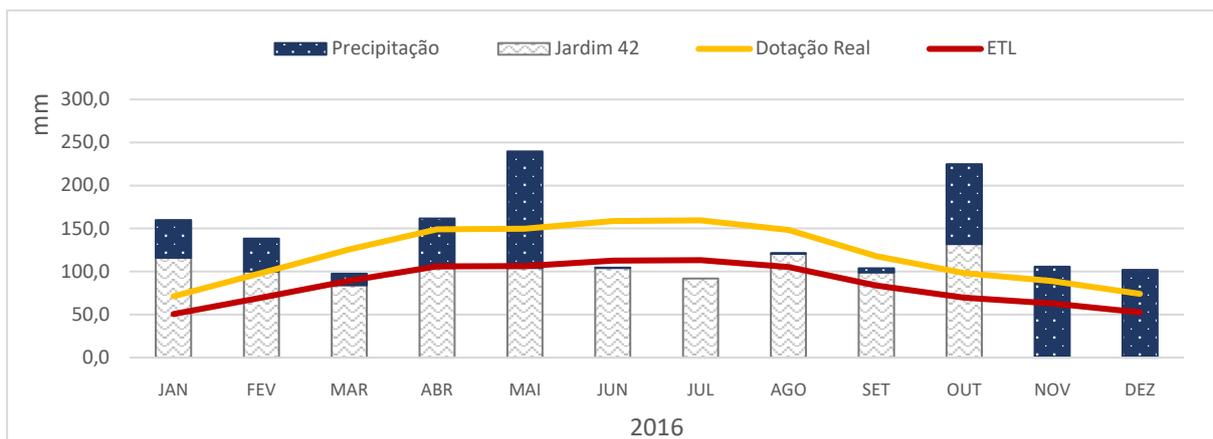


Figura 5.15 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 42 da categoria VIII.

Na Figura 5.16 é possível observar as necessidades hídricas estimadas para a espécie *Nerium oleander* (Categoria IX), presente no jardim n.º 45, os consumos de água e a precipitação registada mensalmente durante o ano de 2016.

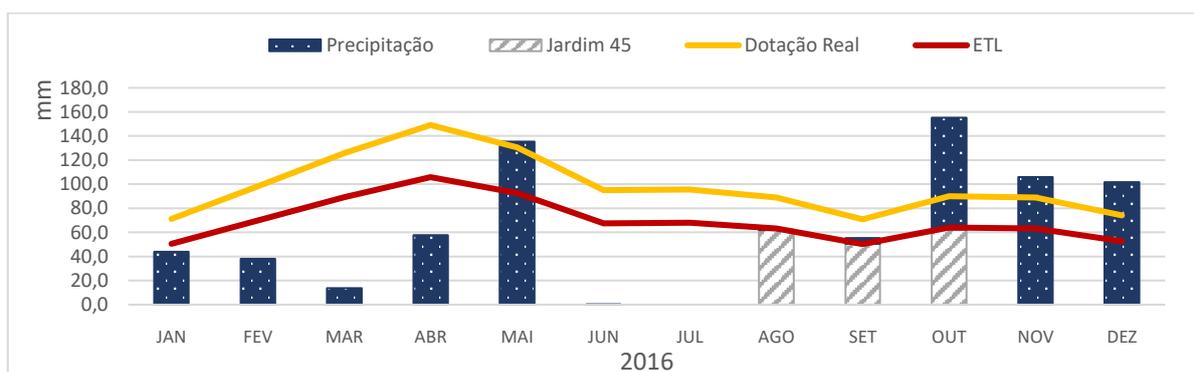


Figura 5.16 - Consumos de água registados (mm), ET_L estimado (mm), dotação real (mm) e dados de precipitação registados (mm) para cada mês do ano de 2016 no jardim n.º 45 da categoria IX.

Analisando a Figura 5.16, é possível verificar que existe uma preocupação mínima no que diz respeito à rega do jardim n.º 45, em que apenas foram registados consumos de água nos meses de agosto, setembro e outubro. Nos restantes meses do ano, não foi aplicada rega, pelo que a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração da vegetação não foi compensada e resultou num défice de água, principalmente nos meses de junho e julho. De uma forma geral, o jardim n.º 45, necessita de otimizar o uso da água que pode passar pela instalação de um sistema rega automático ou simplesmente adaptar a quantidade de água às necessidades hídricas das plantas presente nesse espaço.

Posteriormente, considerando que todos os sistemas de rega instalados nos jardins de São Brás de Alportel eram eficientes, apresentavam uma uniformidade de distribuição de água adequada e tinham implementada estratégia para poupança de água, foi determinado o potencial de

poupança que o município poderia alcançar se adaptasse os jardins às condições ideais de manutenção.

No Quadro 5.3 apresentam-se os consumos realizados no ano de 2016, a quantidade de água necessária tendo em conta a eficiência atual dos sistemas, a quantidade de água necessária tendo em conta uma eficiência ideal e a poupança em mm (L/m²) que o município poderia ter.

Quadro 5.3 - Potencial de poupança que o município de São Brás de Alportel poderia obter.

Nº Jardim	Consumos (2016)	Precipitação (2016)	Consumos e Precipitação (2016)	Dotação Real	Dotação Ideal	Potencial de Poupança atual	Potencial de Poupança sistema ideal
1	1748,4	594,2	2342,6	1703,5	1362,8	639,1	979,8
2	426,4	594,2	1020,6	1703,5	1362,8	-682,9	-342,2
3	0,0	594,2	594,2	1439,6	1075,9	-845,4	-481,7
4	590,0	594,2	1184,2	1703,5	1362,8	-519,3	-178,6
5	122,2	594,2	716,4	1703,5	1362,8	-987,1	-646,4
6	843,1	594,2	1437,3	1703,5	1362,8	-266,2	74,5
7	418,8	594,2	1013,0	1703,5	1362,8	-690,5	-349,8
8	1936,1	594,2	2530,3	1338,1	1070,5	1192,2	1459,8
9	1491,9	594,2	2086,1	1703,5	1362,8	382,6	723,3
10	1657,1	594,2	2251,3	1703,5	1362,8	547,8	888,5
11	1937,5	594,2	2531,7	1703,5	1362,8	828,2	1168,9
12	1933,3	594,2	2527,5	1439,6	1075,9	1088,0	1451,6
13	16,7	594,2	610,9	1439,6	1075,9	-828,7	-465,0
14	5371,2	594,2	5965,4	1703,5	1362,8	4261,9	4602,6
15	1034,7	594,2	1628,9	1703,5	1362,8	-74,6	266,1
16	320,0	594,2	914,2	1703,5	1362,8	-789,3	-448,6
17	73,3	594,2	667,5	1178,7	880,9	-511,2	-213,4
18	2278,8	594,2	2873,0	1703,5	1362,8	1169,5	1510,2
19	204,7	594,2	798,9	1703,5	1362,8	-904,6	-563,9
20	0,0	594,2	594,2	1703,5	1362,8	-1109,3	-768,6
21	1000,0	594,2	1594,2	1703,5	1362,8	-109,3	231,4
22	995,6	594,2	1589,8	1703,5	1362,8	-113,7	227,0
23	226,7	594,2	820,9	1703,5	1362,8	-882,6	-541,9
24	709,2	594,2	1303,4	1703,5	1362,8	-400,1	-59,4
25	1261,8	594,2	1856,0	1703,5	1362,8	152,5	493,2
26	1244,6	594,2	1838,8	1703,5	1362,8	135,3	476,0
27	1134,9	594,2	1729,1	1703,5	1362,8	25,6	366,3
28	1451,4	594,2	2045,6	1703,5	1362,8	342,1	682,8
29	2134,3	594,2	2728,5	1703,5	1362,8	1025,0	1365,7
30	491,9	594,2	1086,1	1703,5	1362,8	-617,4	-276,7
31	366,7	594,2	960,9	1703,5	1362,8	-742,6	-401,9
32	2590,9	594,2	3185,1	1703,5	1362,8	1481,6	1822,3
33	1150,0	594,2	1744,2	1703,5	1362,8	40,7	381,4
34	703,1	594,2	1297,3	1703,5	1362,8	-406,2	-65,5
35	1760,0	594,2	2354,2	1703,5	1362,8	650,7	991,4
36	586,1	594,2	1180,3	1703,5	1362,8	-523,2	-182,5
37	1211,1	594,2	1805,3	1703,5	1362,8	101,8	442,5
38	37,2	594,2	631,4	1394,8	1115,8	-763,4	-484,4
39	683,6	594,2	1277,8	1394,8	1115,8	-117,0	162,0
40	2200,0	594,2	2794,2	1178,7	880,9	1615,5	1913,3
41	1140,7	594,2	1734,9	1439,6	1075,9	295,4	659,0
42	1056,0	594,2	1650,2	1439,6	1075,9	210,6	574,3
43	1245,0	594,2	1839,2	1439,6	1075,9	399,6	763,3

Nº Jardim	Consumos (2016)	Precipitação (2016)	Consumos e Precipitação (2016)	Dotação Real	Dotação Ideal	Potencial de Poupança atual	Potencial de Poupança sistema ideal
44	1993,3	594,2	2587,5	1178,7	880,9	1408,8	1706,6
45	175,0	594,2	769,2	1178,7	880,9	-409,5	-111,7
TOTAL						4700,44	19801,58

De acordo com o Quadro anterior, verifica-se que durante o ano de 2016 o município aplicou cerca de 4700,44mm de água por excesso, tendo em conta as condições atuais de manutenção dos jardins. Por outro lado, caso os sistemas de rega dispusessem de uma eficiência máxima, ou seja, uma eficiência de 75% e os sistemas de microrrega uma eficiência de 95%, o município teria fornecido um excesso de 19801,6mm de água aos jardins durante o ano de 2016.

5.4 Detecção Remota

Neste subcapítulo são apresentados os ortofotomapas produzidos através das imagens recolhidas, o valor dos índices de vegetação e a sua respetiva análise.

5.4.1 Ortofotomapas

Os ortofotomapas presentes nas Figuras 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20 foram gerados a partir das imagens recolhidas no primeiro dia de voo, realizado em maio de 2016, e apresentam os espaços verdes sobrevoados, respetivamente numerados e delineados.

Nestes ortofotomapas, o tom alaranjado presente em zonas de vegetação está relacionado com a utilização de uma câmara NGB (NIR+Red, Green, Blue), durante a recolha de dados.

A Figura 5.17 representa o ortofotomapa gerado pelo voo efetuado na zona oeste do município, que abrange os jardins número 8, 16, 18, 19, 22 e 36. A Figura 5.18 apresenta o ortofotomapa do voo realizado na zona norte, onde estão presentes os jardins número 1, 2, 3, 6, 9, 20, 30, 32, 33, 34, 35 e 43. Relativamente à Figura 5.19, esta apresenta o ortofotomapa da zona este, em que foram sobrevoados os jardins número 14, 24, 29 e 38. Por último, a Figura 5.20, apresenta os ortofotomapas dos espaços verdes número 25, 26 e 27, respetivamente, que se encontram localizados na zona sul da vila.

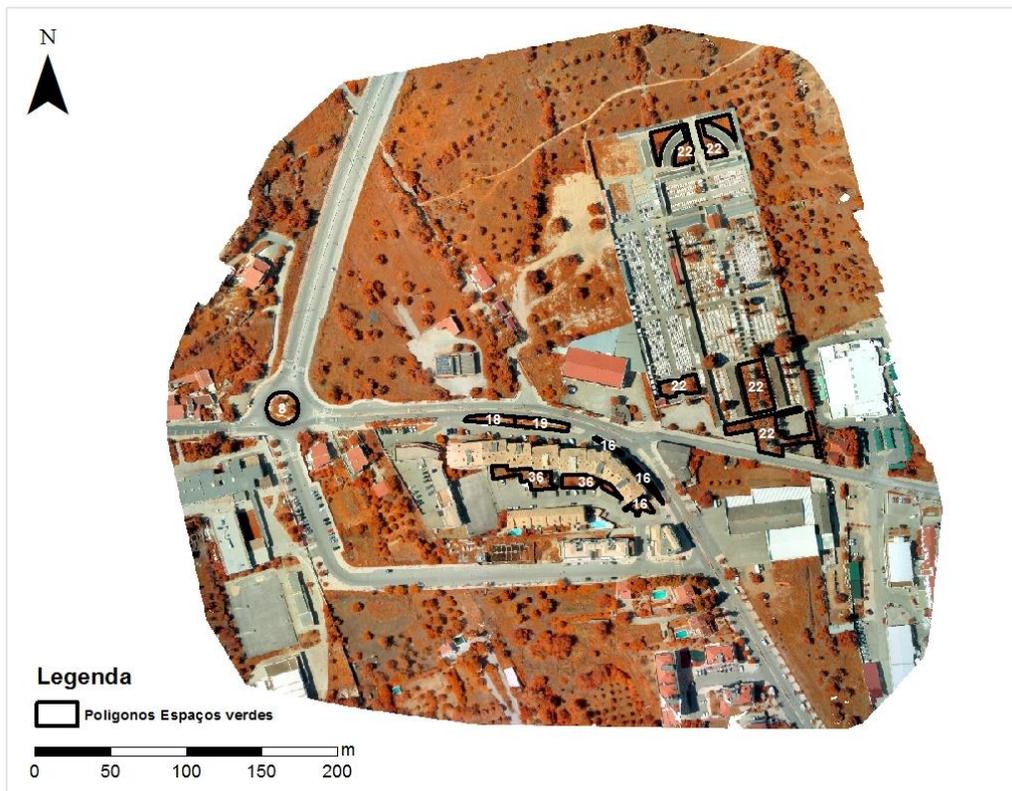


Figura 5.17 – Ortofotomapa da zona oeste de São Brás de Alportel, referente ao primeiro voo.

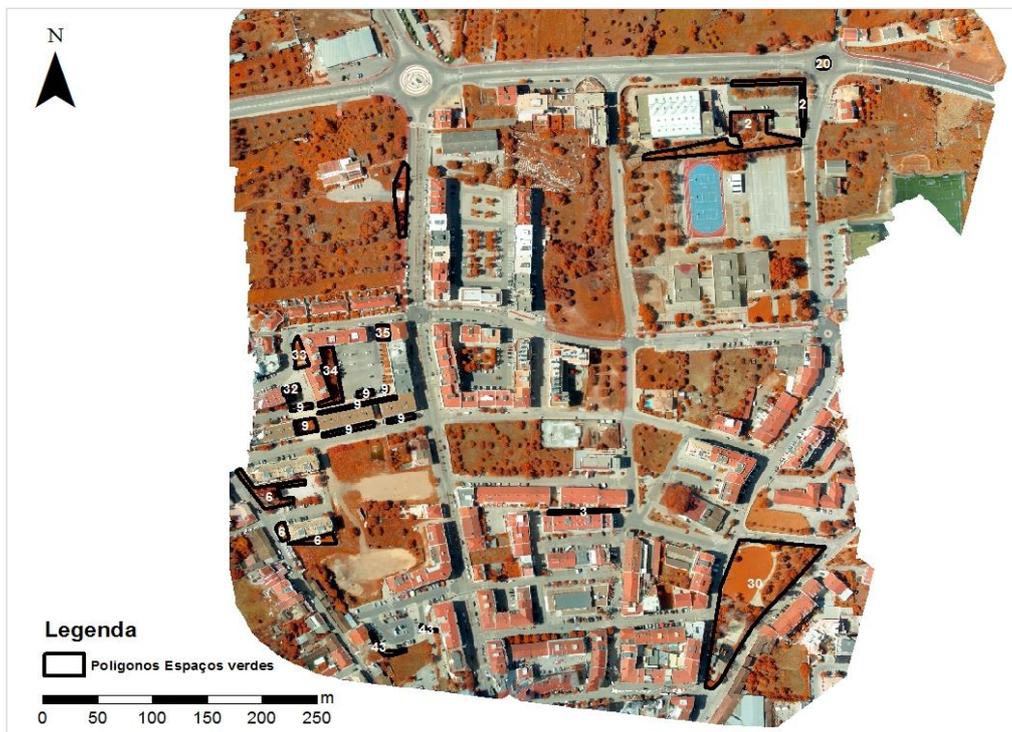


Figura 5.18 - Ortofotomapa da zona norte de São Brás de Alportel, referente ao primeiro voo.

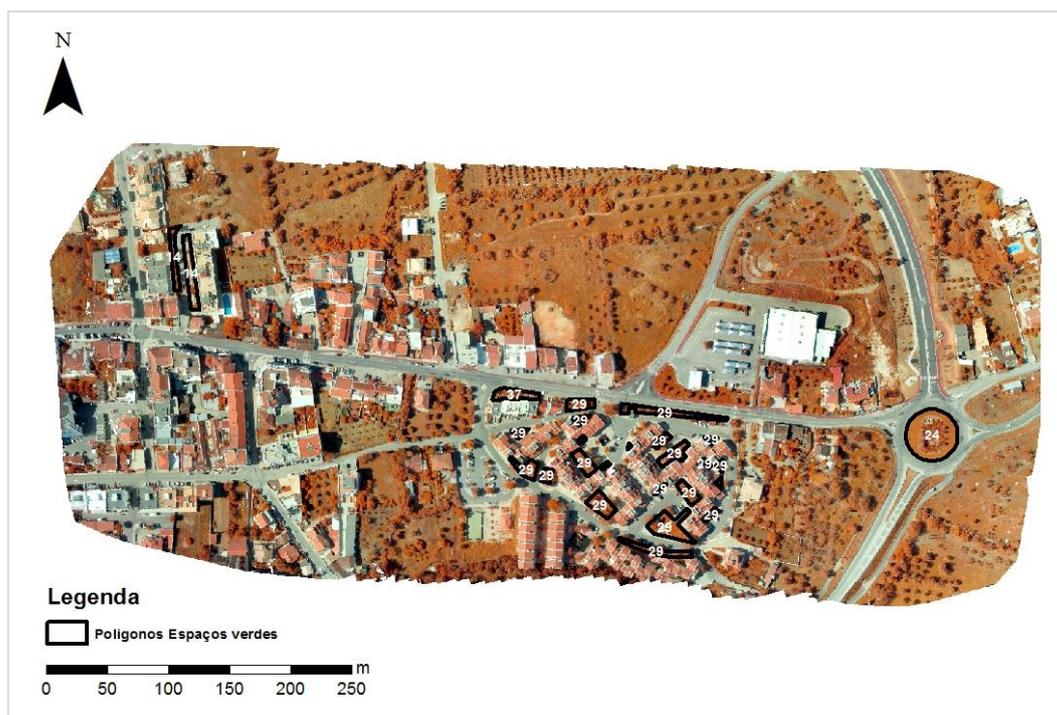


Figura 5.19 - Ortofotomapa da zona este de São Brás de Alportel, referente ao primeiro voo.

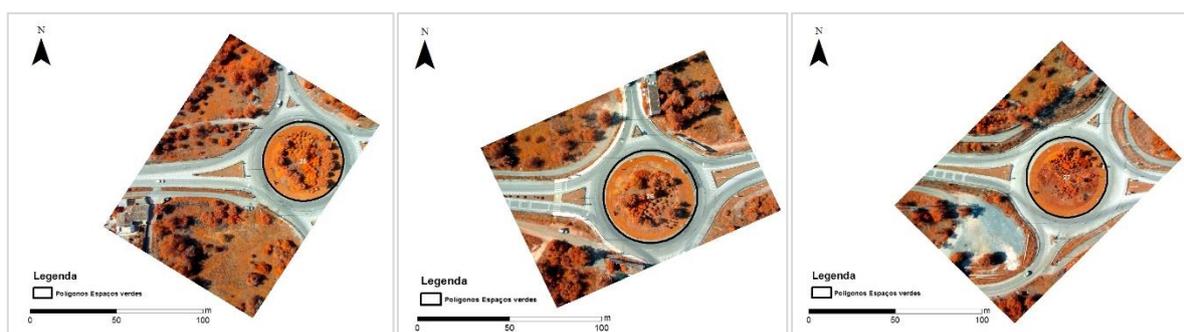


Figura 5.20 - Ortofotomapas dos espaços verdes número 25, 26 e 27 respetivamente, referentes ao primeiro voo.

Como referido anteriormente, o alcance dos voos foi condicionado pelo material utilizado, onde cada voo estava limitado ao tempo de cada bateria. Em função disso, os voos foram planeados de forma a cobrir o maior número de jardins, onde a área sobrevoada cobriu 25 espaços verdes de um total de 45 (*vd.* Capítulo 4.3.2).

Os ortofotomapas gerados para os voos n.º 2 e 3 (realizados durante o mês de junho e julho, respetivamente) para as mesmas zonas que são apresentadas para o voo número 1 (zonas norte, sul, este e oeste) encontram-se no Anexo 6. Nesses ortofotomapas, a informação observada vai de encontro à informação que foi descrita para o primeiro voo, no entanto, no terceiro voo ocorreram alguns problemas na recolha de dados, principalmente na área norte. Nesta região, o

VANT não completou o plano de voo e acabou por descer sem aviso. Após o ocorrido não foi possível recolher mais dados devido às limitações do material.

Os problemas que ocorreram na recolha de dados afetaram diretamente os jardins número 2, 6, 9, 30, 32, 33 e 43. No próximo subcapítulo, através da análise individual de cada jardim e do cálculo do índice de vegetação NDVI, ir-se-á também tentar perceber se a coloração das imagens que se registou no último voo condiciona o cálculo do índice ou, se dado as ocorrências, poderão ser utilizadas.

5.4.2 Índice de Vegetação

O processamento de imagens digitais provenientes tanto de satélites como de VANTS ou outros objetos de recolha de dados, proporcionam ferramentas para analisar a imagem através de diferentes algoritmos e índices matemáticos (Gandhi *et al.*, 2015).

Nas Figuras 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24 é possível observar os ortofotomapas das várias zonas com a variação do índice NDVI durante o primeiro dia de voo realizado em maio de 2016. Nestes ortofotomapas os espaços verdes sobrevoados encontram-se delimitados a branco e é possível observar que o NDVI varia entre 1 e -1, onde 1 representa altos índices de vegetação e -1 representa baixos índices de vegetação. Índices de vegetação muito baixos correspondentes à cor vermelha, estão associados a zonas pavimentadas, como estradas, edifícios, etc.

Os ortofotomapas com as variações de NDVI determinadas para os voos n.º 2 e 3 (meses de junho e julho de 2016) para as mesmas zonas que são apresentadas no 1º voo, encontram-se no Anexo 7.

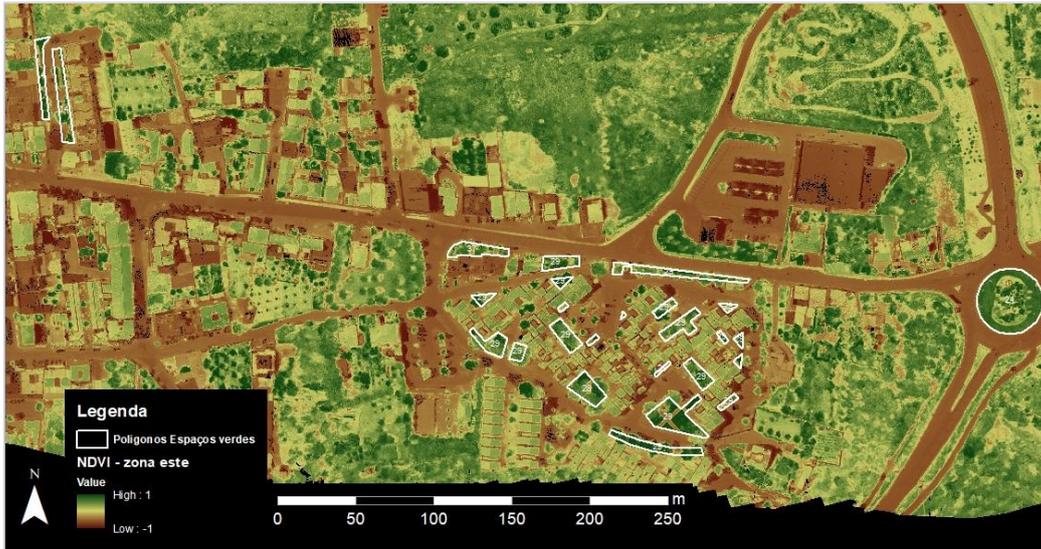


Figura 5.21- Variação do NDVI na zona este de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).

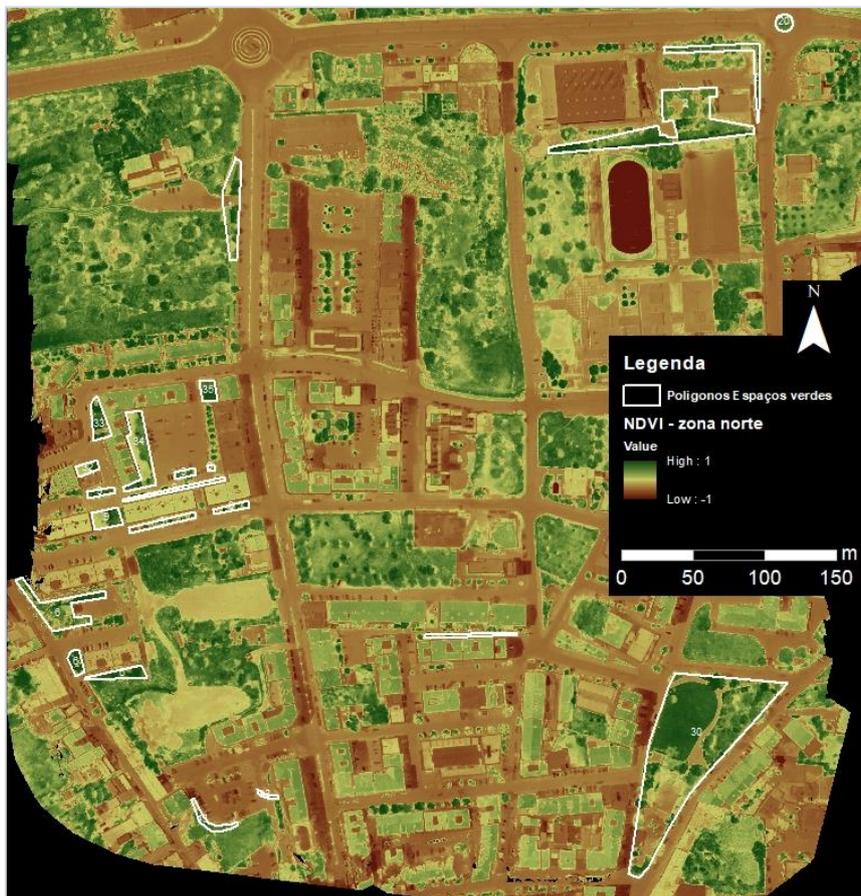


Figura 5.22 - Variação do NDVI na zona norte de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).

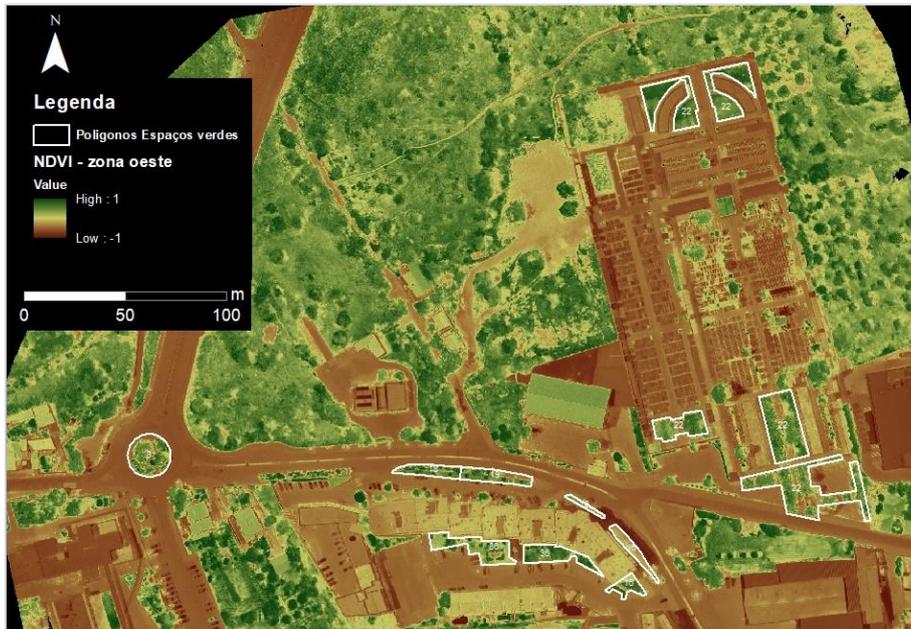


Figura 5.23 - Variação do NDVI na zona oeste de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).

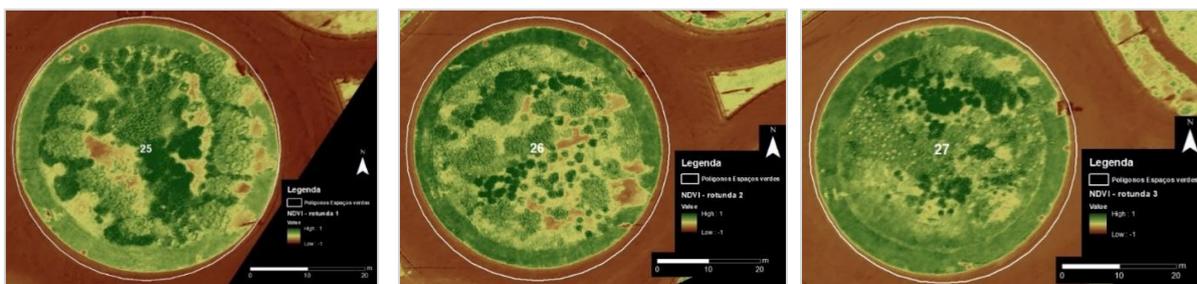


Figura 5.24 - Variação do NDVI nas rotundas número 25, 26 e 27 de São Brás de Alportel, maio de 2016 (1º voo).

Procedendo-se à análise do NDVI, recorreram-se às imagens dos vários jardins de forma a perceber as alterações que ocorreram durante os três voos. Para esta análise os valores de NDVI foram agrupados em 5 classes (-1 a -0.01; 0 a 0.24; 0.25 a 0.49; 0.5 a 0.74 e de 0.75 a 1), que foram determinadas tendo em consideração que o NDVI pode variar de -1 a 1. Para esta análise (Figuras 5.25 a 5.49) definiram-se várias zonas com letras de A a C, de forma a analisar visualmente as variações dos valores de NDVI.

De uma forma geral comparando os três dias de voo, verificam-se algumas semelhanças entre o 1º e o 2º voo com determinadas variações de NDVI e, no 3º voo verifica-se a ocorrência de alguns problemas na determinação do NDVI devido à coloração das imagens (Anexo 6 e 7). Nos dados gerados para o 3º voo, observa-se que a delimitação das zonas é semelhante ao 1º e ao 2º voo, mas os valores de NDVI encontram-se muito abaixo dos valores esperados. Os valores registados para este voo concentram-se maioritariamente entre -1 e 0.24, que são valores muito baixos considerando que a área de estudo são os espaços verdes de São Brás de Alportel.

Posto isto, presume-se que o problema esteja relacionado com a programação do material no 3º dia de voos após a queda do VANT.

A Figura 5.25 apresenta a variação do NDVI no jardim n.º 1 durante os três voos realizados. Através da Figura, é possível observar, na zona A, uma diminuição dos valores do 1º voo para o 2º voo, na zona B, a existência de valores baixos de NDVI (<0.24) em todos os voos devido à existência de uma área alcatroada e na zona C, ao contrário do que acontece na zona A, uma melhoria dos valores do 1º para o 2º voo, relacionada com a presença de sombras nessa zona durante o 1º voo. A Figura mostra ainda que o cálculo do NDVI não permitiu distinguir a área pavimentada pertencente à ciclovia (visível na imagem NIR) devido à sua cor e esta foi classificada com um NDVI entre 0.25 e 0.49, tal como aconteceu em algumas áreas que apresentavam sombras e registaram valores mais baixos.

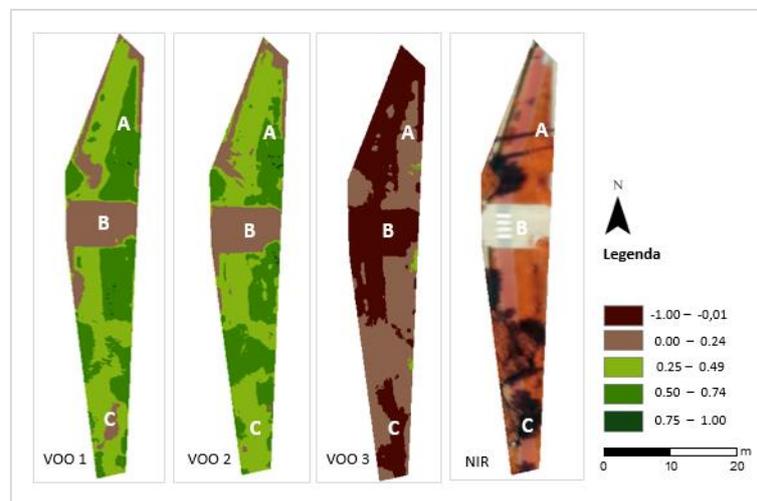


Figura 5.25 – Variação do NDVI no jardim n.º 1 em maio (voo 1), junho (voo 2) e julho (voo 3) de 2016 e respetiva imagem NIR.

Focando a análise nas zonas com vegetação, estas encontram-se maioritariamente num intervalo de 0.50 a 0.74 correspondente a uma zona de vegetação saudável, mas verifica-se também que à medida que a proximidade a um passeio, caminho ou trilho aumenta, o NDVI diminui, o que pode estar relacionado com o facto de a refletância nessas zonas ser mais elevada. Em relação às zonas de sombra, apesar de se ter tentado realizar os voos em horas com menos sombra, devido ao elevado número de jardins, aos meios utilizados e, por vezes, à própria constituição dos jardins, alguns espaços acabaram por não ser sobrevoados nas condições ideais de voo.

Nas análises dos próximos jardins, excluíram-se as imagens do 3º voo por terem sido determinados valores muito baixos, que sustentam a ocorrência de alguma falha na aquisição

de dados, não sendo comparáveis com as imagens de NDVI do 1º e do 2º voo, como foi referido anteriormente. No entanto, os valores de NDVI determinados tanto para o 3º como para o 1º e 2º voo, podem ser consultados no Anexo 8.

Na Figura 5.26 encontra-se a variação do NDVI no jardim n.º 2 para o 1º e 2º voo e a respetiva imagem NIR. Neste jardim, grande parte da cobertura vegetal encontra-se entre valores de 0.5 a 1, que corresponde a uma vegetação densa e saudável. As zonas do jardim que atingiram valores de NDVI mais baixos (<0.24) são zonas com solos expostos, como o parque de estacionamento e os caminhos do próprio jardim (zonas a cinzento na imagem NIR). Procedendo à comparação entre os dois voos, no 1º voo, realizado em maio, é possível observar que a zona A apresenta praticamente todos os valores acima de 0.50, enquanto que no 2º voo, esta zona parece sofrer uma diminuição dos valores que pode estar relacionada com o aumento da temperatura e dos valores de ET_o nesse mês (julho) em que os consumos foram menores do que no mês de maio. Na zona B, a situação é bastante semelhante ao que acontece na zona A, o 1º voo apresenta valores mais elevados de NDVI, e é também possível reparar que algumas plantas atingem valores praticamente ideais (>0.75) em ambos os voos.

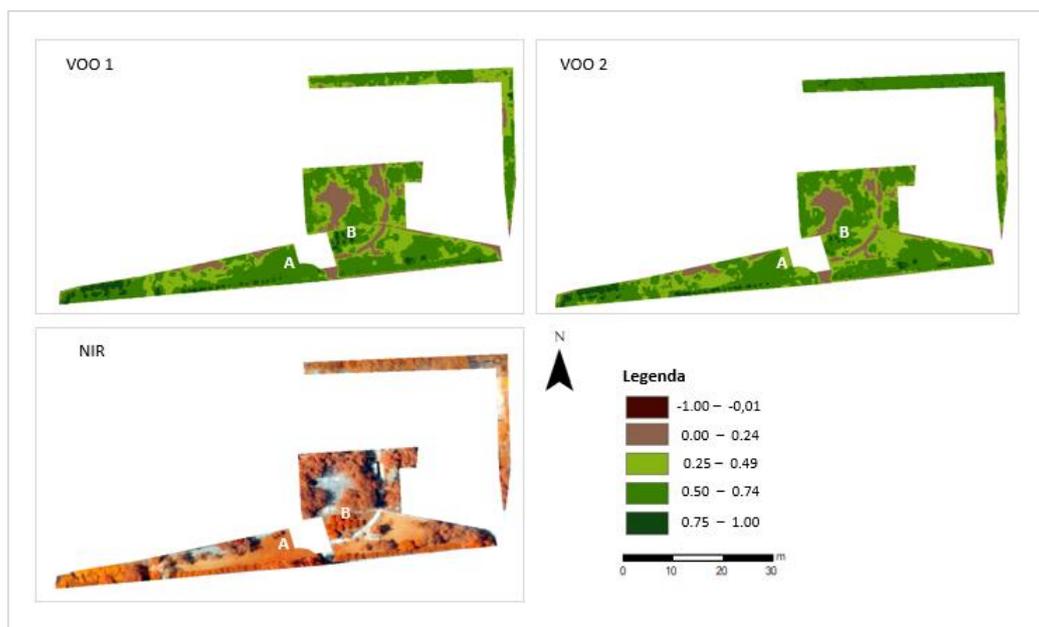


Figura 5.26 - Variação do NDVI no jardim n.º 2 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.27 apresenta o NDVI determinado para o Jardim n.º 3, nos dois primeiros voos. De acordo com a Figura, é possível observar que o jardim apresenta uma vegetação pouco densa (apenas algumas laranjeiras) e muita área de solo exposto, registando valores de NDVI muito próximos de zero em algumas áreas. Em relação à zona com vegetação (zona A), determinaram-se valores entre os 0.25 e os 0.74 em ambos os voos, onde os valores mais baixos desse intervalo

coincidem com zonas de sombra e zonas de extremidade da vegetação, onde a refletância do solo é maior. Para um jardim que praticamente não apresenta manutenção e com consumos muito baixos, a vegetação encontra-se com valores satisfatoriamente saudáveis, o que indica que esta vegetação pode estar a ir buscar água a jardins adjacentes.



Figura 5.27 - Variação do NDVI no jardim n.º 3 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.28 encontra-se a variação do NDVI determinada para o jardim n.º 6, nos voos realizados nos meses de maio e junho. Neste jardim ocorreu uma falha na recolha de dados durante o 2º voo, em que o jardim não foi sobrevoado na sua totalidade. Esta ocorrência pode estar relacionada com o vento assente durante o 2º voo, visto que o plano de voo realizado foi o mesmo para os três voos (embora o jardim se encontrasse numa extremidade).

Em relação aos valores de NDVI, de uma forma geral, variam entre 0.25 e 0.74, apresentando também zonas com valores muito próximos de zero devido à presença de elementos como canteiros, muros, bancos, etc., representados pela cor castanha (0-0.24) na Figura. Comparando os dois voos, ambos apresentam a influência dos elementos urbanos à sua volta, mas no 1º voo registam-se mais áreas de sombra. Na zona A, o 2º voo foi o que obteve valores mais elevados enquanto que na zona B, os melhores valores foram obtidos no 1º voo. De um modo geral, à semelhança dos jardins anteriores, os valores de NDVI determinados para o mês de maio são maiores do que no mês de julho.

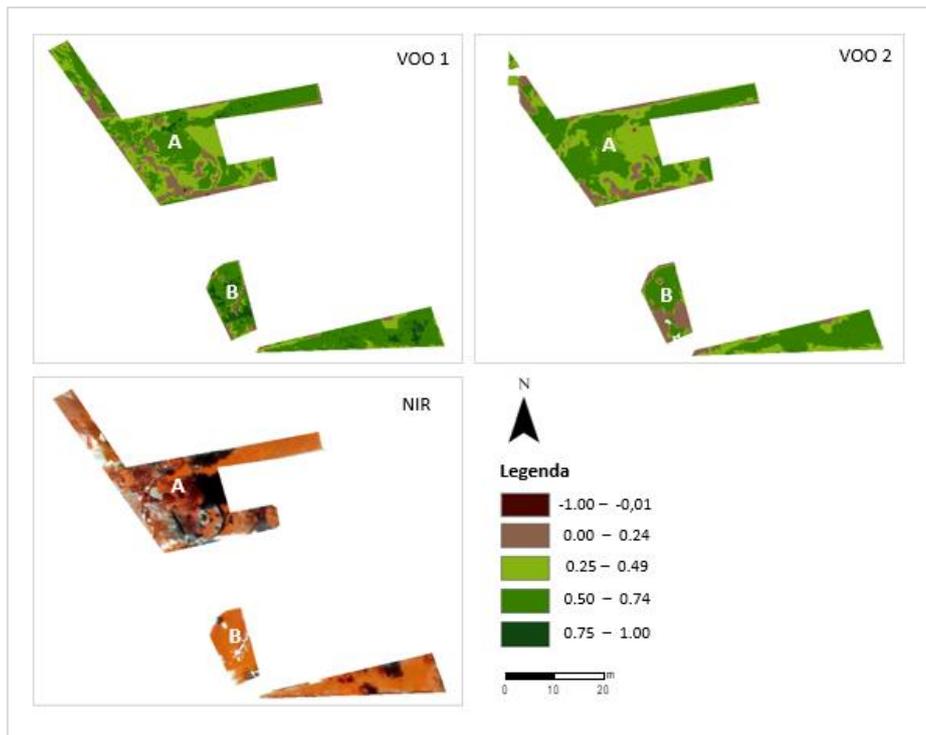


Figura 5.28 - Variação do NDVI no jardim n.º 6 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.29 ilustra os valores de NDVI registados durante o 1º e o 2º voo no jardim n.º 8. Através da Figura verifica-se que, neste jardim, a vegetação é limitada em todo o seu redor por áreas de solo e que nas áreas entre a vegetação e o solo, ocorre uma diminuição gradual do NDVI. As zonas com vegetação registam valores entre 0.25 e 1 e as zonas de solo registam valores abaixo dos 0.24. Analisando as zonas assinaladas na Figura, nas zonas A e C, observa-se uma melhoria nos valores observados do 1º para o 2º voo, e, na zona B, são observados os valores mais elevados (0.75-1) registados neste jardim, principalmente no 1º voo.

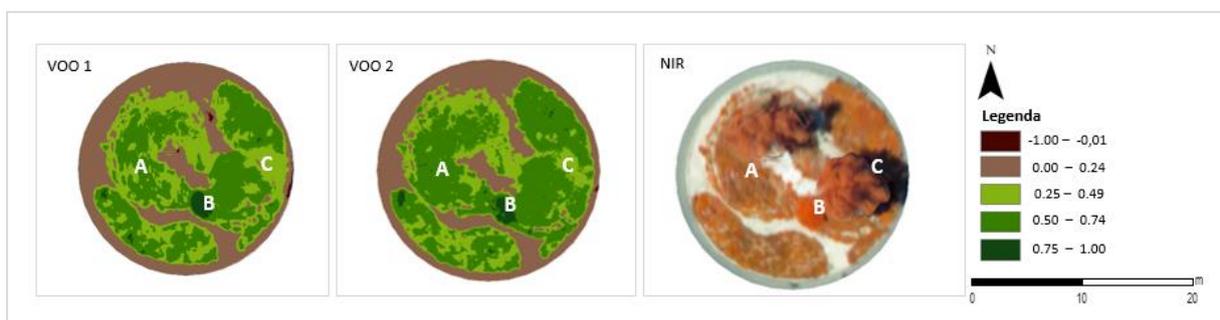


Figura 5.29 - Variação do NDVI no jardim n.º 6 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.30 é possível ver a variação do NDVI do jardim n.º 9, nos dois voos realizados. O jardim n.º 9 é constituído por zonas de relva e árvores, todas com sistema de rega. De acordo com a Figura, na zona A, podemos observar que a sombra (imagem NIR) afetou a determinação dos valores de NDVI no 1º voo tendo sido registados valores entre 0.25 e 0.49, mas o mesmo

não aconteceu no 2º voo, onde os valores de NDVI se situaram entre 0.50 e 0.74. Na zona B, o NDVI obteve valores entre 0.25 e 0.74, em ambos os voos.

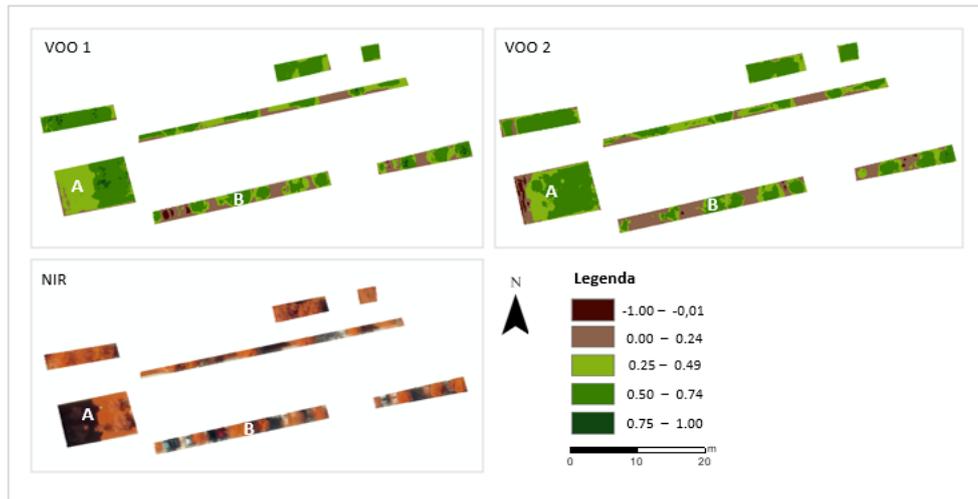


Figura 5.30 - Variação do NDVI no jardim n.º 9 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A variação dos valores de NDVI no jardim n.º 14 encontra-se na Figura 5.31. Nesta Figura podemos observar a distribuição do NDVI no 1º e no 2º voo efetuado. A Figura demonstra que ocorreram poucas variações do 1º para o 2º voo, no entanto, o 1º voo apresenta melhores resultados (0.50-1) que podem ser observados nas zonas A e B. Esta diferença pode estar relacionada com os consumos de água que foram mais elevados no mês de maio (1º voo) pelo que a vegetação se apresenta mais verde.

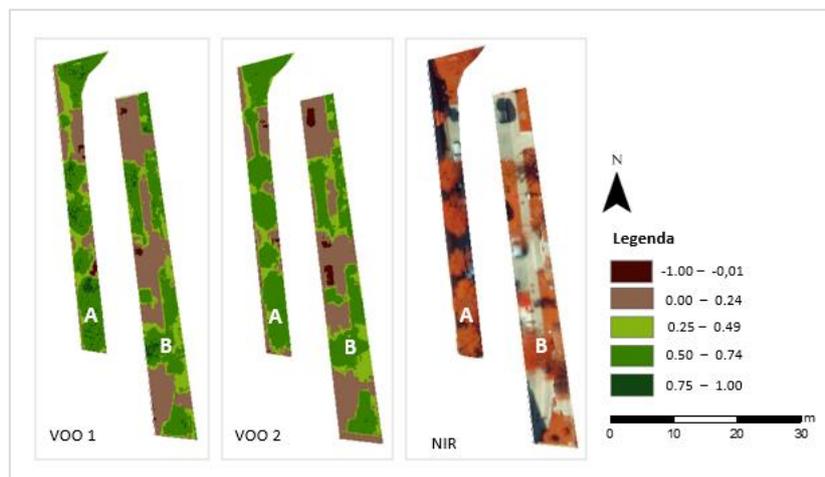


Figura 5.31 - Variação do NDVI no jardim n.º 14 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.32 apresenta-se a distribuição do NDVI para o jardim n.º 16, durante o 1º e o 2º voo realizado. De acordo com a Figura, observam-se algumas diferenças entre o 1º e o 2º voo, onde na zona A, durante o 1º voo, os valores de NDVI foram muito baixos (0-0.24). Esta ocorrência está relacionada com as imagens NIR recolhidas, em que nessa zona, durante o 1º

voo, existe uma área de sombra. No 2º voo, os valores foram mais elevados e a área de sombra não teve tanta influência. Em relação à zona B, as diferenças de valores não foram tão relevantes entre os dois voos e o NDVI manteve-se sensivelmente nos mesmos valores (0.25-0.74).



Figura 5.32 - Variação do NDVI no jardim n.º 16 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A variação do NDVI para o jardim n.º 18 durante os vários voos, encontra-se na Figura 5.33. Neste jardim, do 1º para o 2º voo registaram-se algumas diferenças. Nas zonas A e B pode-se observar que ocorre uma melhoria na área verde. Na Zona C, os valores de NDVI diminuem do 1º para o 2º voo. Esta diminuição pode estar relacionada com os consumos que no mês de junho foram mais baixos e acabou por se refletir nessa área.

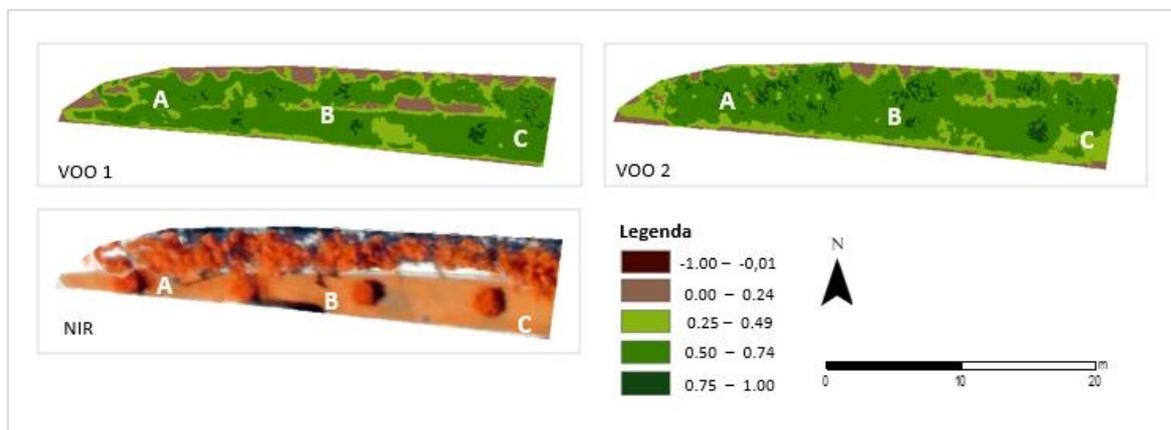


Figura 5.33 - Variação do NDVI no jardim n.º 18 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.34 encontra-se a variação dos valores de NDVI no jardim n.º 19, durante o 1º e 2º voo, bem como a respetiva imagem NIR. Através da Figura é possível observar variações entre os dois voos, onde a melhor distribuição do NDVI foi registada no 2º voo. Nas zonas A e B, podemos observar uma degradação do estado da vegetação do 1º para o 2º voo. Esta diferença pode estar relacionada com os valores de precipitação registados para os dois meses (maio e junho), dado que os consumos de água neste jardim foram pequenos em ambos os meses.

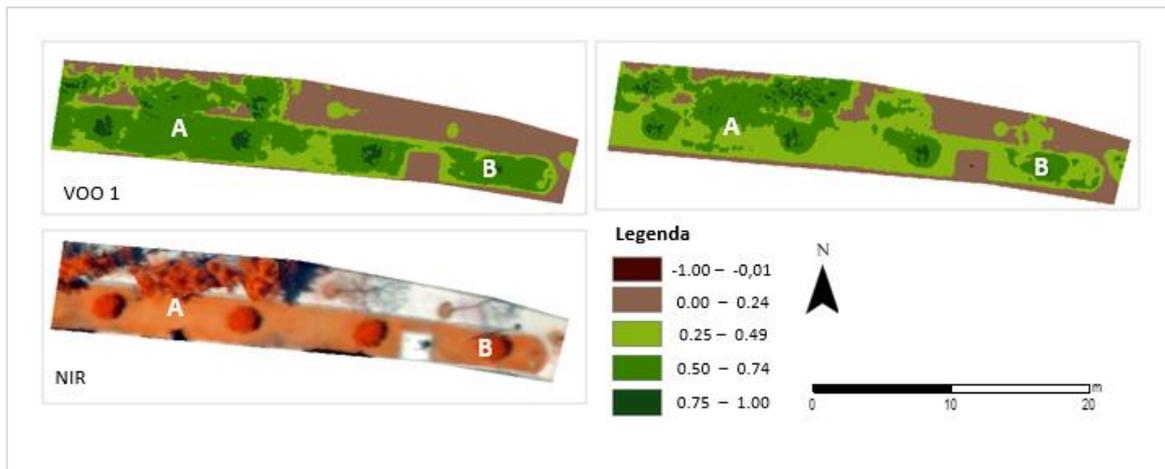


Figura 5.34 - Variação do NDVI no jardim n.º 19 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.35 apresenta os valores de NDVI registados no jardim n.º 20, no 1º e 2º voo. Neste jardim podemos observar que os valores da vegetação se estabeleceram entre 0.25 e 0.74 em ambos os voos, e os valores das áreas sem vegetação foram inferiores a 0.24. Na zona A, no 1º e 2º voo, podemos observar valores de NDVI entre os 0.50 e os 0.74, enquanto que na zona B, os valores mais altos foram registados durante o 2º voo. Na zona B, os valores do 1º voo foram influenciados pela sombra da escultura (imagem NIR) que afetou a determinação do NDVI registando valores entre os 0.25 e 0.49. Neste jardim verifica-se que os consumos foram baixos pelo que a precipitação assumiu o papel principal.

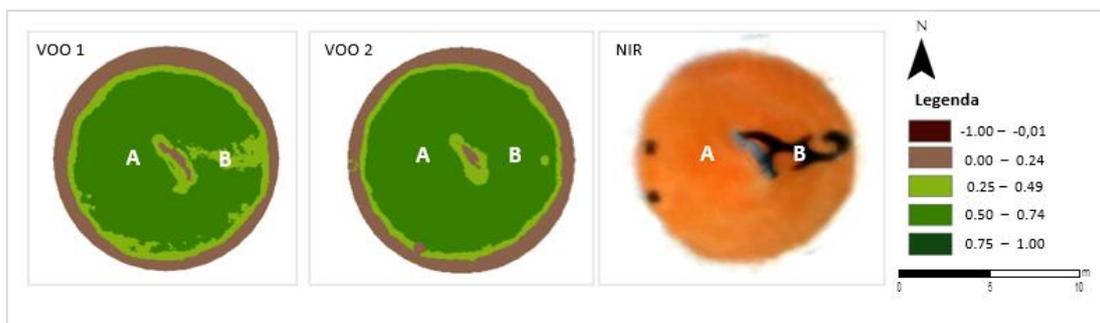


Figura 5.35 - Variação do NDVI no jardim n.º 20 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.36 apresentam-se os valores de NDVI registados no jardim n.º 22 nos meses de maio e junho, e a respetiva imagem NIR. Através da Figura é possível observar que o NDVI se situa maioritariamente entre 0.25 e 0.74. Em que, na zona A, os valores mais elevados de NDVI foram determinados para o 1º voo e na zona B, o 2º voo foi o que registou melhores resultados. De uma forma geral, a média dos valores de NDVI foram muito semelhantes em ambos os voos.

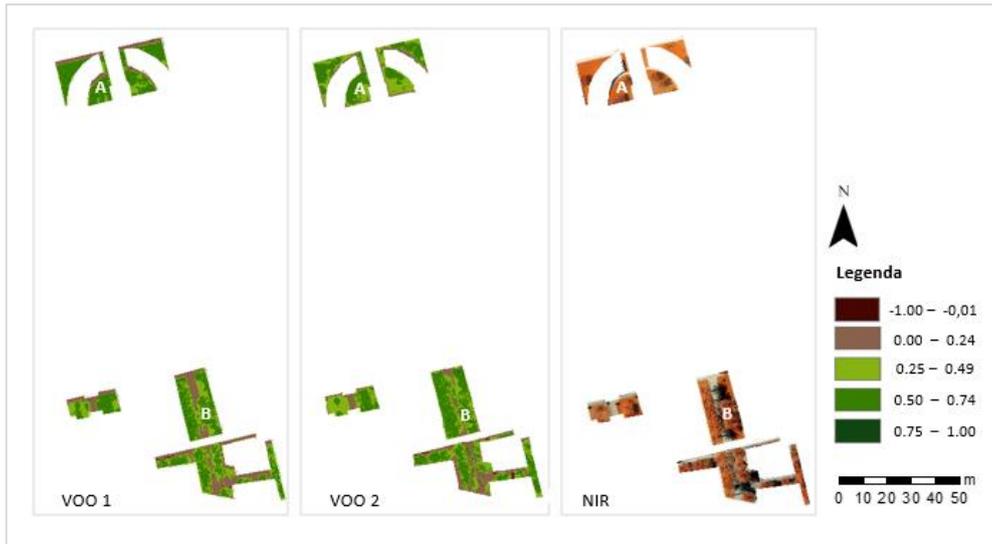


Figura 5.36 - Variação do NDVI no jardim n.º 22 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A variação dos valores de NDVI no 1º e 2º voo do jardim n.º 24, encontra-se na Figura 5.37. As diferenças não foram muito expressivas entre os dois voos, na zona A, em ambos os voos, são registados valores de NDVI dentro do mesmo intervalo (0.50-0.74), enquanto que na zona B são registados valores um pouco mais elevados no 2º voo. Na generalidade, o jardim n.º 24 apresenta uma vegetação saudável com valores de NDVI muito próximos de 1, o que evidencia que a rega está a ser feita de forma adequada.

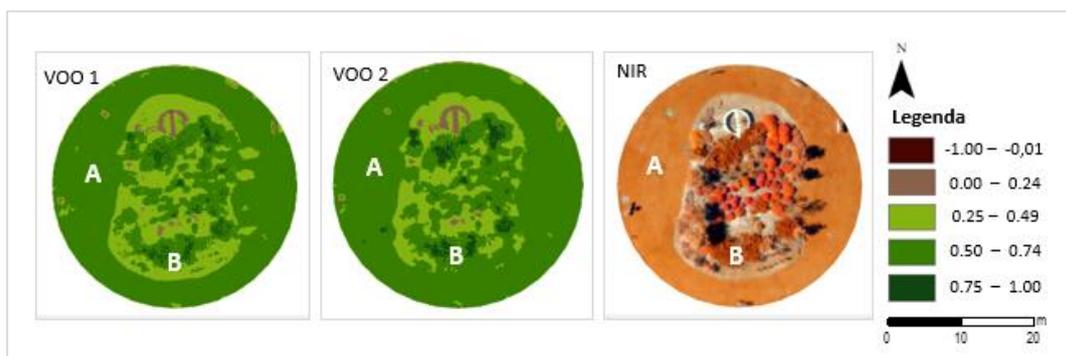


Figura 5.37 - Variação do NDVI no jardim n.º 24 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.38, apresentam-se os valores de NDVI para o jardim n.º 25. Os valores registados são muito semelhantes nos dois voos com valores entre os 0.25 e 1. No entanto, o 2º voo registou uma melhor distribuição do NDVI com valores mais elevados. Em relação à zona A, no 1º voo, esta área foi afetada por uma zona de sombra, que originou que nesse voo fossem registados valores mais baixos quando comparado com o 2º voo. Na zona B, o 1º voo obteve os valores mais altos, porém a distribuição do NDVI é muito semelhante em ambos os voos.

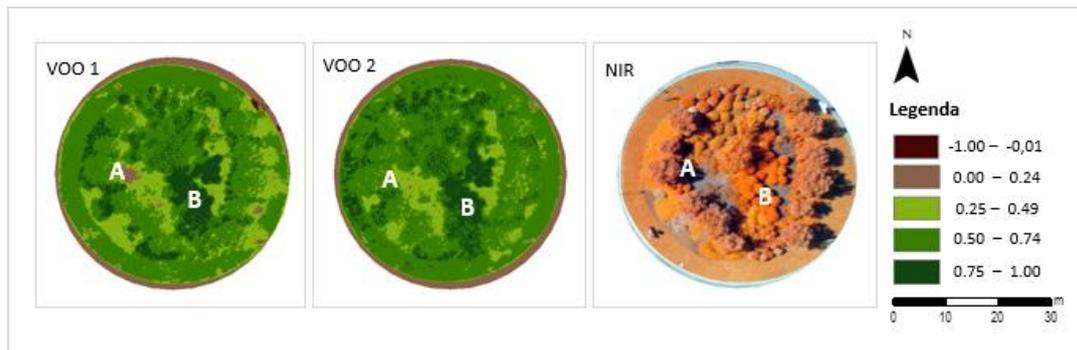


Figura 5.38 - Variação do NDVI no jardim n.º 25 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.39 apresenta a distribuição dos valores de NDVI do jardim n.º 26, no 1º e 2º voo. Nesta Figura, à semelhança do jardim anterior, verifica-se que este jardim apresenta uma melhoria dos valores de NDVI do 1º para o 2º voo e que no 1º voo existem algumas áreas de sombra que afetaram os valores de NDVI. Nas zonas A e B, pode-se observar as diferenças entre os dois voos, em que o 2º voo, principalmente na zona A, apresenta valores de NDVI mais elevados e próximos de 1.

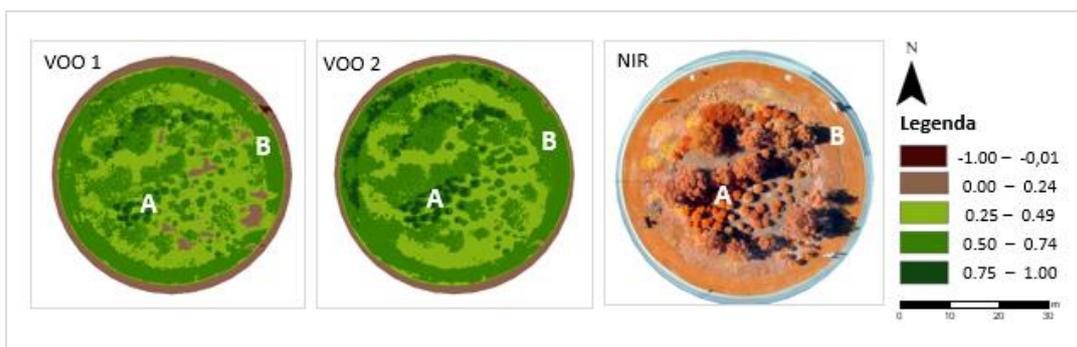


Figura 5.39 - Variação do NDVI no jardim n.º 26 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A variação do NDVI para o 1º e o 2º voo, do jardim n.º 27 encontra-se na Figura 5.40. Através da Figura é possível observar que ocorreu uma falha na aquisição de dados durante o 2º voo, em que a área do jardim não foi coberta na sua totalidade, porém determinou-se o NDVI para a área possível. Nos dois voos realizados o NDVI da vegetação varia sensivelmente entre 0.25 e 1. Relativamente às diferenças, tanto na zona A como na zona B verifica-se uma melhoria dos valores de NDVI do 1º para o 2º voo, onde se estima, mais uma vez, que esta diferença esteja relacionada com as sombras registadas no ortofotomapa do 1º voo. No entanto, na zona C, ocorre a situação inversa, em que o 1º voo apresenta melhores valores de NDVI. Neste jardim, a quantidade de água fornecida durante os meses de maio e junho, foi praticamente a mesma.

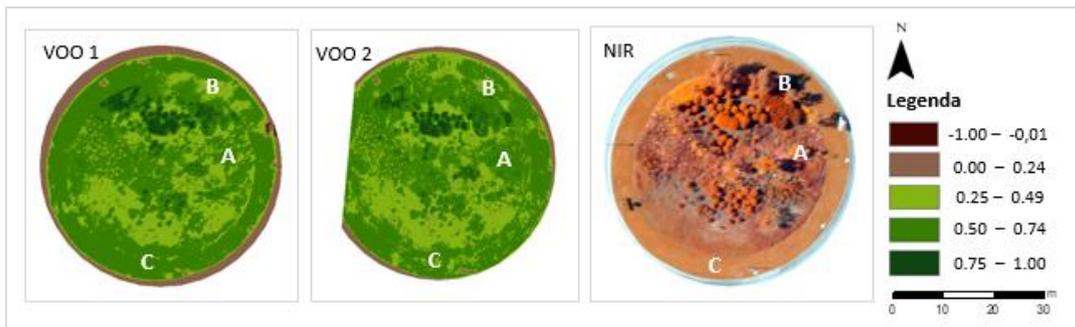


Figura 5.40 - Variação do NDVI no jardim n.º 27 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.41 encontra-se a variação do NDVI no jardim n.º 29, durante o 1º e o 2º voo. O jardim n.º 29 é composto por várias frações com vegetação, todas com o mesmo sistema de rega. De uma forma geral a Figura 5.41 demonstra que este jardim apresenta um NDVI bastante bom, com valores médios acima dos 0.50, no 1º e 2º voo. Em relação às várias zonas assinaladas, todas apresentam uma melhoria dos valores do 1º para o 2º voo, o que pode ser justificado pela quantidade de água fornecida ao jardim (Anexo 5) que foi superior no mês de junho (2º voo).

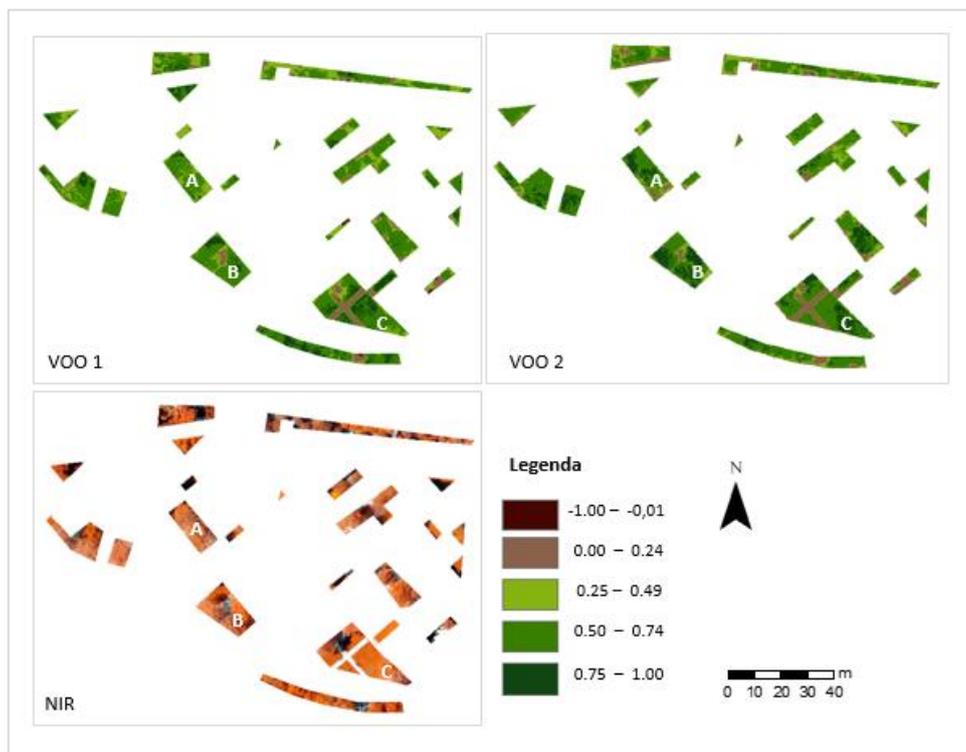


Figura 5.41 - Variação do NDVI no jardim n.º 29 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.42 apresenta a variação do NDVI no jardim n.º 30, durante os dois voos efetuados. Nesta Figura observam-se valores de NDVI superiores a 0.25 em áreas com vegetação e inferiores a 0.24 em áreas com ausência de vegetação e caminhos. Nas zonas A e B, ocorre uma

melhoria dos valores no 2º voo, que está possivelmente relacionada com a ausência de algumas sombras e com o aumento dos consumos de água nesse mês.

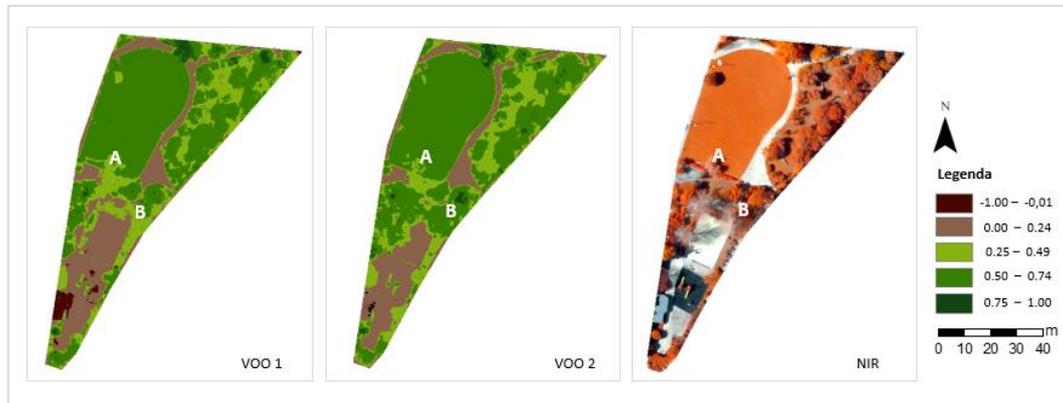


Figura 5.42 - Variação do NDVI no jardim n.º 30 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.43 encontra-se a variação dos valores de NDVI no jardim n.º 32, durante o 1º e 2º voo, bem como a respetiva imagem NIR. Através da Figura observam-se algumas variações entre os dois voos, onde na zona A, podemos verificar a influência da sombra de um edifício que influenciou os valores de NDVI tanto no 1º voo (imagem NIR), como no 2º voo (zona com valores <0). Em relação à zona B, esta sem influencia da sombra, registou valores mais elevados no 2º voo entre 0.75 e 1.

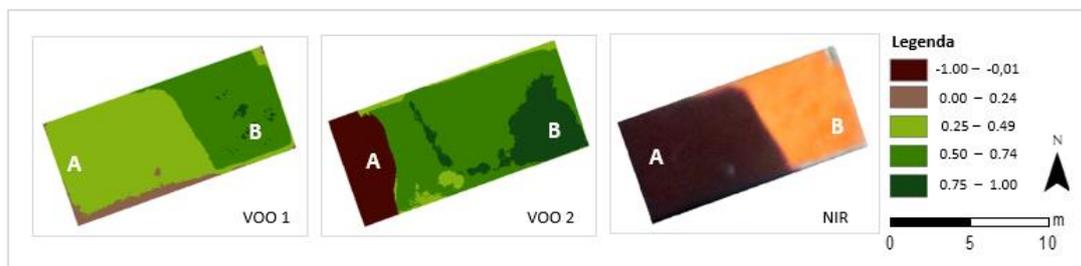


Figura 5.43 - Variação do NDVI no jardim n.º 32 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.29 apresenta os valores de NDVI registados para o 1º e o 2º voo no jardim n.º 33. De acordo com a Figura verifica-se que os valores de NDVI diminuíram do 1º para o 2º voo, onde as zonas com vegetação registam valores entre 0.25 e 1 e as zonas de solo registam valores abaixo dos 0.24, em ambos os voos. Analisando as zonas na Figura, na zona A o NDVI durante o 1º voo situa-se acima de 0.75, e no 2º voo baixa para valores entre 0.50 e 0.74. Na zona B, a situação é semelhante ao que acontece na zona A, onde os valores mais elevados são registados no 1º voo que foi realizado no mês de maio, mês em que os consumos de água também foram superiores.

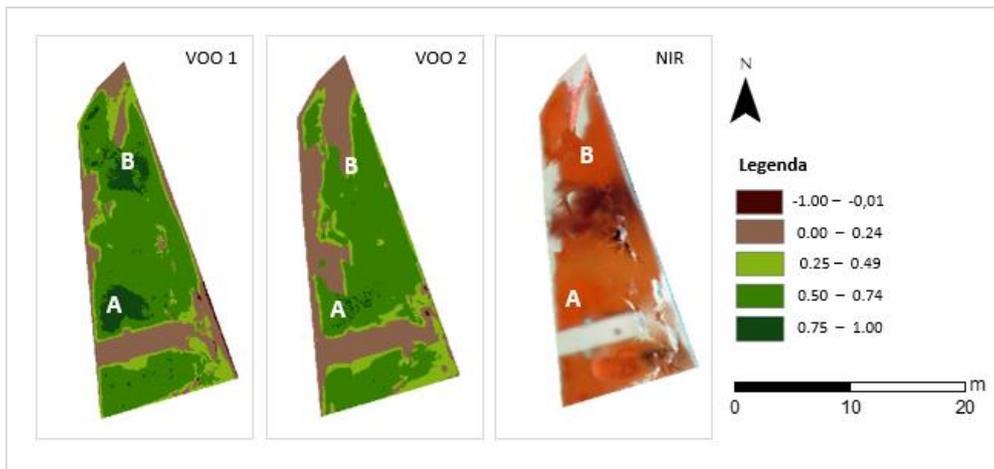


Figura 5.44 - Variação do NDVI no jardim n.º 33 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

Na Figura 5.45 encontra-se a variação do NDVI no jardim n.º 34 para o 1º e 2º voo e a respetiva imagem NIR. A Figura demonstra que grande parte da cobertura vegetal se encontra entre valores de 0.25 a 0.74 e que as zonas do jardim que registaram valores mais baixos são zonas de sombra provocada pelo edifício adjacente a oeste. Na zona A, observa-se o efeito da sombra do 1º para o 2º voo, em que o 2º voo registou valores mais baixos nessa área. Em relação à zona B, verifica-se um aumento dos valores de NDVI no 2º voo, onde não ocorre a influência da área de sombra.

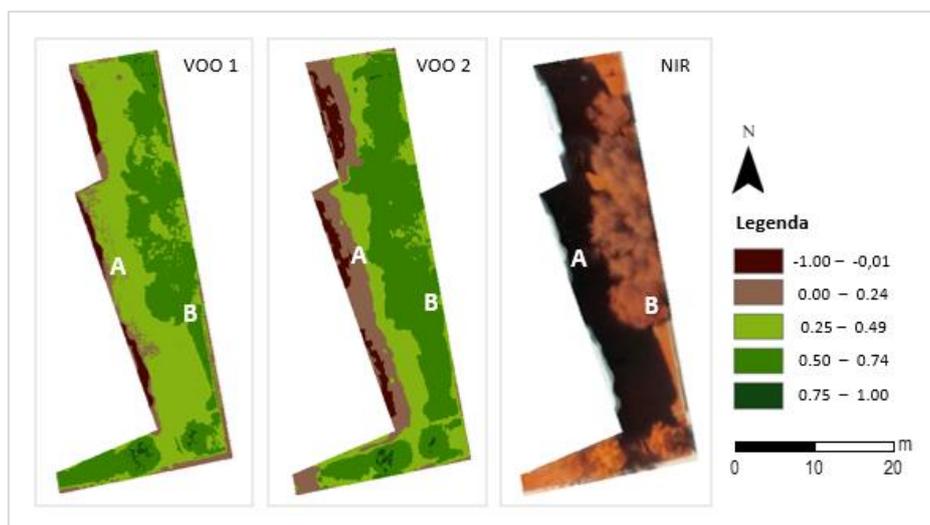


Figura 5.45 - Variação do NDVI no jardim n.º 34 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A variação de NDVI no jardim n.º 35, encontra-se apresentada na Figura 5.46. Nesta Figura verifica-se que ocorreram poucas variações entre o 1º e o 2º voo, em que o NDVI registou maioritariamente valores entre 0.50 e 0.74, em ambos os voos. Relativamente às zonas assinaladas, na zona A, não ocorreram diferenças significativas, enquanto que na zona B,

registaram-se valores mais altos no 1º voo, entre 0.75 e 1. Contudo, apesar da diferença registada na zona B, os dois voos têm uma média de valores muito próxima de 0.6.

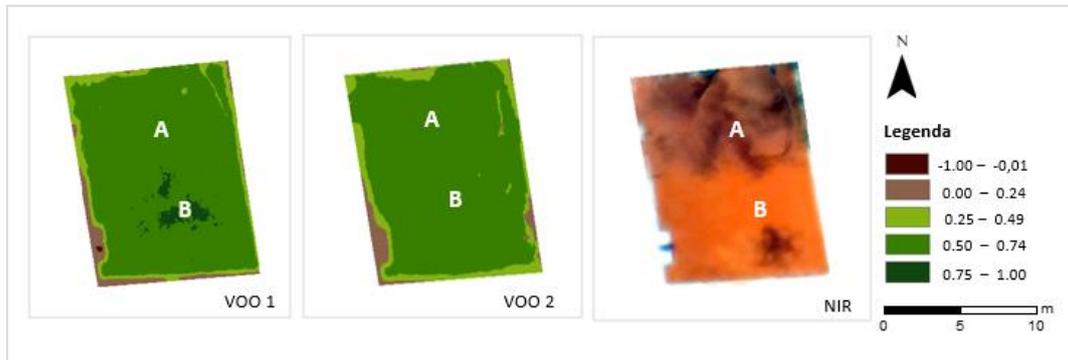


Figura 5.46 - Variação do NDVI no jardim n.º 35 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.47 ilustra os valores de NDVI registados durante o 1º e 2º voo no jardim n.º 36. Através da Figura é possível observar diferenças entre os dois voos nas zonas A e B. Na zona A ocorre um aumento de NDVI no 2º voo, onde os valores da vegetação assumem valores entre 0.50 e 0.74, ao passo que na zona B, os valores diminuem do 1º para o 2º voo.

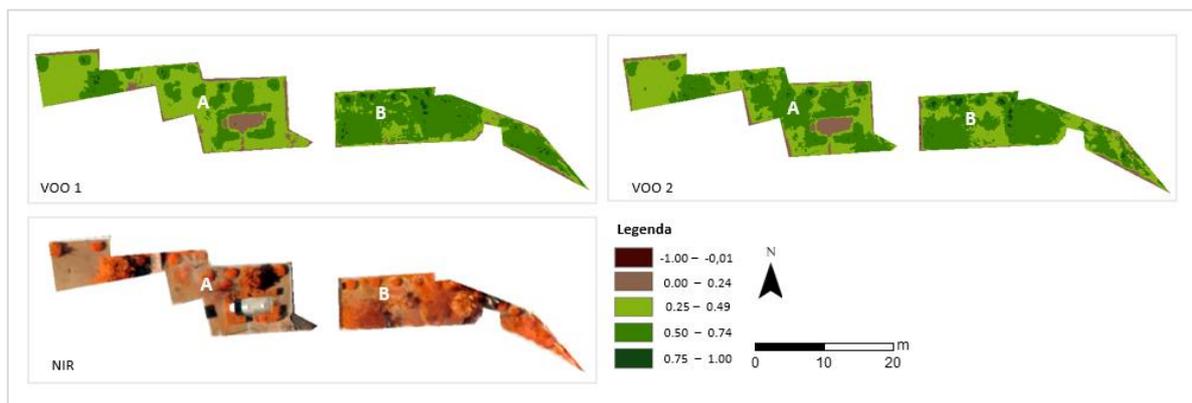


Figura 5.47 - Variação do NDVI no jardim n.º 36 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A Figura 5.48 apresenta a variação do NDVI no jardim n.º 37, no 1º e 2º voo realizado. Neste jardim verifica-se que o NDVI varia principalmente nas zonas A e B, em que nas duas zonas ocorre uma diminuição dos valores de NDVI (de 0.50-0.74 passam a 0.25-0.49) do 1º para o 2º voo. Esta diminuição pode estar relacionada com o aumento da temperatura durante o mês de junho e consequentemente com a necessidade de mais água, porque embora tenham sido feitos mais consumos no mês de junho (2º voo), as necessidades em água são também mais elevadas nesse mês.

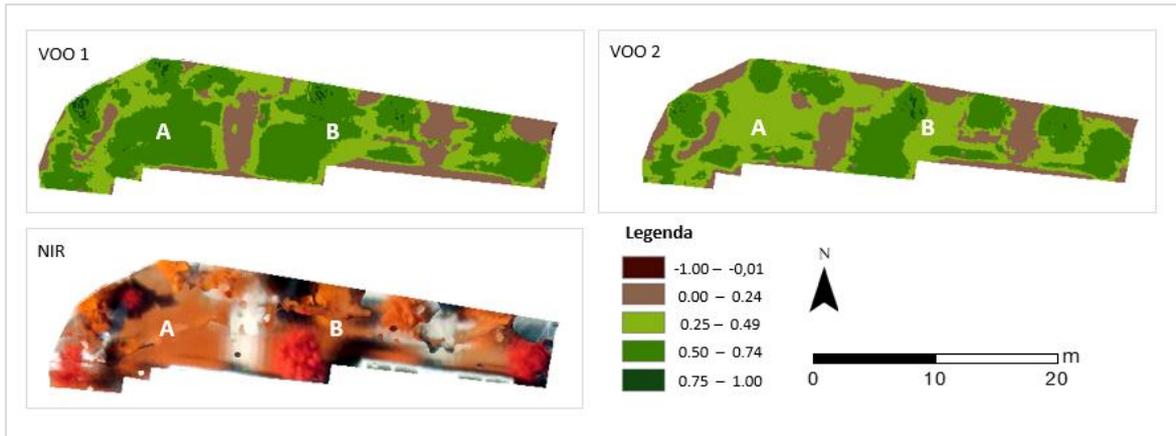


Figura 5.48 - Variação do NDVI no jardim n.º 37 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

A variação do NDVI no jardim n.º 43 está representada na Figura 5.49, para os dois voos realizados. Através da Figura verifica-se que os valores de NDVI diminuíram do 1º para o 2º voo, de 0.50-0.74 para valores entre 0.25-0.49 (como podemos observar na zona A, assinalada na Figura). Esta diminuição pode estar relacionada com o facto deste jardim não apresentar consumos de água nos meses de voo (Anexo 4), e o fornecimento de água ao jardim ter sido assegurado apenas pela precipitação. A precipitação foi elevada no mês do 1º voo, mas em junho (2º voo) praticamente não houve registo de precipitação. Posto isto, estima-se que as necessidades hídricas do jardim não tenham sido suprimidas no mês de junho (2º voo) e isso refletiu-se no NDVI, ocorrendo uma diminuição nos valores.

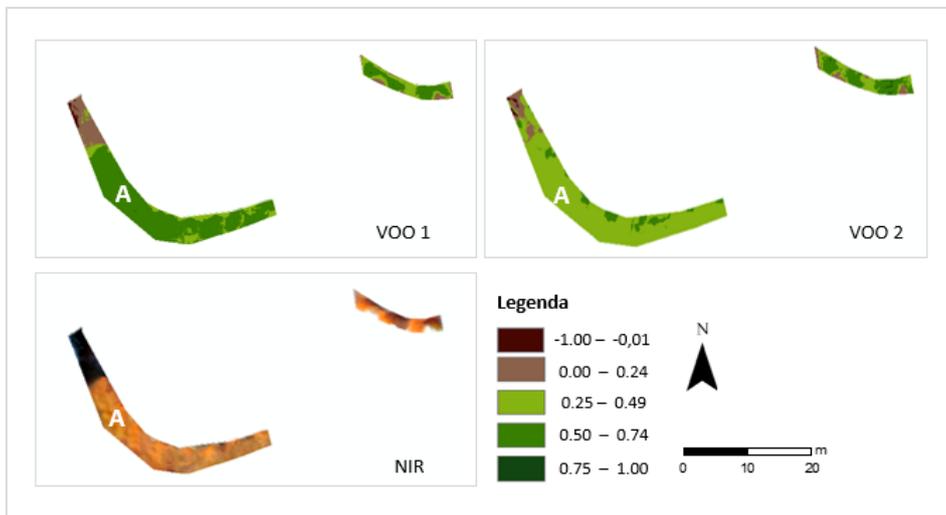


Figura 5.49 - Variação do NDVI no jardim n.º 43 nos meses de maio e junho de 2016 e respetiva imagem NIR.

5.4.3 NDVI e as Necessidades hídricas

De forma a sintetizar a informação analisada e comparar os valores de NDVI obtidos (Anexo 8) com os consumos e as necessidades hídricas de cada jardim sobrevoado (Anexo 9), a Figura 5.50 apresenta os valores de NDVI médios e máximos registados nos voos 1 e 2. No que respeita ao voo 3, apenas são apresentados os valores médios para representar a diferença, anteriormente mencionada, em relação aos outros dois voos.

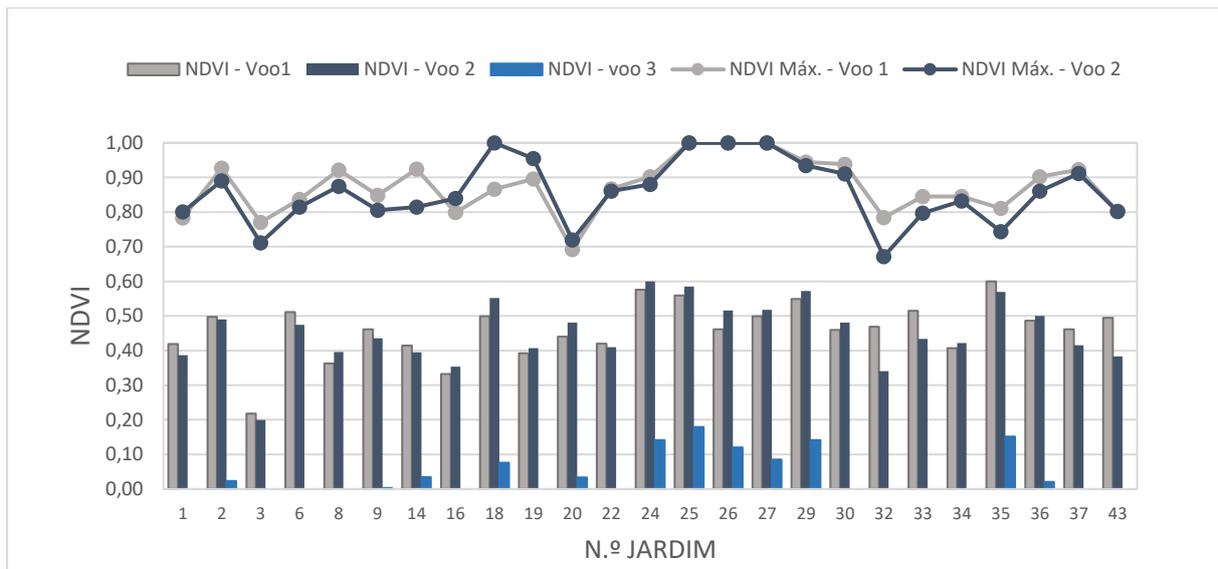


Figura 5.50 - Valores de NDVI médios e máximos registados no 1º, 2º voo e valores médios do 3º voo.

Na Figura 5.50 pode-se verificar as diferenças que ocorreram no NDVI dos voos realizados, nos vários jardins sobrevoados. Através da Figura pode-se verificar que nos jardins n.º 1, 2, 3, 6, 9, 14, 22, 32, 33, 35, 37 e 43 os valores de NDVI médios foram superiores no 1º voo, enquanto que os restantes no 2º voo.

No jardim n.º 1 determinou-se que o 1º voo obteve valores médios de NDVI superiores ao 2º voo. Esta situação pode estar relacionada com a quantidade de água que foi fornecida ao jardim (e as condições meteorológicas registadas) nos dois meses de voo. De acordo com o Anexo 8, sabe-se que no mês de maio foi fornecida menos água do que no mês de junho e que a dotação real era também mais baixa do que a dotação real estimada para o mês do 2º voo. Posto isto, ocorreu um défice de -28.9mm/mês de água no mês de maio e no mês de junho foram fornecidos 94.9mm/mês de água por excesso ao jardim. Considerando que o NDVI foi superior no 1º voo, pode-se concluir que as plantas se encontravam mais saudáveis no mês de maio e que o excesso de água acabou por se refletir na vegetação e, conseqüentemente, numa diminuição do NDVI determinado.

No Jardim n.º 2, o 1º voo foi o que registou a melhor média de valores de NDVI. Neste jardim ocorreu um défice de água maior no mês de junho (Anexo 9), o que vai de encontro com os valores de NDVI observados, que diminuíram do 1º voo (maio) para o 2º voo (junho). Esta situação também ocorreu nos jardins n.º 3 e 6.

No jardim n.º 8, os valores de NDVI mais elevados foram registados no 2º voo (Figura 5.50). Neste jardim foi estimado um excesso de água fornecida de 177.3mm/mês no mês de maio e de 83.2mm/mês no mês de junho. Considerando que os valores de NDVI aumentam do 1º para o 2º voo, estima-se que a quantidade de água fornecida por excesso no mês de maio não melhorou o estado de saúde da vegetação e que uma quantidade menor, como foi administrada no mês de junho, contribuiu para um melhor aspeto visual da vegetação desse jardim.

No jardim n.º 9, embora tenha ocorrido o efeito da sombra durante o 1º voo, este foi o voo que no geral conseguiu os melhores valores de NDVI. Este dado observado é sustentado pelos valores registados no Anexo 9, em que ocorreu um défice de água no mês de junho de -187.4 mm/mês que se estima que tenha levado à redução dos valores no 2º voo. Uma situação semelhante aconteceu no jardim n.º 22.

No jardim n.º 14, o 1º voo foi o que obteve os melhores valores de NDVI. Neste jardim, no mês de maio, foram fornecidos 394.6 mm/mês de água por excesso, enquanto que no mês de junho os valores de água fornecida foram muito reduzidos e houve um défice de -132.8 mm/mês. Tendo em conta o observado, estima-se que o défice registado tenha produzido uma diminuição na área verde no 2º voo, que, no 1º voo, apresentava valores bastante próximos de uma situação ideal. Por outro lado, uma das explicações para o facto de o jardim estar a receber uma quantidade de água tão elevada no mês de maio e obter valores de NDVI próximos de 1, pode estar relacionada com a determinação da eficiência do sistema de rega. Este jardim pode apresentar uma uniformidade de distribuição mais baixa do que a que foi usada e por isso, precisar de mais água do que a quantidade que foi estimada.

No jardim n.º 16, o voo que obteve melhores valores de NDVI foi o 2º voo, no entanto, o valor máximo foi registado no 1º voo em que os valores foram bastante influenciados pela presença de uma zona de sombra. Olhando à diferença entre a quantidade de água fornecida e a quantidade de água necessária, este jardim no mês de maio registou um défice de -41.8mm/mês e no mês de junho, um défice de -125.6mm/mês. De acordo com os dados, esperava-se que no 2º voo ocorresse uma diminuição dos valores de NDVI, mas tal não ocorreu. Posto isto, os

dados estimados e observados indicam que a zona de sombra influenciou a determinação do NDVI neste jardim, e o mesmo aconteceu nos jardins n.º 26 e 27.

No jardim n.º 18 os dados (Figura 5.33 e Figura 5.50) indicam que foram registados melhores valores de NDVI no 2º voo, mas que o valor máximo foi atingido no 1º voo. No que diz respeito à quantidade de água fornecida ao jardim e às necessidades hídricas que foram estimadas, registou-se um défice em maio de -41.8mm/mês e em junho de -163.1mm/mês, em que se esperava, tal como no jardim anterior, que fossem observados os melhores valores de NDVI no mês de maio (1º voo). Não existindo zonas de influência de sombra neste caso, calcula-se que esta ocorrência esteja relacionada com a criação do ortofotomapa do 2º voo que apresentou uma distorção ou efeito de *blur* em algumas áreas do jardim, tendo afetado os resultados. A mesma situação aconteceu no jardim n.º 19 (que é adjacente ao jardim n.º 18).

O jardim n.º 20 apresentou maiores valores de NDVI no 2º voo. No entanto, tal como ocorreu no jardim n.º 16, este jardim durante o 1º voo foi influenciado por uma zona de sombra. Neste jardim ocorreu um défice de -41.8mm/mês no mês de maio e de -187.4mm/mês em junho, pelo que se estimava que o 2º voo iria ter menores valores de NDVI. Desta forma, dado os dados observados e os dados estimados determina-se que a sombra influenciou a determinação do NDVI deste jardim.

No jardim n.º 24, os valores de NDVI registados foram maiores no 2º voo. Em relação às diferenças (Consumos - dotação Real) determinadas, no mês de maio foi estimada a ocorrência de um excesso de 8.2mm/mês e no mês de junho um défice de -130.3mm/mês de água. Através destes dados, seria esperado obter um melhor NDVI no 1º voo, mas registou-se o contrário. Uma explicação para esta situação pode estar relacionada com a uniformidade de distribuição (UD) estimada, que, considerando que as plantas se encontram mais verdes no 2º voo, o valor desta deve ser maior do que o valor que foi usado para esse jardim. Assim, sendo o valor de UD mais alto, o valor de dotação real é consequentemente mais baixo e essa diferença é menor.

No jardim n.º 25, registaram-se valores de NDVI mais elevados no 2º voo e os valores máximos atingiram o valor de 1 em ambos os voos. Em relação à quantidade de água fornecida ao jardim (consumos e precipitação) esta foi superior no mês de maio e no mês de junho determinou-se um défice de -130.3 mm/mês de água (Anexo 9). Os dados determinados não estabelecem uma relação com os dados observados (*vd.* Figura 5.38), pelo que se estima que a uniformidade de distribuição do sistema de rega seja mais elevada do que a que foi usada, e esta tenha que ser ajustada ao jardim.

No jardim n.º 29, o 2º voo foi o que registou os valores mais elevados de NDVI. Neste jardim, a quantidade de água fornecida ao jardim foi muito maior no mês de junho que obteve um excesso de 111.1 mm/mês em relação à quantidade de água necessária, e no mês de maio ocorreu um défice de -17.7mm/mês. Estes dados demonstram que o excesso de água fornecido em junho permitiu que as plantas apresentassem um aspeto mais saudável.

No jardim n.º 30, determinaram-se valores mais elevados no 2º voo. Neste jardim sabe que ocorreu um défice de -38.7 no mês de maio, e de -144.4 no mês de junho. Considerando que o défice foi maior no mês do 2º voo e tendo em conta o que foi observado, estimava-se melhores valores de NDVI no 1º voo, pelo que se pondera que as sombras registadas no 1º voo tenham afetado a determinação do NDVI e os seus valores.

No jardim n.º 32, os melhores valores de NDVI foram observados e determinados para o 1º voo. Relativamente à quantidade de água fornecida estima-se que tenha ocorrido um excesso de 167.3mm/mês em maio e de 39.9mm/mês em de junho. Contudo, neste jardim não é possível afirmar que o excesso de água (devido a um mau ajustamento da UD) tenha contribuído para um melhor aspeto visual do jardim no 1º voo porque a influência da área de sombra foi muito grande neste espaço verde e pode ter influenciado os valores de NDVI que foram determinados.

No jardim n.º 33, determinaram-se melhores valores de NDVI no 1º voo, o que vai de encontro ao que foi observado anteriormente (*vd.* Figura 5.44). Neste jardim, estimou-se que ocorreu uma dotação por excesso de 31.3mm no mês de maio e por défice de -29.7mm no mês de junho. Estes dados sustentam que, neste jardim, a quantidade de água fornecida em maio refletiu-se na vegetação que apresentou, no mês de maio, valores de NDVI mais próximos do ideal.

No jardim n.º 34, o 2º voo foi o que registou os melhores valores de NDVI. Neste jardim, determinou-se que no mês de maio foi fornecida 33.3mm/mês de água por excesso e que no mês de junho ocorreu um défice de -109.3mm. Estes valores sustentam que teoricamente seria necessário fornecer mais água ao jardim no mês de junho (2ºvoo), ao contrário do que foi observado. Por outro lado, analisando as imagens a partir das quais foram determinados os valores de NDVI verificou-se que ocorre um efeito de *blur* em algumas áreas do ortofotomapa do 2º voo, o que pode ter influenciado a determinação dos valores de NDVI que seriam esperados ser mais elevados no 1º voo.

No jardim n.º 35, os valores de NDVI foram superiores no 1º voo. No que diz respeito à quantidade de água fornecida ao jardim e às necessidades hídricas que foram estimadas, registaram-se diferenças muito pequenas nos dois meses, mas o mês de junho (2º voo) apresenta

valores mais próximos da dotação real. Analisando os ortofotomapas obtidos, no 2º voo ocorreu uma maior influência da refletância do solo, o que justifica o facto dos valores de NDVI serem superiores no 1º voo realizado.

No jardim n.º 36, foi o 2º voo que obteve os melhores valores de NDVI, tanto nos valores determinados, como nos valores observados. Em relação às diferenças em água, verificou-se que ambos os meses apresentaram um défice em relação aos valores estimados de água necessária, em maio de -3.5mm/mês e em junho de -133.5mm/mês. Estes dados indicam que a dotação real estimada em junho pode estar um pouco acima do valor necessário, considerando que embora ocorra um défice de água no jardim a vegetação regista o seu melhor aspeto visual.

No jardim n.º 37, foi o 1º voo que registou a melhor variação de NDVI, o que pode ser observado pelo gráfico 5.50 e pela Figura 5.48. Em relação à água fornecida ao jardim e às necessidades hídricas estimadas, foi registado um défice de -41.8mm/mês em maio e de -35.5mm/mês em junho. Pela variação observada, é possível dizer que o défice de água em maio (1º voo) esta a induzir um melhor efeito visual no jardim e que a dotação real deste jardim possa ser menor do que a que foi determinada, ou seja, o valor de CU neste jardim pode ser superior ao que foi avaliado (*vd.* Capítulo 4.1.3).

No jardim n.º 43, foi o 1º voo que registou a melhor variação de NDVI. Neste jardim, as diferenças entre a água fornecida e a dotação real estimada resultaram num défice de -14.3mm no mês de maio e de -158.3mm no mês de junho. Estes valores vão de encontro aos dados observados porque no mês onde os valores de água fornecida ao jardim são mais próximos das necessidades reais do jardim (mês de maio), é onde o voo registou os melhores valores de NDVI (1º voo).

Desta forma, conclui-se que os valores de NDVI observados se conseguiram, em grande parte dos jardins, relacionar com a quantidade de água fornecida e com as necessidades hídricas estimadas para cada jardim. No entanto, em alguns casos, o meio envolvente influenciou a aquisição de dados e, conseqüentemente, isso refletiu-se nos resultados de NDVI obtidos, como aconteceu nos casos em que surgiram áreas de sombra ou, nos casos em que na criação dos ortofotomapas ocorreu um efeito de distorção (ou *blur*) em determinadas áreas de alguns jardins. Durante a análise, estes casos acabaram por influenciar a determinação dos valores de NDVI, não sendo possível nos jardins onde ocorreram estas exceções, estabelecer uma relação entre os dados observados e as necessidades hídricas desses jardins.

6 Aplicação: Jardins de São Brás de Alportel

No decorrer da elaboração da dissertação, surgiu a ideia de criar uma aplicação (*app*) onde fosse possível observar os vários espaços verdes do município de São Brás de Alportel, o tipo de vegetação, o tipo de sistema de rega presente nos jardins, e até permitir ao utilizador calcular as necessidades hídricas do seu próprio jardim de uma forma dinâmica.

A aplicação teria como público alvo, tanto turistas para conhecer melhor o município e a sua história, como habitantes da Vila ou até um simples apreciador de jardins para estimar a quantidade de água que deve dar às suas plantas. Na Figura 6.1 apresenta-se o *icon* da *app*, o menu início e o menu principal da aplicação.



Figura 6.1 – *Icon*, menu início e menu principal da aplicação “Jardins de São Brás de Alportel” (Fonte: autora)

No menu principal da aplicação é possível escolher entre três menus: ‘*Discover*’, ‘*History*’ e ‘*Contact us*’. Estes menus encontram-se apresentados na Figura 6.2. O menu ‘*History*’ apresenta a história da vila de São Brás de Alportel, enquanto o menu ‘*Contact us*’ é um menu criado para que o utilizador possa enviar perguntas, o seu feedback ou comunicar com os gestores da aplicação. No menu ‘*Discover*’, após clicar, é aberto um mapa centrado na vila de São Brás de Alportel, onde o utilizador pode observar e clicar na localização de todos os espaços verdes públicos do município.

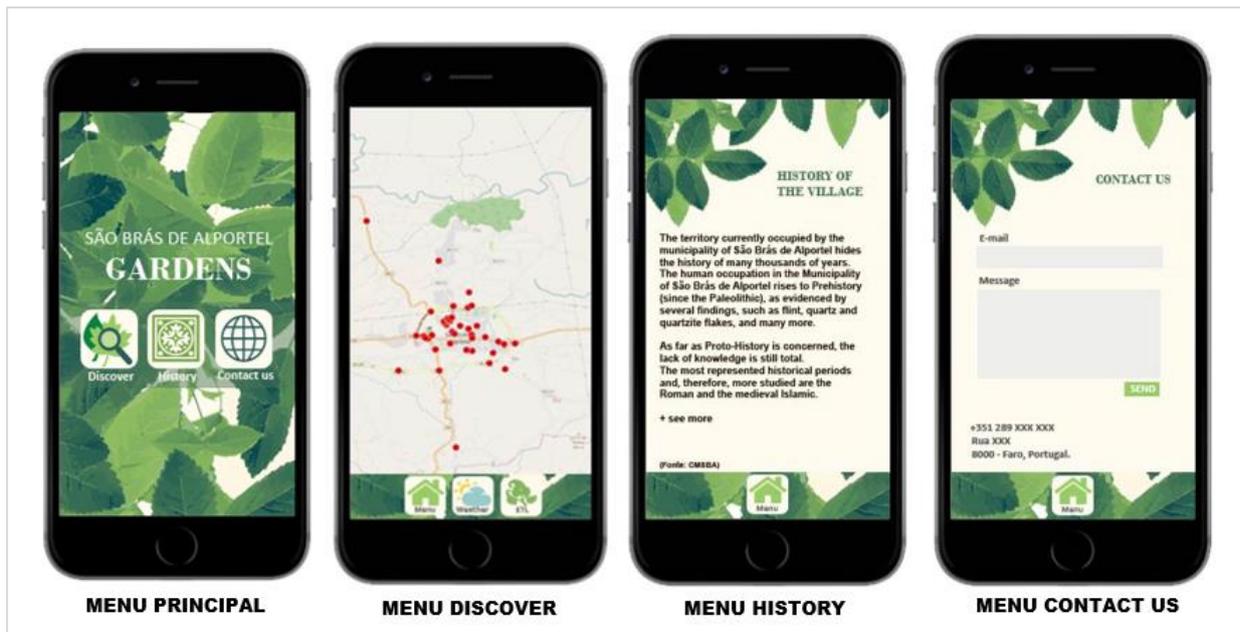


Figura 6.2 - Menu principal, 'Discover', 'History' e 'Contact us' da aplicação "Jardins de São Brás de Alportel" (Fonte: autora).

No menu 'Discover', posteriormente a ser aberto o mapa com todos os jardins, o utilizador pode clicar num espaço verde, onde seguidamente abrirá o menu 'Garden' (Figura 6.3) ou, se escolher clicar nos *icons* que se encontram na barra inferior da janela, pode ir ao menu 'Weather' ou ao menu 'ETL'. No menu 'Weather' (Figura 6.3) o usuário pode ver os valores registados de alguns parâmetros climáticos, como a evapotranspiração de referência, a temperatura e a radiação, enquanto que no menu 'ETL' (Figura 6.3), o utilizador pode estimar as necessidades hídricas da vegetação. Este ultimo menu iria adotar a metodologia utilizada no *software LIMP* que foi utilizado durante a elaboração da dissertação.

Por outro lado, se o usuário decidiu navegar no mapa e, portanto, no menu 'Garden', este irá encontrar fotos do jardim selecionado, conhecer os vários tipos de vegetação presentes no jardim (Menu 'Garden 1') e o tipo de sistema de rega que é utilizado (Menu 'Garden 2'), como está apresentado na Figura 6.3.

A aplicação encontra-se numa fase de desenvolvimento protótipo, pelo que ainda não se encontra disponível para descarregar de nenhum dispositivo móvel.

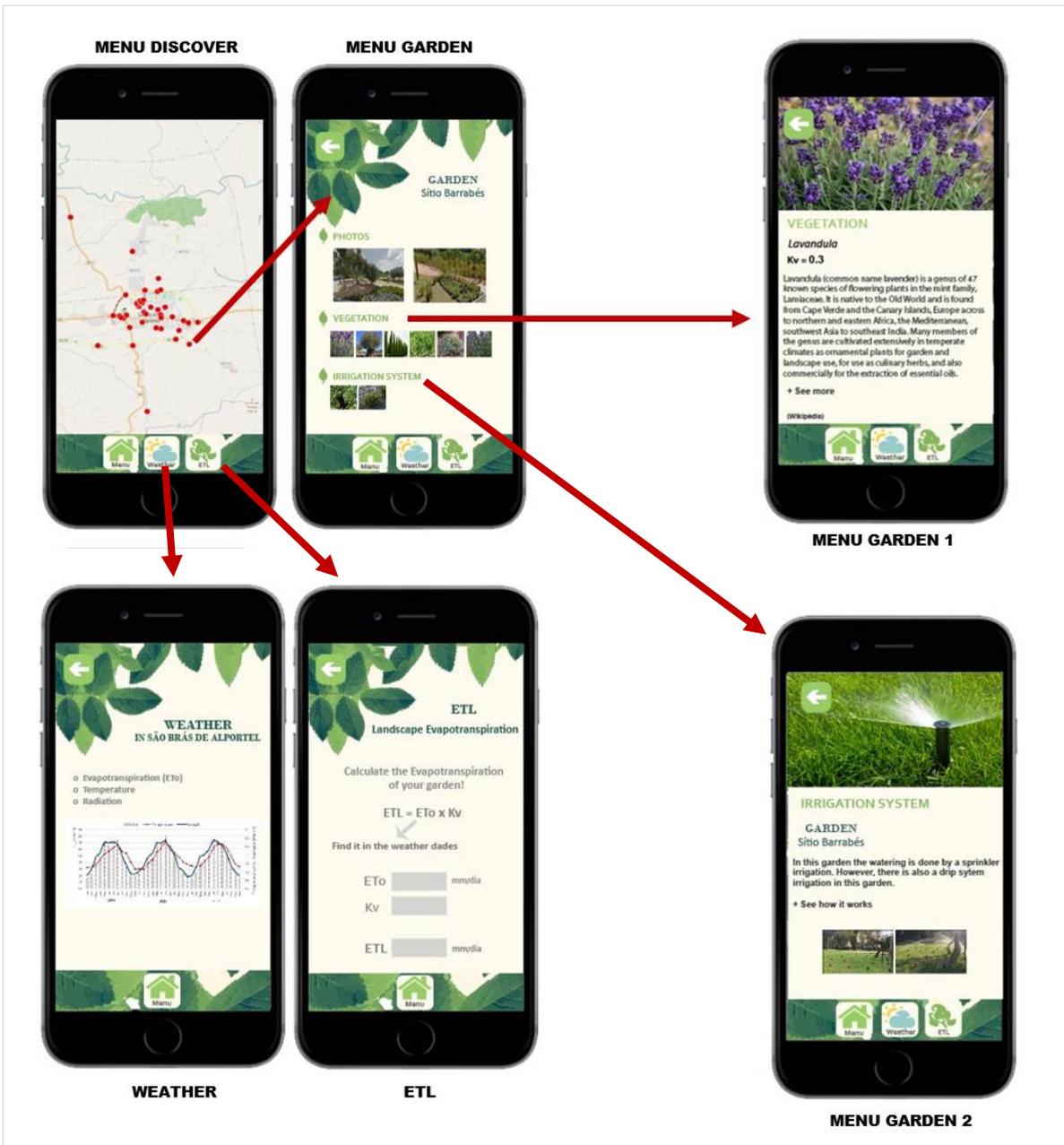


Figura 6.3 - Menu 'Discover', 'Weather', 'EtL' e menu 'Garden', 'Garden 1' e 'Garden 2' da aplicação "Jardins de São Brás de Alportel" (Fonte: autora).

7 Considerações Finais

Os espaços verdes têm vindo a aumentar significativamente no interior das cidades, não só por simbolizarem um sinal de qualidade de vida e melhoria estética das cidades, como por serem importantes áreas de lazer e contribuírem para a diminuição da poluição nos centros urbanos. Nestes espaços, a quantidade de água utilizada para rega é, no entanto, um dos grandes problemas da sua manutenção.

Nesta dissertação, procurou-se assim estudar os espaços verdes do município de São Brás de Alportel de forma a analisar as condições atuais da sua manutenção. Para isso, primeiramente limitou-se e caracterizou-se a área de estudo e, posteriormente, foi feita uma análise dos dados meteorológicos da estação meteorológica da maragota (DRAPALG, 2016), onde os parâmetros analisados foram a evapotranspiração de referência, a temperatura, a radiação, a precipitação e o vento. Seguidamente, foi realizada uma avaliação dos sistemas de rega, onde se realizaram 3 testes, em meses diferentes, no jardim n.º 30. Nesta avaliação determinou-se que a uniformidade de distribuição era baixa, tendo registado valores de UD de 28%-43%, para o sistema de rega por aspersão, e de 59.5% no sistema de microrrega, os valores de CU foram de 47%-60% para a aspersão e de 70.9% para a microrrega.

Determinados os parâmetros meteorológicos e feita avaliação ao sistema de rega, passou-se à determinação das necessidades hídricas de cada jardim, onde foram determinados os valores de K_v , K_L e ET_L dos vários jardins, e foi estimada a dotação real e a dotação ideal. A dotação real foi definida neste trabalho como sendo a quantidade de água necessária para que os jardins pudessem manter a sua função e aspeto visual desejado, tendo em conta o real funcionamento do sistema de rega, enquanto que a dotação ideal considerou um funcionamento do sistema de rega com valores ideais. Desta forma, foi possível comparar os consumos de água e a precipitação registada com a dotação real e ideal estimada, onde os consumos e a precipitação foram subtraídos aos valores da dotação e obteve-se os seguintes resultados para o ano de 2016 (vd. Quadro 5.3):

- Nos jardins n.º 1, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 18, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 35, 37, 40, 41, 42, 43 e 44, os resultados demonstraram que estes jardins apresentam um potencial de poupança de água se os consumos forem ajustados às carências de água da vegetação. Esse potencial poderá aumentar se o jardim apresentar um sistema de distribuição de água ideal.

- Nos jardins n.º 2, 3, 4, 5, 7, 13, 16, 17, 19, 20, 23, 24, 30, 31, 34, 36, 38 e 45, os dados registados sustentam que não ocorre um potencial de poupança, dado que estes jardins necessitam de mais água do que a que lhes foi fornecida. Por outro lado, é demonstrado também que se estes tivessem um sistema de rega ideal, a quantidade de água em défice seria menor.
- Nos jardins n.º 6, 15, 21, 22 e 39, tal como acontece nos jardins do ponto anterior, não apresentam um potencial de poupança porque ocorre um défice de água fornecida. No entanto, numa situação de funcionarem com sistemas de rega ideal, estimou-se que poderia ser promovida uma poupança de água.
- No geral, estimou-se que o município aplicou cerca de 4700.44 mm/ano de água por excesso nos jardins neste ano e que, se os sistemas de rega dispusessem de um sistema de rega a funcionar em condições ideais haveria um potencial de poupança de 19801.6 mm/ano de água.

Posteriormente, analisados os consumos e a dotação real e ideal, recorreu-se aos dados de deteção remota por forma a verificar se o índice de vegetação NDVI seria um bom indicador de qualidade ambiental para determinar as respostas da vegetação às mudanças de temperatura, consumos, precipitação e outras variações. Para este estudo foram sobrevoados 25 espaços verdes, em 3 dias de voo, e determinou-se que o 1º e o 2º voo apresentavam semelhanças, porém com algumas variações entre si e que o 3º voo teria de ser excluído da análise devido a problemas ocorridos durante o voo.

Em relação aos dados de NDVI, foi determinado que a média de valores de NDVI nos jardins n.º 1, 2, 3, 6, 9, 14, 22, 32, 33, 35, 37 e 43 foi superior no 1º voo realizado, enquanto que nos jardins n.º 8, 16, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 34 e 36, o NDVI foi maior no 2º voo. A média dos valores de NDVI da vegetação situou-se no intervalo de 0.50 a 0.74 que corresponde a um intervalo de vegetação saudável.

Através da relação entre o NDVI e as necessidades hídricas que foram estimadas para os vários espaços verdes, e partindo do princípio que o objetivo destes espaços é apresentar um bom estado de conservação, foi possível estabelecer uma relação entre ambos. Nesta relação, analisaram-se os dados observados de NDVI, de consumos, precipitação e dotação real, e verificou-se assim a necessidade de ajustar ou não o funcionamento do sistema de rega de acordo com o estado da vegetação. Contudo, houve jardins em que não foi possível estabelecer uma relação dado a ocorrência de limitações, como a presença de sombras ou distorções (*blur*)

em determinadas áreas do ortofotomapa que influenciaram a determinação dos valores de NDVI, tendo registado valores mais baixos.

De uma forma geral, conclui-se que a dotação real é uma boa ferramenta para estudos relacionados com poupança de água e que o NDVI é um bom índice para estudar o estado da vegetação, que para períodos de tempo curtos (mês a mês) pode determinar as diferenças no seu estado ou desenvolvimento.

8 Bibliografia

- Agribotix (2016). Consultado a 3/12/2016, in: <https://agribotix.com/>
- Allen R. G., Pereira L. S., Raes D. & Smith M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig Drain Pap 56, Rome.
- Allen R. G., Wright J. L., Pruitt W. O., Pereira L. S., & Jensen M. E. (2007). Water Requirements. In: Hoffman G. J., Evans R. G., Jensen M. E., Martin D. L., Elliot E. L. (eds) Design and Operation of Farm Irrigation Systems (2ª Edição). ASABE, St. Joseph, MI, pp. 208–288.
- Boratto I. M. & Gomide R. L. (2013). Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: Anais do XVI simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR. Brasil.
- Burt C. M., Clemmens A. J., Strelkoff T. S., Solomon K. H., Bliesner R. D., Hardy L. A., Howell T. A. & Eisenhauer D. E. (1997). Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. In: Irrig. And Drain Eng. ASCE 123, pp 423-442.
- Canon (2017). Consultado a 26/08/2016, in: <https://www.canon.pt/cameras/>
- CCRS - Canada Center for Remote Sensing (2007). Fundamentals of remote sensing. Ed. Natural resources Canada.
- Christiansen J. E. (1942). Irrigation by sprinkling. California, Agric. Exp. Sta. Bull., 670. University of California, Berkeley.
- Chuvieco E. (2002) Teledetección Ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. 3ª Ed. Ariel ciência, Barcelona.
- Costa M. (2010). Espaços verdes e jardins sustentáveis. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve. Consultado a 27/08/2016, in: <http://www.drapalg.min-agricultura.pt/downloads/pub/Jardins%20Sustentaveis.pdf>
- Costello L. R. & Jones K. S. (2014). WUCOLS IV: Water use classification of landscape species. University of California, Davis Campus.
- Costello L. R., Matheny N. P., Clark J. R. & Jones K. (2000). WUCOLS III: A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California: the landscape coefficient method. San Mateo and San Francisco Counties: University of California cooperative extension, California Department of Water Resources, 160.
- DGT (2015). Áreas das freguesias, conselhos e distritos da CAOP 2015. Carta administrativa oficial de Portugal, versão 2015, Direção-Geral do Território. Consultado a 16/05/2016, in:

http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal__caop_/caop_em_vigor/

- DRAPALG (2013). Considerações sobre o clima do Algarve. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve. Consultado a 30/07/2016, in: <http://www.drapalg.min-agricultura.pt/ema/images/artigos/DRAPALG%20EMAs%20-%20clima%20no%20Algarve.pdf>
- DRAPALG (2016). Dados das estações meteorológicas das DRAPALG. Consultado a 27/08/2016, in: http://www.drapalg.min-agricultura.pt/index.php?option=com_wrapper&Itemid=43
- DRAPALG (2016a). Dados da estação meteorológica da Maragota gerida pela DRAPALG. Consultado a 8/01/2017, in: <http://www.drapalg.min-agricultura.pt/ema/images/dados/mar16.pdf>
- Erena M., López-Francos A., Montesinos S. & Berthoumieu J. F. (2012). The use of remote sensing and geographic information systems for irrigation management in Southwest Europe. Zaragoza, Spain, Vol. 67, 239 pp.
- Gandhi M., Parthiban S., Nagaraj T. & Christy. A. (2015). NDVI: Vegetation change detection using remote sensing. In: 3rd International Conference on Recent Trends in Computing 2015.
- Hargreaves G. & Samani Z. (1982). Estimating potential evapotranspiration. In: Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 108, pp. 225-230.
- ICNF (2017). Geologia, hidrologia e clima do Parque Natural da Ria Formosa. Instituto da conservação da Natureza e das florestas. Consultado a 30/07/2016, in: <http://www.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnrf/geo>
- INE (2012). Censos 2011 resultados definitivos: Região do algarve. Lisboa, Instituto Nacional de estatística, pp. 96. Consultado a 16/05/2016, in: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacao_det&menuBOUI=13707294&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=156657607&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1
- IPMA (2017). Classificação do clima de Portugal Continental. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Consultado a 26/07/2016, in: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>
- Karnieli A., Agam N., Pinker R. T., Anderson M., Imhoff M. L. & Gutman G. G. (2009). Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. In: Journal of Climate 23, pp. 618-633.
- Lillesand T. M. & Kiefer R. W. (1987). Remote Sensing and Image Interpretation. 2ª ed., John Wiley & Sons.

- McCabe J. (2005). Landscape irrigation scheduling and water management. Water management committee of the irrigation association. Arlington: Edição do autor.
- Merriam J. L. & Keller (1978). Farm irrigation system evaluation. A guide for management. 3ª Ed, Utah State University, Logan.
- Monteith J. L. (1965). Evaporation and Environment. In: The state and movement of water in living organism. 19th Symp. Soc. Exptl. Biol., pp. 205-234.
- NASA (2015). Energy: the driver of climate: electromagnetic radiation. Consultado a 3/12/2016, in: <http://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/radiation-sun.php>
- Nouri H., Beecham S., Kazemi F. & Hassanli A.M. (2013). A review of ET measurement techniques for estimating the water requirements of urban landscape vegetation. In: Urban Water Journal, Volume 10, pp. 247–259.
- Oliveira I. (2011). Técnicas de regadio: teoria e prática. 2ª Ed., edição do autor, 1765pp.
- Ortega-Farias S., Irmak S. & Cuenca R. H. (2009). Special issue on evapotranspiration measurement and modeling. In: Irrigation Science 28, pp. 1-3.
- Pedras, C. M. G. (2003) Sistema de apoio à decisão para projeto e análise de funcionamento de sistemas de rega sob pressão (rega localizada). Tese de Doutoramento. Universidade do Algarve, Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Faro. 204 pp.
- Pereira L. S. & Trout T. J. (1999) Irrigation methods. In: Van Lier H. N., Pereira L. S. & Steiner F. R. (eds). CIGR Handbook of Agricultural Engineering, vol. I: land and water engineering. ASAE, St. Joseph, pp. 279-379.
- Pereira L. S. (2004). Necessidades de água e métodos de rega. Publicações Europa-América Lda., Lisboa 312p.
- Pereira L. S., Allen R. G., Smith M. & Raes D. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. In: Agricultural Water Management v.147, pp. 4-20.
- Rodrigues T. S., Ribeiro S. R., Vaz M. S. (2013) Avaliação do desempenho de dois índices de vegetação (NDVI e SAVI) por meio de índice de qualidade de imagens. In: Anais XVI simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto SBSR, Foz do Iguaçu.
- Rodriguez A. M., Alabarces R. A., Morrillo M. C. Y., Zarza R. P., Quesada A. N. & Gomez R. F. (2004). Manual de riego de jardines. Consejería de Agricultura y Pesca, Andalucía.
- Romero C. C. & Dukes M. D. (2010). Residential benchmarks for minimal landscape water use. University of Florida: Water Institute, Gainesville.

- Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A. & Deering D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ETRS. In: 3° ERTS-1 symposium. Nasa SP-351, Washington D.C. NASA, pp. 309-317.
- SEOS (2016). Vegetation, water and soil reflectance. Consultado a 3/12/2016, in: <http://www.seos-project.eu/modules/classification/classification-c00-p05.html>
- SNIRH (2001). Dados da estação meteorológica de São Brás de Alportel. Autoridade Nacional da água, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Consultado a 26/07/2016, in: http://snirh.apambiente.pt/snirh/_dadosbase/site/simplex.php?OBJINFO=DADOS&FILTRA_BACIA=992&FILTRA_COVER=920123704&FILTRA_SITE=920685676
- Snyder R. L. & Eching S. (2004). Landscape Irrigation Management Program. IS005 Quick answer. University of California, Davis, CA.
- Snyder R. L., Pedras C. M. & Montazar A. (2015). Advances in ET-based landscape irrigation management. In: Agricultural Water Management v.147, pp. 187-197.
- Tasumi M., Allen R. G., Trezza R. & Wright J. (2005). Satellite-Based Energy Balance to Assess Within-Population variance of crop coefficient curves. J. Irrig. Drain. Eng. 131, pp. 94-109.
- Varejão-Silva M. A. (2006). Meteorologia e climatologia. Ed. 2, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Vilar P., Navarro A. & Rolim J. (2015). Utilização de imagens de deteção remota para monitorização das culturas e estimação das necessidades de rega. In: VIII CNCG Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia.
- Wilkie D. S. & Finn J. T. (1996). Remote Sensing Imagery for Natural Resources Monitoring. A guide for first-time users. Methods and cases in conservation science series. New york, Chichester: Columbia University Press.

ANEXOS

ANEXO 1 – Tabelas de temperaturas médias, mínimas e máximas mensais registadas para o período de 1981 a 2001 e respetivas médias (Fonte dos dados: SNIRH, 2001).

Temperaturas médias mensais

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média Anual
1981	11,00	10,80	14,10	12,90	15,80	22,80	24,40	23,20	22,40	19,70	17,60	12,70	17,3
1982	11,90	11,50	14,60	15,00	18,40	21,80	22,10	24,20	21,60	16,70	13,20	10,40	16,8
1983	11,70	10,00	14,30	13,20	15,20	21,60	20,90	22,80	24,10	20,30	15,70	12,10	16,8
1984	9,90	10,60	10,80	15,50	13,80	19,40	24,70	24,00	22,40	17,80	13,70	11,80	16,2
1985	9,20	12,50	11,90	14,50	15,30	20,80	23,60	25,00	24,00	20,30	13,90	11,80	16,9
1986	9,70	10,00	12,20	11,40	19,20	20,60	25,50	23,70	22,20	19,50	14,70	11,50	16,7
1987	10,30	11,70	15,10	15,00	17,70	21,80	23,50	23,40	24,00	15,50	13,30	12,60	17,0
1988	10,70	10,40	14,20	15,20	16,60	19,80	25,50	26,40	24,30	18,50	14,80	11,80	17,4
1989	10,90	12,20	14,60	12,70	18,50	22,60	26,20	25,80	21,60	18,50	13,40	12,00	17,4
1990	9,60	12,20	13,00	12,60	17,80	19,80	25,80	25,70	22,00	17,00	13,00	9,60	16,5
1991	9,60	8,30	11,60	13,00	17,30	23,00	25,80	25,90	22,00	15,10	11,80	10,30	16,1
1992	8,60	11,30	14,50	16,00	19,20	18,20	25,50	24,60	22,20	15,60	15,30	11,10	16,8
1993	10,20	11,00	12,50	13,70	14,80	20,20	25,40	23,60	19,60	15,50	13,40	11,60	16,0
1994	10,10	11,20	15,60	14,70	16,90	22,30	26,10	24,70	21,30	18,40	15,60	12,20	17,4
1995	11,50	12,50	14,20	15,80	19,60	21,00	24,90	25,20	20,90	19,90	16,00	12,40	17,8
1996	11,30	10,00	12,70	15,80	17,10	23,60	25,60	23,20	20,60	18,50	14,40	11,70	17,0
1997	10,50	14,00	17,00	17,40	17,20	19,70	22,80	23,80	23,20	19,70	14,60	12,20	17,7
1998	11,50	13,10	15,90	13,80	16,80	22,00	25,80	25,60	22,00	18,40	15,00	11,40	17,6
1999	10,80	11,20	13,60	16,30	18,40	22,30	25,10	24,00	20,80	18,00	12,80	11,80	17,1
2000	9,50	14,00	15,00	12,70	17,80	22,90	24,50	25,40	23,10	18,30	13,00	12,30	17,4
2001	11,00	11,90	13,20	15,60	16,80	23,20	23,10	24,00	20,60	17,60	12,50	10,60	16,7
Média mensal	10,5	11,4	13,8	14,4	17,2	21,4	24,6	24,5	22,1	18,0	14,2	11,6	17,0

Temperaturas mínimas mensais

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1981	0,4	2,6	4,8	4,6	5,6	10,6	13,2	14,2	12	9	10,4	6
1982	4,6	4,0	5,8	6,4	6,6	11,8	12,2	13,2	9,4	7,2	4,6	3,8
1983	4,4	0,1	5,2	5,2	6,4	10,6	11,4	14,2	12,2	11,4	11,0	3,0
1984	2,0	3,4	1,8	7,8	5,4	7,4	13,0	13,0	11,2	9,0	8,0	4,6
1985	0,3	6,0	5,4	6,2	6,4	11,4	10,2	14,2	15,0	11,2	5,0	3,6
1986	2,4	2,8	5,0	3,0	4,0	10,6	13,2	12,6	14,0	12,4	7,6	2,6
1987	1,0	2,0	6,4	5,4	8,5	10,5	14,0	14,0	14,0	8,0	4,5	6,5
1988	5,0	1,5	4,0	5,0	8,5	12,5	13,0	14,5	12,5	9,5	8,5	5,0
1989	5,0	4,5	4,0	5,0	10,5	11,5	15,0	16,5	13,0	9,5	7,0	5,0
1990	2,5	3,5	3,5	4,5	8,5	10,5	12,5	14,0	13,5	8,5	2,5	1,0
1991	0,5	0,5	3,5	4,5	6,0	10,5	10,5	11,0	7,5	4,5	1,0	2,0
1992	1,0	1,5	4,5	5,0	8,5	9,0	13,5	13,0	10,0	7,5	6,5	4,0
1993	3,0	2,5	-4,5	5,5	8,5	10,5	12,5	12,0	10,0	7,5	7,0	5,0
1994	1,5	2,0	8,0	6,0	8,0	12,0	14,5	14,0	9,5	10,0	7,5	1,5
1995	4,0	3,5	5,5	3,5	9,0	11,5	14,5	14,5	12,0	12,5	7,0	4,5
1996	5,0	0,5	4,0	7,5	7,5	12,0	15,0	14,0	12,5	10,5	5,0	3,5
1997	2,5	7,5	9,0	8,5	8,0	10,5	11,5	14,0	13,5	11,0	7,5	3,5
1998	5,0	7,5	6,5	4,0	8,0	10,5	13,5	13,5	13,0	11,0	5,5	3,5
1999	3,0	2,0	4,5	5,4	8,5	11,0	14,5	14,5	12,4	10,5	3,5	3,5
2000	2,5	7,6	5,4	4,5	9,0	10,5	12,6	13,2	12,2	8,0	6,0	3,5
2001	3,6	5,2	6,0	7,5	5,5	12,3	13,4	14,5	-	-	-	-
Média mensal	2,8	3,4	4,7	5,5	7,5	10,8	13,0	13,7	12,0	9,4	6,3	3,8

Temperaturas máximas mensais

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1981	23,8	20	23,4	20,7	27,3	39,5	36,5	35,8	33,2	31,1	26,5	20,1
1982	22,2	17,5	26,5	25,4	32,5	35,6	35,5	39	33	26,3	23	17,5
1983	22,5	22	25,5	25	26,6	35	31,5	32,5	36,5	32,5	23,5	24,5
1984	16	20,5	20,5	24	22,5	31	36,5	35	32,5	27,5	20,5	18
1985	17,5	20	21	26	26	33	37	40	35,5	29	25,5	18
1986	19	17	22	22	31,5	33,5	37	34,5	32,5	28	24	17,5
1987	16,5	22	27,5	25,5	32	34	35	36,5	37,5	28	22,5	18
1988	17,5	18	25,5	27	26	32,5	38,5	37	38,5	30,5	20,5	19
1989	16,5	21,5	26	23	30	35	36,5	36	34	31	23,5	17
1990	16,5	21	22,5	23	31	34	37	39,5	32,5	27,5	26	17
1991	18	16,5	24	24	30,5	37,5	41,5	38	38	29,5	21,5	21,5
1992	15,5	20	28	29	32,5	30	36,5	37,5	35,5	30,5	23	17
1993	18	20	23	24,5	23	32,5	36,5	36	32	23,5	21,5	19,5
1994	21,5	19,5	26	27	28,5	34,5	39,5	35,5	33,5	27	23	19
1995	18,5	20	26	28	32,5	32	39,5	35,5	31	28,5	25,5	17,5
1996	16,5	16,5	21,5	26,5	35	34,5	37	33,5	31	27	24,5	19,5
1997	18,5	22	25,5	30,5	29,5	29,5	35,5	35	35,5	29,5	20,5	18
1998	18,5	19,5	25	27,5	27,5	36	38	38,5	32,5	29,5	23	20,5
1999	22	21,5	23	28,5	31,5	35	37,5	36,6	33	27	23,5	18
2000	16,3	21	23,5	20,5	32	35	39	39	37,1	31	19,2	18,6
2001	16	20,5	22,5	27,5	35	36,5	36,5	36	-	-	-	-
Média mensal	18,4	19,8	24,2	25,5	29,7	34,1	37,0	36,5	34,2	28,7	23,0	18,8

ANEXO 2 – Vegetação dos espaços verdes públicos de São Brás de Alportel e respetivos valores do coeficiente de vegetação (Kv).

Nº	Jardim	Espécies	Kv
1	671 Avenida da Liberdade	<i>Dracaena fragrans</i> (Dracaena)	0,17
		<i>Echium candicans</i> (Massaroco)	0,20
		<i>Hibiscus mutabilis</i> (Rosa-louca)	0,50
		<i>Rosmarinus officinalis</i> (Alecrim)	0,30
		<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50
2	675 Jardim Pavilhão Sitio Campina	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto)	0,50
		<i>Ceratonia síliqua</i> (Alfarrobeira)	0,20
		<i>Cupressus sempervirens</i> (Cipreste)	0,30
		<i>Eragrostis curvula</i> (Capim-chorão)	-
		<i>Lavandula</i> (Alfazema)	0,30
		<i>Nerium oleander</i> (Loendro)	0,30
		<i>Robinia pseudoacacia</i> (Acácia bastarda)	0,20
		<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50
3	736 Rua Mariana Vilar	<i>Citrus limon</i> (Limoeiro)	0,50
		<i>Citrus sinensis</i> (Laranjeira)	0,50
4	847 Rotunda Poços Ferreiros	<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50
5	898 Rua António Viegas Calçada	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto)	0,50
		<i>Aloé Arborescens</i> (Aloé vera)	0,20
		<i>Ceratonia síliqua</i> (Alfarrobeira)	0,20
		<i>Viburnum suspensum</i> (Viburno)	0,50
		<i>Washingtonia robusta</i> (Palmeira em leque)	0,35
		<i>Zantedeschia aethiopica</i> (Jarros)	-
6	903 Rua Virgínia de Passos	<i>Aloé Arborescens</i> (Aloé vera)	0,20
		<i>Gleditsia triacanthos</i> (Espinheiro da virginia)	0,25
		<i>Lantana montevidensis</i> (lantana)	0,26
		<i>Olea europaea</i> L. (Oliveira)	0,27
		<i>Yucca elephantipes</i> (Yuca palmeira)	0,20
	<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50	
7	949 Campina Vilas	<i>Gleditsia triacanthos</i> (Espinheiro da virginia)	0,25
		<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
8	952 Rotunda Escola Secundária Sitio Calçada	<i>Osteospermum spp.</i> (Malmequer africano)	0,26
		<i>Quercus suber</i> (Sobreiro)	0,20
9	953	<i>Gleditsia triacanthos</i> (Espinheiro da virginia)	0,27

	Rua Dr. João Matos Proença Lt.6 e Lt.7	<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
10	955 Rua Dr. João Matos Proença Lt.6 e Lt.8	<i>Olea europaea var.sylvestris</i> (Zambujeiro) <i>Zoysia</i> (Relva)	0,20 0,50
11	973 Rotunda Creche Rua João Rosa Beatriz	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto) <i>Agave Americana</i> (Agave) <i>Lantana camara</i> (Lantana) <i>Lantana montevidensis</i> (Lantana roxa) <i>Nerium oleander</i> (Loendro) <i>Olea europaea L.</i> (Oliveira)	0,50 0,20 0,26 0,26 0,30 0,27
12	990 Jardim Bicas Sítio Vilarinhos	<i>Citrus sinensis</i> (Laranjeira) <i>Cupressus sempervirens</i> (Cipreste) <i>Myrtus Communis</i> (Murta)	0,50 0,30 0,35
13	991 Jardim Sítio Alportel	<i>Citrus sinensis</i> (Laranjeira) <i>Lavandula</i> (Alfazema) <i>Myrtus Communis</i> (Murta) <i>Rosmarinus officinalis</i> (Alecrim) <i>Santolina chamecyparissus</i> (Abrótano)	0,50 0,30 0,35 0,30 0,20
14	1000 Rua Virgílio Passos	<i>Lantana montevidensis</i> (Lantana roxa) <i>Nerium oleander</i> (Loendro) <i>Prunus Cerasifera</i> (Ameixoeira dos jardins) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,26 0,30 0,40 0,50
15	1042 Jardim Zona Industrial Sítio Almargens	<i>Cupressus sempervirens</i> (Cipreste) <i>Myrtus Communis</i> (Murta) <i>Nerium oleander</i> (Loendro) <i>Olea europaea</i> (Oliveira) <i>Zoysia</i> (Relva)	0,30 0,35 0,30 0,27 0,50
16	1134 Jardim Xanabus Rua Colégio de S. Brás Lt.7	<i>Jacaranda mimosifolia</i> (Jacarandá-mimoso) <i>Santolina chamecyparissus</i> (Abrótano) <i>Washingtonia robusta</i> (Palmeira em leque) <i>Zoysia</i> (Relva)	0,50 0,20 0,35 0,50
17	1135 Jardim Sítio Machados	<i>Lantana camara</i> (Lantana) <i>Melia azedarach</i> (Mélia) <i>Nerium oleander</i> (Loendro) <i>Rosmarinus officinalis</i> (Alecrim)	0,26 0,17 0,30 0,30
18	1188 Jardim Xanabus	<i>Acer negundo</i> (Acer-negundo) <i>Nerium oleander</i> (Loendro)	0,50 0,30

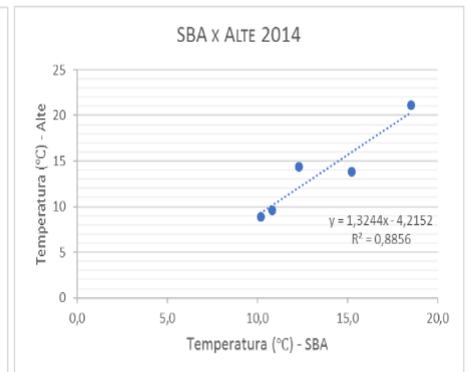
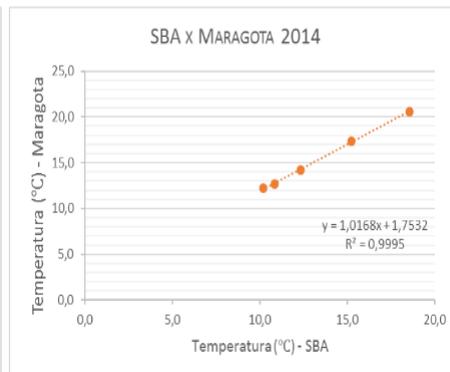
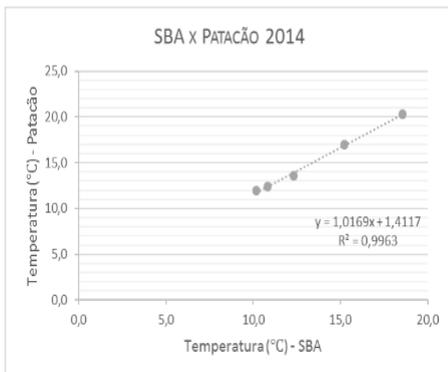
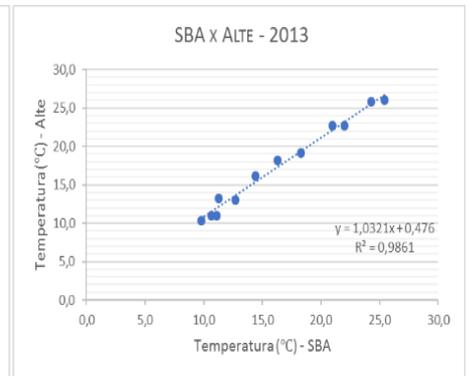
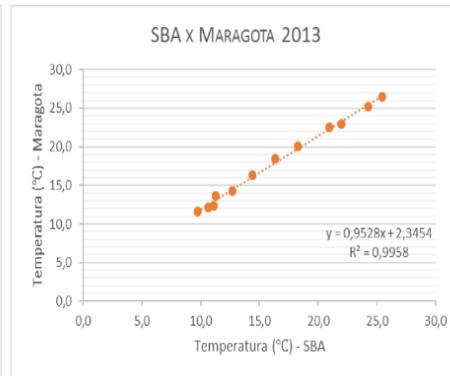
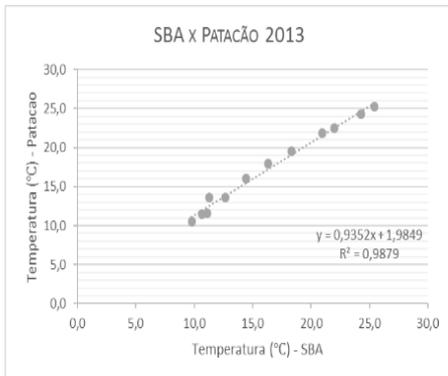
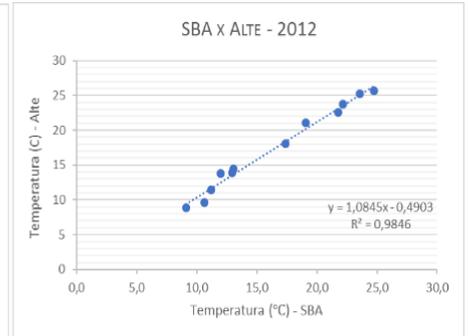
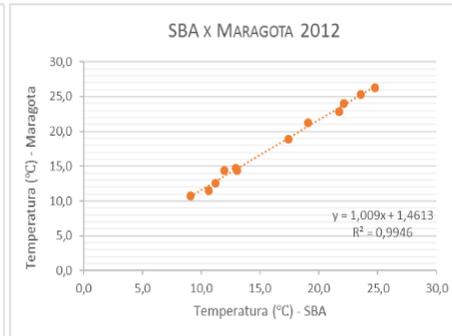
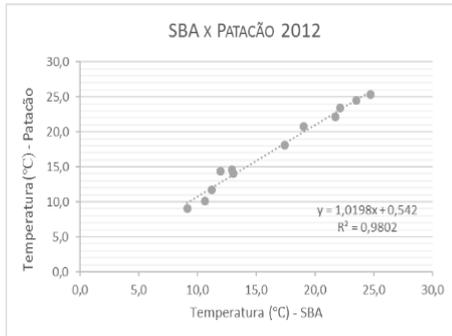
	Rua Colégio de S. Brás Lt.4	<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
19	1189	<i>Jacaranda mimosifolia</i> (Jacarandá-mimoso)	0,50
	Jardim Xanabus	<i>Nerium oleander</i> (Loendro)	0,30
	Rua Colégio de S. Brás Lt.5	<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
20	1217 Rotunda da Piscina Sitio Campina	<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
21	1283	<i>Populus alba</i> (Choupo-branco)	0,60
	Jardim Lavadouro	<i>Rosmarinus officinalis</i> (Alecrim)	0,30
	Rua da Fonte	<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
22	8126	<i>Cupressus sempervirens</i> (cipreste comum)	0,30
	Jardim Cemitério	<i>Hydrangea macrophylla</i> (Hortensia)	0,70
	Rua Luís Bivar	<i>Juniperus phoenicea</i> (Zimbro)	0,35
		<i>Phoenix canariensis</i> (Palmeira)	0,30
		<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50
23	8144	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto)	0,50
	Jardim Verbena	<i>Araucaria Columnaris</i> (Pinheiro-de-cook)	0,40
	Rua do Matadouro	<i>Buxus sempervirens</i> (Buxo)	0,50
		<i>Lavandula</i> (Alfazema)	0,30
		<i>Rosmarinus officinalis</i> (Alecrim)	0,30
		<i>Schinus molle</i> (Pimenteira bastarda)	0,50
		<i>Viburnum tinus</i> (Folhado)	0,50
		<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
24	8151	<i>Lavandula</i> (Alfazema)	0,30
	Rotunda Nº1	<i>Microbiota decussata</i> (Cipreste da sibéria)	0,30
	Sitio Barrabes	<i>Olea europaea</i> L. (Oliveira)	0,27
		<i>Rosmarinus officinalis</i> (Alecrim)	0,30
		<i>Santolina chamecyparissus</i> (Abrótano)	0,20
		<i>Yucca elephantiphes</i> (Yucca Palmeira)	0,20
		<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
25	8152	<i>Buxus sempervirens</i> (Buxo)	0,50
	Rotunda Nº2	<i>Olea europaea</i> L. (Oliveira)	0,27
	Sitio Barrabes	<i>Santolina chamecyparissus</i> (Abrótano)	0,20
		<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50
		<i>Viburnum tinus</i> (Folhado)	0,50
26	8153	<i>Buxus sempervirens</i> (Buxo)	0,50
	Rotunda Nº3	<i>Olea europaea</i> L. (Oliveira)	0,27
	Sitio Hortas e Moinho	<i>Santolina chamecyparissus</i> (Abrótano)	0,20
		<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50

		Trachycarpus fortunei (Palmeira)	0,44
27	8154 Rotunda Sitio Calçada	<i>Aloé Arborescens</i> (Aloé vera) <i>Buxus sempervirens</i> (Buxo) <i>Olea europaea</i> L. (Oliveira) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva) <i>Yucca elephantipes</i> (Yucca Palmeira)	0,20 0,50 0,27 0,50 0,20
28	8155 Rotunda N ^o 5 Sitio Vilarinhos	<i>Aloé Arborescens</i> (Aloé vera) <i>Buxus sempervirens</i> (Buxo) <i>Olea europaea</i> L. (Oliveira) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva) Trachycarpus fortunei (Palmeira)	0,20 0,50 0,27 0,50 0,44
29	8157 Jardim Bairro Social	<i>Jacaranda mimosifolia</i> (Jacarandá-mimoso) <i>Lantana montevidensis</i> (Lantana) <i>Olea europaea</i> L. (Oliveira) <i>Zoysia</i> (Relva)	0,50 0,26 0,27 0,50
30	8214 Jardim Carrera Viegas Rua João de Deus	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto) <i>Buxus sempervirens</i> (Buxo) <i>Cupressocyparis x leylandii</i> (Ciprestre) <i>Eriobotrya Japonica</i> (Nespereira) <i>Fraxinus angustifolia</i> (Freixo) <i>Jacaranda mimosifolia</i> (Jacarandá-mimoso) Lavandula (Alfazema) <i>Nerium oleander</i> (Loendro) <i>Olea europaea</i> L. (Oliveira) Phoenix canariensis (Palmeira) <i>Pinus pinea</i> (Pinheiro-manso) <i>Plantanus x Hybrida</i> (Plantano) <i>Populus alba</i> (Choupo-branco) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50 0,50 0,50 0,38 0,40 0,50 0,30 0,30 0,27 0,30 0,30 - 0,60 0,50
31	8263 Jardim Blocos Alegria Rua António Viegas Calçada	<i>Robinia pseudoacacia</i> (Acácia-bastarda) <i>Zoysia</i> (Relva)	0,20 0,50
32	8265 Jardim n.º 1 Rua António Viegas Calçada	<i>Zoysia</i> (Relva)	0,50
33	8266 Jardim n.º 2 Rua António Viegas Calçada	<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva) <i>Yucca elephantipes</i> (Yucca Palmeira)	0,50 0,20
34	8267 Jardim n.º 3	<i>Schinus molle</i> (Pimenteira bastarda) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50 0,50

	Rua António Viegas Calçada		
35	8268 Jardim n.º 4 Rua António Viegas Calçada	<i>Schinus molle</i> (Pimenteira bastarda) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50 0,50
36	8750 Jardim Xanabus Rua Colégio de S. Brás Lt.7	<i>Jacaranda mimosifolia</i> (Jacarandá-mimoso) <i>Nerium oleander</i> (Lolendro) <i>Osteospermum spp.</i> (Malmequer africano) <i>Pinus pinea</i> (Pinheiro-manso) <i>Santolina chamecyparissus</i> (Abrótano) <i>Schinus molle</i> (Pimenteira bastarda) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva) <i>Trachycarpus fortunei</i> (Palmeira)	0,50 0,30 0,26 0,30 0,20 0,50 0,50 0,44
37	8952 Jardim Rua Dr. José Dias Sancho	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto) <i>buxus sempervirens</i> (Buxo) <i>Rosmarinus Officinalis</i> (Alecrim) <i>Ruscus aculeatus</i> L. (Gilbardeira) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Relva)	0,50 0,50 0,30 0,40 0,50
38	9168 Jardim Rua 1º de Maio	<i>Lavandula</i> (Alfazema) <i>Rosmarinus Officinalis</i> (Alecrim)	0,30 0,30
39	9283 Jardim Sitio Barrabés	<i>Callistemon rigidus</i> (Escovilhão-vermelho) <i>Cupressus sempervirens</i> (Cipreste comum) <i>Lavandula</i> (Alfazema) <i>Olea europaea</i> L. (Oliveira) <i>Rosmarinus officinalis</i> (Alecrim) <i>Santolina chamecyparissus</i> (Abrótano)	0,30 0,30 0,30 0,27 0,30 0,20
40	9296 Jardim Frente Museu Rua 1.º Maio	<i>Cupressus lusitânica</i> (Cipreste português) <i>Olea europaea</i> L. (Oliveira)	0,30 0,27
41	9574 Jardim Parque da Vila	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto) <i>Cupressus macrocarpa</i> (Cipreste da sibéria) <i>Cupressus sempervirens</i> (Cipreste comum) <i>Hyacinthoides hispânica</i> (Jacinto dos campos) <i>Osteospermum spp.</i> (Malmequer africano) <i>Robinia pseudoacacia</i> (Acácia-bastarda) <i>Rosmarinus Officinalis</i> (Alecrim)	0,50 0,50 0,30 - 0,26 0,20 0,30
42	9614 Jardim Barrabés	<i>Buxus sempervirens</i> (Buxo) <i>Nerium oleander</i> (Lolendro)	0,50 0,30
43	9755 Jardim Praça da República	<i>Agapanthus africanus</i> (Agapanto) <i>Gleditsia triacanthos</i> (Espinheiro da virgínia) <i>Robinia pseudoacacia</i> (Acácia-bastarda)	0,50 0,25 0,20

44	9882	Lavandula (Alfazema)	0,30
	Jardim Algarsul	Microbiota decussata (Cipreste da sibéria)	0,30
		<i>Rosmarinus Officinalis (Alecrim)</i>	0,30
<hr/>			
45	9964	<i>Nerium oleander</i> (Lolendro)	0,30
	Jardim Frente Correios		

ANEXO 3 – Relação entre a temperatura registada em São Brás de Alportel e a temperatura registada nas estações meteorológicas do Patacão, Maragota e Alte para os anos de 2012, 2013 e 2014.



ANEXO 4 – Consumos de água (C) e precipitação (P) registada mensalmente nos espaços verdes, durante o ano de 2016.

Nº Jardim	Jan		fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez		TOTAL
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	
1	587,1	43,8	17,7	38,2	53,2	13,6	288,7	57,6	12,9	135,4	282,3	0,2	223,1	0	205,9	0,4	77,4	4,8	0,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	2342,587
2	37,3	43,8	16,7	38,2	15,9	13,6	18,6	57,6	11,3	135,4	10,9	0,2	101,4	0	75,0	0,4	61,3	4,8	63,7	92,6	7,0	105,8	7,4	101,8	1020,608
3	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	0,0	0,2	0,0	0	0,0	0,4	0,0	4,8	0,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	594,2
4	135,0	43,8	45,0	38,2	0,0	13,6	70,0	57,6	95,0	135,4	180,0	0,2	33,8	0	31,2	0,4	0,0	4,8	0,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	1184,2
5	11,1	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	0,0	0,2	0,0	0	0,0	0,4	0,0	4,8	111,1	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	716,4222
6	118,3	43,8	8,3	38,2	32,1	13,6	77,1	57,6	3,7	135,4	60,6	0,2	121,1	0	157,9	0,4	129,2	4,8	116,5	92,6	8,3	105,8	10,1	101,8	1437,319
7	33,1	43,8	0,0	38,2	10,5	13,6	23,8	57,6	22,7	135,4	8,3	0,2	94,5	0	99,4	0,4	81,3	4,8	42,5	92,6	2,2	105,8	0,6	101,8	1012,985
8	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	219,4	57,6	194,4	135,4	180,6	0,2	260,0	0	240,0	0,4	333,3	4,8	294,4	92,6	213,9	105,8	0,0	101,8	2530,311
9	97,7	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	62,8	57,6	83,7	135,4	0,0	0,2	217,4	0	299,3	0,4	244,9	4,8	289,5	92,6	196,5	105,8	0,0	101,8	2086,06
10	54,8	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	40,5	57,6	92,9	135,4	16,7	0,2	271,4	0	381,1	0,4	311,8	4,8	297,6	92,6	190,5	105,8	0,0	101,8	2251,343
11	4,2	43,8	0,0	38,2	4,2	13,6	91,7	57,6	162,5	135,4	208,3	0,2	304,2	0	323,1	0,4	264,4	4,8	308,3	92,6	204,2	105,8	62,5	101,8	2531,7
12	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	166,7	135,4	33,3	0,2	0,0	0	0,0	0,4	766,7	4,8	933,3	92,6	33,3	105,8	0,0	101,8	2527,533
13	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	16,7	0,2	0,0	0	0,0	0,4	0,0	4,8	0,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	610,8667
14	774,2	43,8	336,4	38,2	0,0	13,6	519,7	57,6	436,4	135,4	54,5	0,2	691,8	0	638,5	0,4	724,2	4,8	686,4	92,6	509,1	105,8	0,0	101,8	5965,412
15	104,0	43,8	23,8	38,2	20,8	13,6	108,9	57,6	93,1	135,4	124,8	0,2	105,0	0	97,0	0,4	158,4	4,8	153,5	92,6	44,6	105,8	1,0	101,8	1628,853
16	3,6	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	61,8	0,2	88,9	0	82,0	0,4	72,7	4,8	0,0	92,6	10,9	105,8	0,0	101,8	914,2
17	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	0,0	0,2	0,0	0	0,0	0,4	6,7	4,8	60,0	92,6	6,7	105,8	0,0	101,8	667,5333
18	30,3	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	24,2	0,2	371,9	0	343,3	0,4	563,6	4,8	927,3	92,6	18,2	105,8	0,0	101,8	2872,988
19	0,0	43,8	0,0	38,2	4,7	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	4,7	0,2	46,0	0	42,4	0,4	97,7	4,8	4,7	92,6	4,7	105,8	0,0	101,8	798,8512
20	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	0,0	0,2	0,0	0	0,0	0,4	0,0	4,8	0,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	594,2
21	61,0	43,8	50,8	38,2	47,5	13,6	61,0	57,6	44,1	135,4	50,8	0,2	65,2	0	60,2	0,4	122,0	4,8	50,8	92,6	132,2	105,8	254,2	101,8	1594,2
22	41,0	43,8	58,4	38,2	50,5	13,6	71,5	57,6	42,3	135,4	25,7	0,2	130,7	0	169,9	0,4	139,0	4,8	151,2	92,6	98,5	105,8	17,0	101,8	1589,843
23	4,1	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	24,6	135,4	26,7	0,2	46,9	0	43,3	0,4	31,8	4,8	35,9	92,6	13,3	105,8	0,0	101,8	820,8667

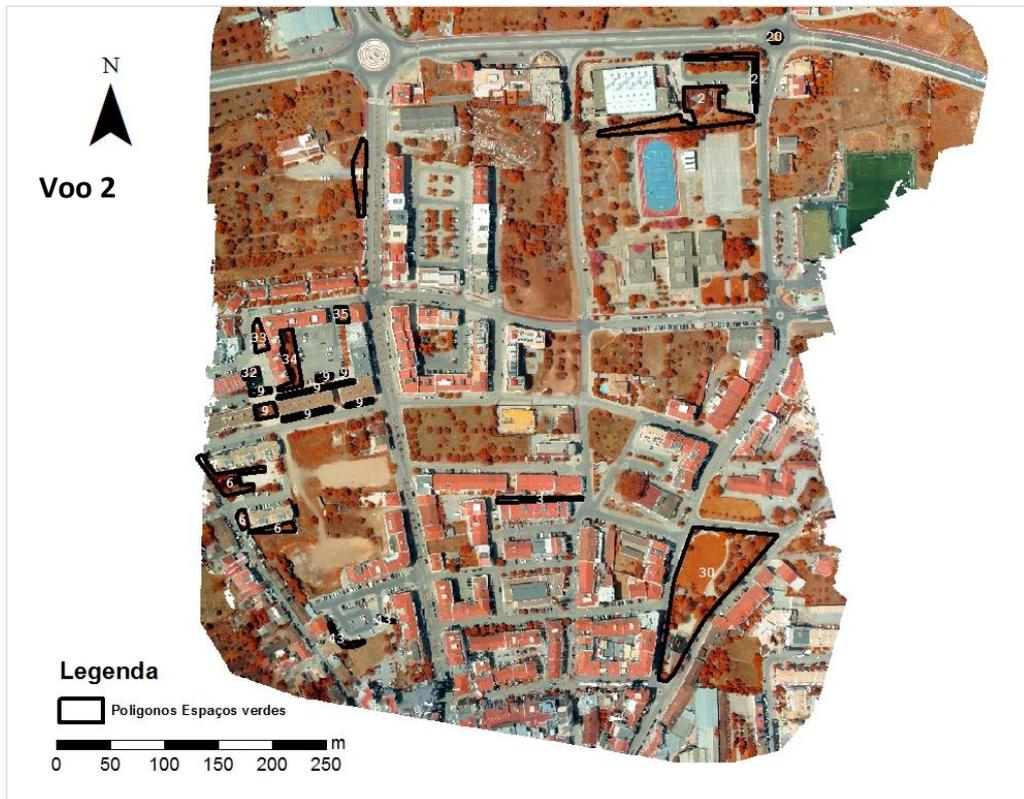
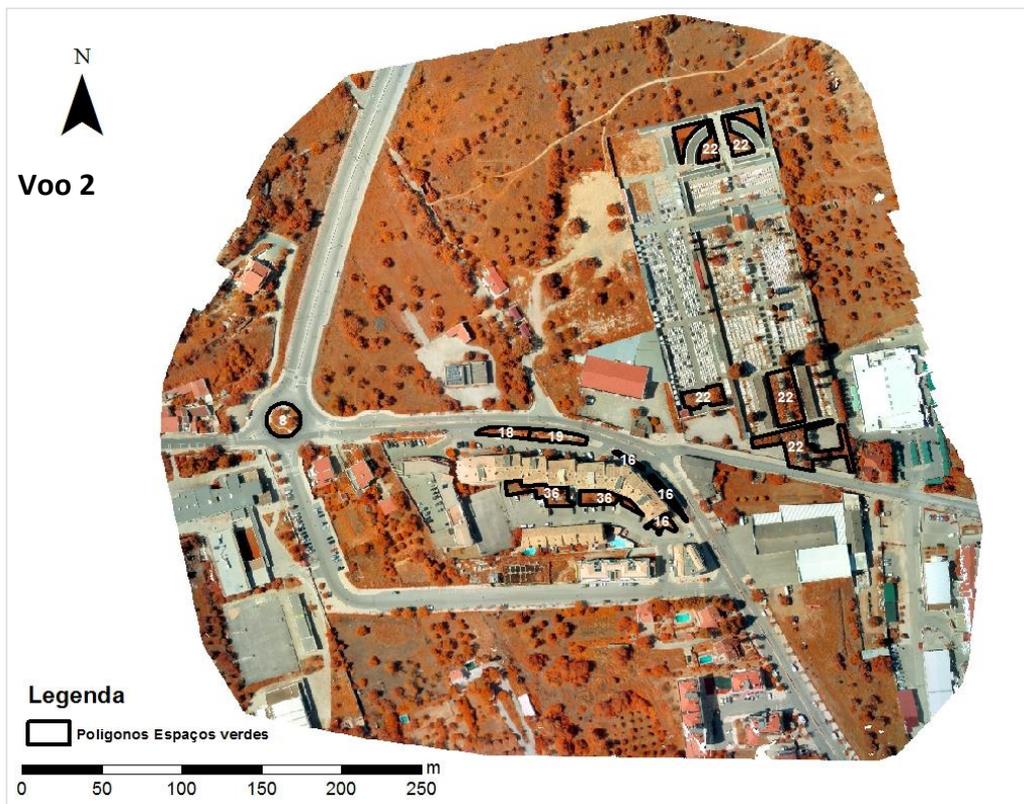
Nº Jardim (cont.)	Jan		fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez		TOTAL
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	
24	12,7	43,8	1,4	38,2	0,7	13,6	84,5	57,6	50,0	135,4	57,0	0,2	142,3	0	149,1	0,4	122,0	4,8	76,1	92,6	13,4	105,8	0,0	101,8	1303,355
25	74,7	43,8	2,4	38,2	22,9	13,6	112,4	57,6	57,1	135,4	124,1	0,2	242,4	0	248,8	0,4	203,6	4,8	159,4	92,6	13,5	105,8	0,6	101,8	1855,965
26	89,2	43,8	20,1	38,2	1,5	13,6	38,7	57,6	36,3	135,4	32,8	0,2	356,4	0	239,4	0,4	195,9	4,8	163,2	92,6	69,1	105,8	2,0	101,8	1838,808
27	39,5	43,8	1,2	38,2	6,4	13,6	25,0	57,6	19,8	135,4	151,7	0,2	250,9	0	231,6	0,4	238,4	4,8	158,7	92,6	11,6	105,8	0,0	101,8	1729,084
28	81,0	43,8	9,9	38,2	4,2	13,6	61,3	57,6	29,6	135,4	87,3	0,2	164,8	0	344,3	0,4	281,7	4,8	285,2	92,6	69,7	105,8	32,4	101,8	2045,608
29	221,7	43,8	50,1	38,2	103,6	13,6	226,4	57,6	24,0	135,4	298,5	0,2	261,9	0	345,6	0,4	282,8	4,8	252,1	92,6	50,4	105,8	17,3	101,8	2728,549
30	13,0	43,8	1,4	38,2	1,8	13,6	4,3	57,6	2,1	135,4	43,0	0,2	102,6	0	121,2	0,4	99,1	4,8	97,1	92,6	4,3	105,8	1,9	101,8	1086,148
31	8,3	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	8,3	57,6	0,0	135,4	0,0	0,2	52,0	0	48,0	0,4	200,0	4,8	20,8	92,6	29,2	105,8	0,0	101,8	960,8667
32	9,1	43,8	0,0	38,2	190,9	13,6	409,1	57,6	209,1	135,4	227,3	0,2	444,4	0	410,2	0,4	409,1	4,8	272,7	92,6	9,1	105,8	0,0	101,8	3185,109
33	80,8	43,8	123,1	38,2	15,4	13,6	65,4	57,6	73,1	135,4	157,7	0,2	236,0	0	217,8	0,4	146,2	4,8	34,6	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	1744,2
34	37,5	43,8	0,0	38,2	18,8	13,6	40,6	57,6	75,0	135,4	78,1	0,2	96,7	0	89,3	0,4	142,2	4,8	125,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	1297,325
35	266,7	43,8	0,0	38,2	40,0	13,6	73,3	57,6	0,0	135,4	193,3	0,2	315,5	0	291,2	0,4	286,7	4,8	260,0	92,6	33,3	105,8	0,0	101,8	2354,2
36	59,1	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	31,3	57,6	38,3	135,4	53,9	0,2	98,6	0	91,0	0,4	100,9	4,8	111,3	92,6	1,7	105,8	0,0	101,8	1180,287
37	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	151,9	0,2	270,4	0	264,8	0,4	216,7	4,8	174,1	92,6	133,3	105,8	0,0	101,8	1805,311
38	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	18,6	0,2	18,6	0	0,0	0,4	0,0	4,8	0,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	631,4093
39	9,8	43,8	1,6	38,2	1,6	13,6	29,5	57,6	9,8	135,4	42,6	0,2	137,7	0	151,5	0,4	123,9	4,8	98,4	92,6	63,9	105,8	13,1	101,8	1277,807
40	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	22,2	0,2	311,1	0	647,8	0,4	530,0	4,8	200,0	92,6	244,4	105,8	244,4	101,8	2794,2
41	3,7	43,8	0,0	38,2	3,7	13,6	18,5	57,6	200,0	135,4	159,3	0,2	137,0	0	165,0	0,4	135,0	4,8	137,0	92,6	181,5	105,8	0,0	101,8	1734,941
42	116,0	43,8	100,0	38,2	84,0	13,6	104,0	57,6	104,0	135,4	104,0	0,2	92,0	0	121,0	0,4	99,0	4,8	132,0	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	1650,2
43	5,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	0,0	0,2	10,0	0	269,5	0,4	220,5	4,8	425,0	92,6	315,0	105,8	0,0	101,8	1839,2
44	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	6,7	135,4	0,0	0,2	253,1	0	233,6	0,4	353,3	4,8	366,7	92,6	353,3	105,8	426,7	101,8	2587,533
45	0,0	43,8	0,0	38,2	0,0	13,6	0,0	57,6	0,0	135,4	0,0	0,2	0,0	0	61,9	0,4	50,6	4,8	62,5	92,6	0,0	105,8	0,0	101,8	769,2

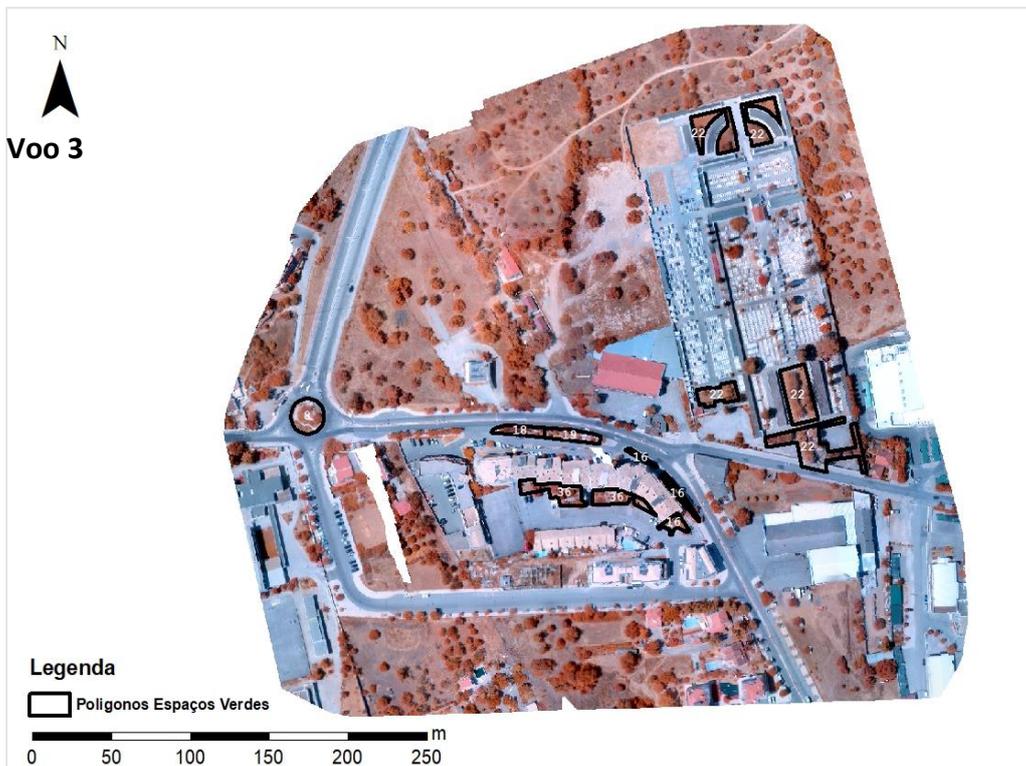
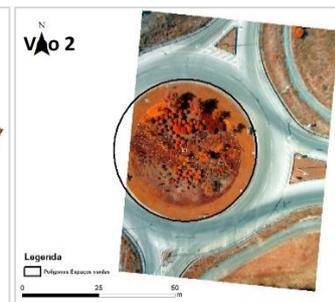
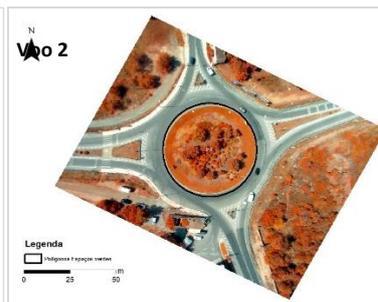
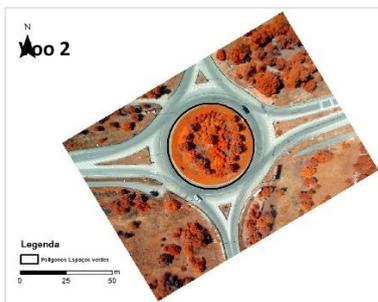
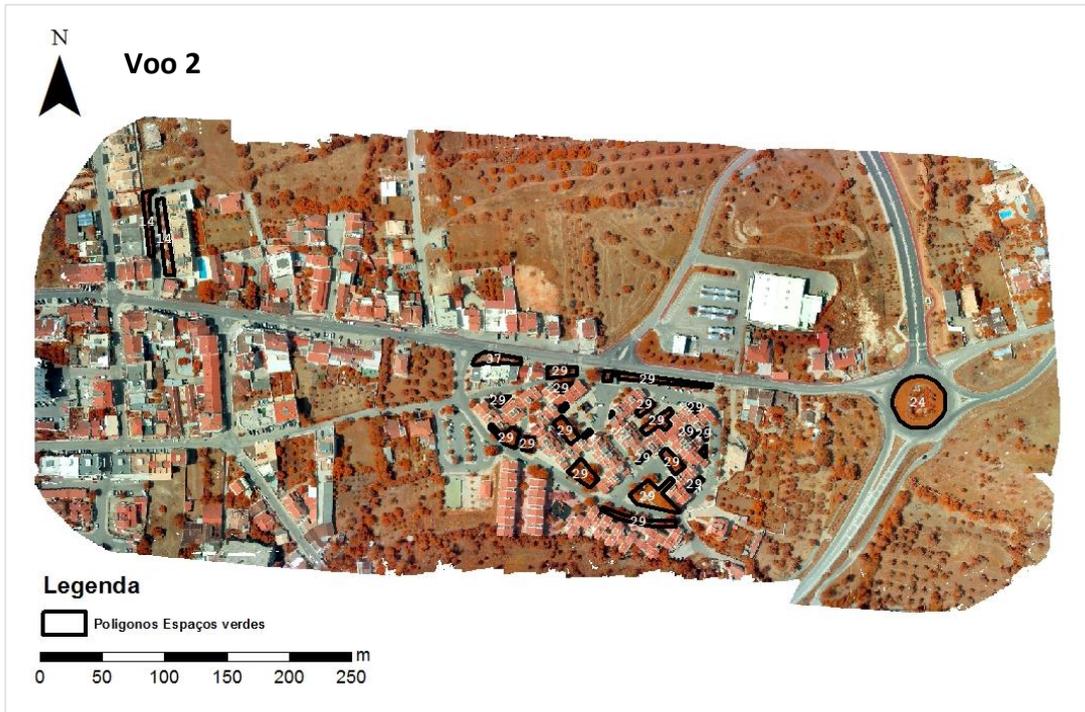
ANEXO 5 – Quantidade de água fornecida a cada jardim mensalmente (consumo e precipitação), ETL anual, DR anual e a diferença entre a quantidade de água fornecida (C+P) e a quantidade necessária (DR), durante o ano de 2016.

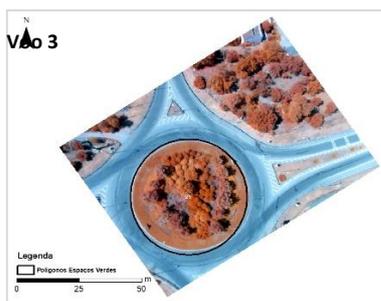
Nº Jardim	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	ETL TOTAL	DR TOTAL	Diferença (Total- DRTotal)
1	630,9	55,9	66,8	346,3	148,3	282,5	223,1	206,3	82,2	92,6	105,8	101,8	2342,6	1022,1	1703,5	639,1
2	81,1	54,9	29,5	76,2	146,7	11,1	101,4	75,4	66,1	156,3	112,8	109,2	1020,6	1022,1	1703,5	-682,9
3	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	0,2	0,0	0,4	4,8	92,6	105,8	101,8	594,2	1022,1	1439,6	-845,4
4	178,8	83,2	13,6	127,6	230,4	180,2	33,8	31,6	4,8	92,6	105,8	101,8	1184,2	1022,1	1703,5	-519,3
5	54,9	38,2	13,6	57,6	135,4	0,2	0,0	0,4	4,8	203,7	105,8	101,8	716,4	1022,1	1703,5	-987,1
6	162,1	46,5	45,7	134,7	139,1	60,8	121,1	158,3	134,0	209,1	114,1	111,9	1437,3	1022,1	1703,5	-266,2
7	76,9	38,2	24,1	81,4	158,1	8,5	94,5	99,8	86,1	135,1	108,0	102,4	1013,0	1022,1	1703,5	-690,5
8	43,8	38,2	13,6	277,0	329,8	180,8	260,0	240,4	338,1	387,0	319,7	101,8	2530,3	802,9	1338,1	1192,2
9	141,5	38,2	13,6	120,4	219,1	0,2	217,4	299,7	249,7	382,1	302,3	101,8	2086,1	1022,1	1703,5	382,6
10	98,6	38,2	13,6	98,1	228,3	16,9	271,4	381,5	316,6	390,2	296,3	101,8	2251,3	1022,1	1703,5	547,8
11	48,0	38,2	17,8	149,3	297,9	208,5	304,2	323,5	269,2	400,9	310,0	164,3	2531,7	1022,1	1703,5	828,2
12	43,8	38,2	13,6	57,6	302,1	33,5	0,0	0,4	771,5	1025,9	139,1	101,8	2527,5	1022,1	1439,6	1088,0
13	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	16,9	0,0	0,4	4,8	92,6	105,8	101,8	610,9	1022,1	1439,6	-828,7
14	818,0	374,6	13,6	577,3	571,8	54,7	691,8	638,9	729,0	779,0	614,9	101,8	5965,4	1022,1	1703,5	4261,9
15	147,8	62,0	34,4	166,5	228,5	125,0	105,0	97,4	163,2	246,1	150,4	102,8	1628,9	1022,1	1703,5	-74,6
16	47,4	38,2	13,6	57,6	135,4	62,0	88,9	82,4	77,5	92,6	116,7	101,8	914,2	1022,1	1703,5	-789,3
17	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	0,2	0,0	0,4	11,5	152,6	112,5	101,8	667,5	836,9	1178,7	-511,2
18	74,1	38,2	13,6	57,6	135,4	24,4	371,9	343,7	568,4	1019,9	124,0	101,8	2873,0	1022,1	1703,5	1169,5
19	43,8	38,2	18,3	57,6	135,4	4,9	46,0	42,8	102,5	97,3	110,5	101,8	798,9	1022,1	1703,5	-904,6
20	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	0,2	0,0	0,4	4,8	92,6	105,8	101,8	594,2	1022,1	1703,5	-1109,3
21	104,8	89,0	61,1	118,6	179,5	51,0	65,2	60,6	126,8	143,4	238,0	356,0	1594,2	1022,1	1703,5	-109,3
22	84,8	96,6	64,1	129,1	177,7	25,9	130,7	170,3	143,8	243,8	204,3	118,8	1589,8	1022,1	1703,5	-113,7

Nº Jardim (Cont.)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	ETL TOTAL	DR TOTAL	Diferença (Total- DRTotal)
23	47,9	38,2	13,6	57,6	160,0	26,9	46,9	43,7	36,6	128,5	119,1	101,8	820,9	1022,1	1703,5	-882,6
24	56,5	39,6	14,3	142,1	185,4	57,2	142,3	149,5	126,8	168,7	119,2	101,8	1303,4	1022,1	1703,5	-400,1
25	118,5	40,6	36,5	170,0	192,5	124,3	242,4	249,2	208,4	252,0	119,3	102,4	1856,0	1022,1	1703,5	152,5
26	133,0	58,3	15,1	96,3	171,7	33,0	356,4	239,8	200,7	255,8	174,9	103,8	1838,8	1022,1	1703,5	135,3
27	83,3	39,4	20,0	82,6	155,2	151,9	250,9	232,0	243,2	251,3	117,4	101,8	1729,1	1022,1	1703,5	25,6
28	124,8	48,1	17,8	118,9	165,0	87,5	164,8	344,7	286,5	377,8	175,5	134,2	2045,6	1022,1	1703,5	342,1
29	265,5	88,3	117,2	284,0	159,4	298,7	261,9	346,0	287,6	344,7	156,2	119,1	2728,5	1022,1	1703,5	1025,0
30	56,8	39,6	15,4	61,9	137,5	43,2	102,6	121,6	103,9	189,7	110,1	103,7	1086,1	1022,1	1703,5	-617,4
31	52,1	38,2	13,6	65,9	135,4	0,2	52,0	48,4	204,8	113,4	135,0	101,8	960,9	1022,1	1703,5	-742,6
32	52,9	38,2	204,5	466,7	344,5	227,5	444,4	410,6	413,9	365,3	114,9	101,8	3185,1	1022,1	1703,5	1481,6
33	124,6	161,3	29,0	123,0	208,5	157,9	236,0	218,2	151,0	127,2	105,8	101,8	1744,2	1022,1	1703,5	40,7
34	81,3	38,2	32,4	98,2	210,4	78,3	96,7	89,7	147,0	217,6	105,8	101,8	1297,3	1022,1	1703,5	-406,2
35	310,5	38,2	53,6	130,9	135,4	193,5	315,5	291,6	291,5	352,6	139,1	101,8	2354,2	1022,1	1703,5	650,7
36	102,9	38,2	13,6	88,9	173,7	54,1	98,6	91,4	105,7	203,9	107,5	101,8	1180,3	1022,1	1703,5	-523,2
37	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	152,1	270,4	265,2	221,5	266,7	239,1	101,8	1805,3	1022,1	1703,5	101,8
38	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	18,8	18,6	0,4	4,8	92,6	105,8	101,8	631,4	836,9	1394,8	-763,4
39	53,6	39,8	15,2	87,1	145,2	42,8	137,7	151,9	128,7	191,0	169,7	114,9	1277,8	836,9	1394,8	-117,0
40	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	22,4	311,1	648,2	534,8	292,6	350,2	346,2	2794,2	836,9	1178,7	1615,5
41	47,5	38,2	17,3	76,1	335,4	159,5	137,0	165,4	139,8	229,6	287,3	101,8	1734,9	1022,1	1439,6	295,4
42	159,8	138,2	97,6	161,6	239,4	104,2	92,0	121,4	103,8	224,6	105,8	101,8	1650,2	1022,1	1439,6	210,6
43	48,8	38,2	13,6	57,6	135,4	0,2	10,0	269,9	225,3	517,6	420,8	101,8	1839,2	1022,1	1439,6	399,6
44	43,8	38,2	13,6	57,6	142,1	0,2	253,1	234,0	358,1	459,3	459,1	528,5	2587,5	836,9	1178,7	1408,8
45	43,8	38,2	13,6	57,6	135,4	0,2	0,0	62,3	55,4	155,1	105,8	101,8	769,2	836,9	1178,7	-409,5

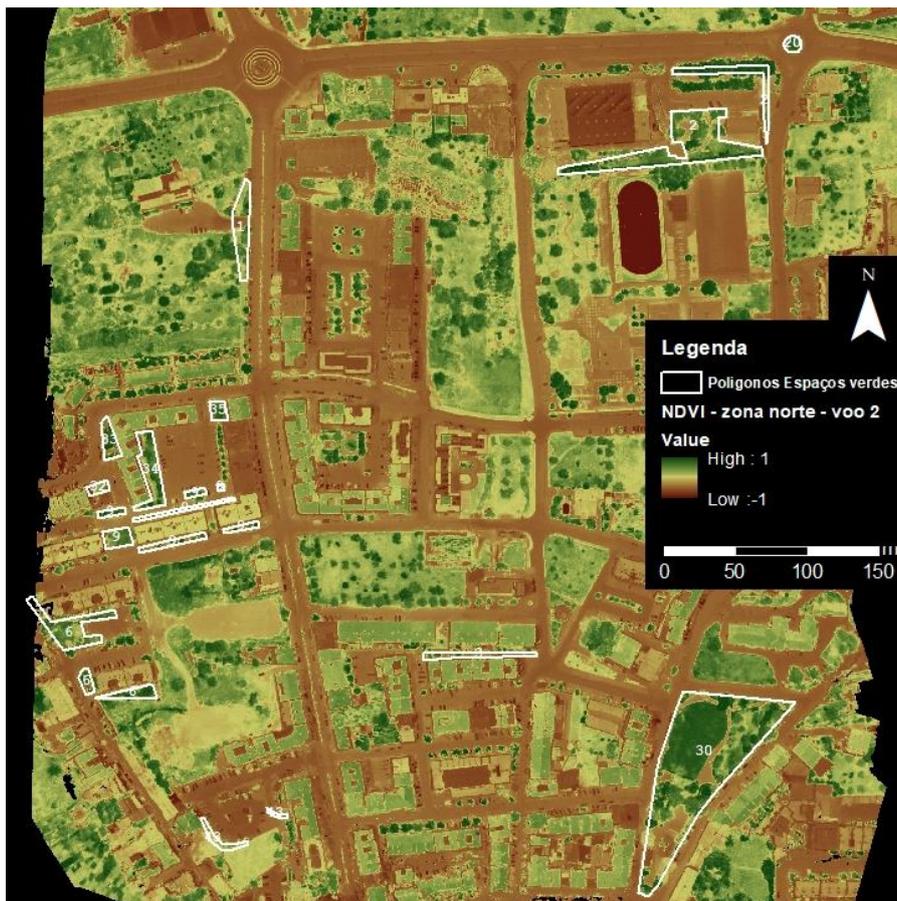
ANEXO 6 – Ortofotomapas gerados a partir dos voos número 2 e 3, respetivamente, nas várias áreas da Vila de São Brás de Alportel (Oeste, Norte, Este e rotundas 25, 26 e 27).

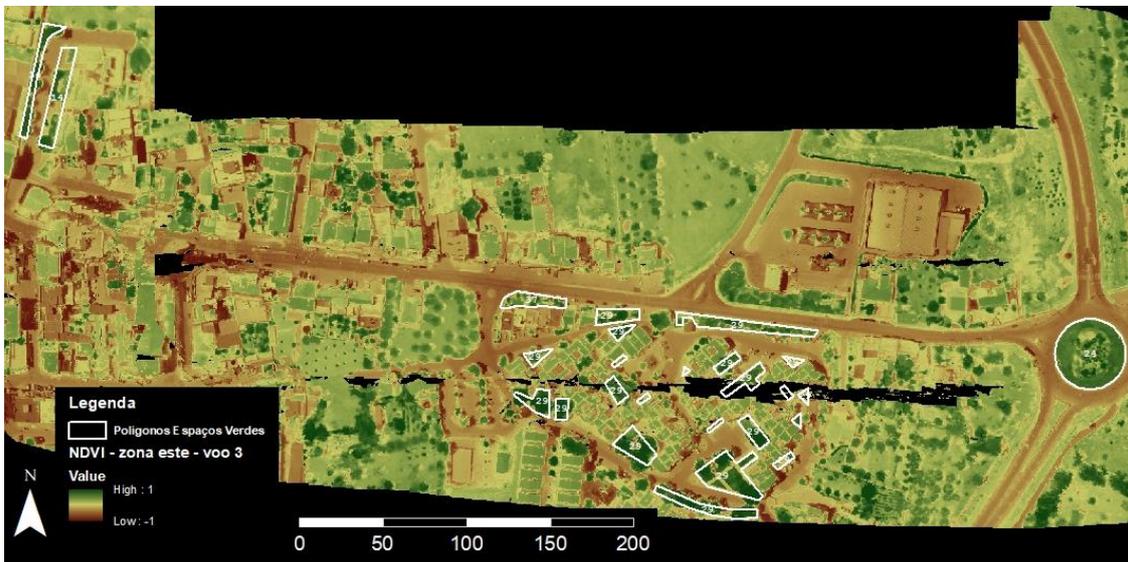
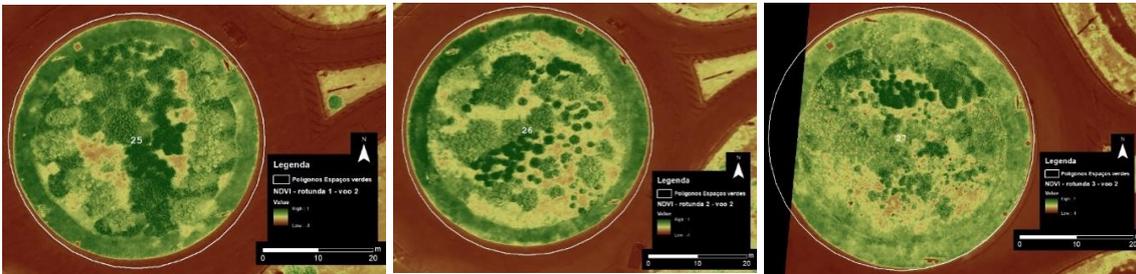


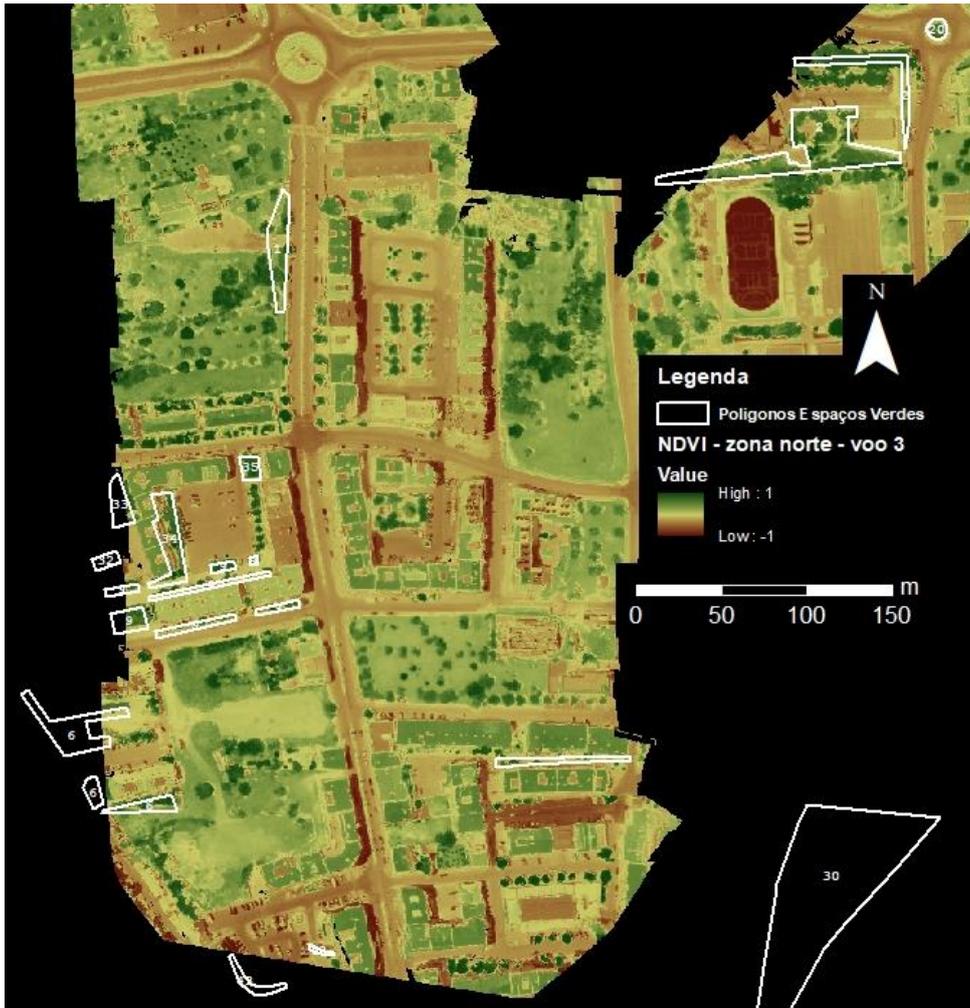


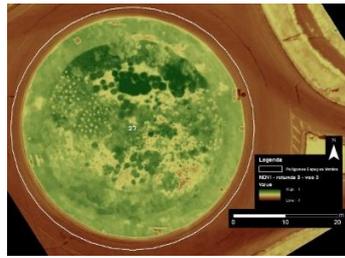
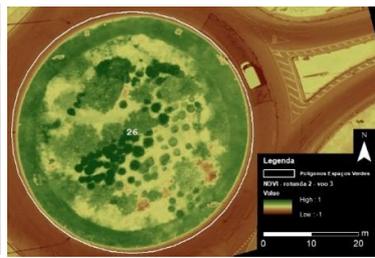
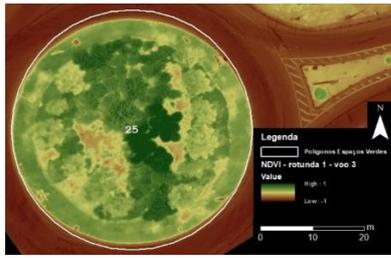


ANEXO 7 –Variação do NDVI nas várias áreas da Vila de São Brás de Alportel (zona este, norte, oeste e rotundas 25, 26 e 27) durante os meses de junho e julho (2º e 3º voo, respetivamente).









ANEXO 8 – Valores médios, respetivo desvio-padrão, mínimos e máximos do NDVI determinado para os 3 voos nos vários espaços verdes.

Nº Jardim	Voo 1				Voo 2				Voo 3			
	Média	σ	Mín.	Máx.	Média	σ	Mín.	Máx.	Média	σ	Mín.	Máx.
1	0,42	0,20	0,00	0,78	0,39	0,18	0,00	0,80	-0,02	0,15	-0,41	0,30
2	0,50	0,17	0,00	0,93	0,49	0,17	0,02	0,89	0,02	0,16	-0,60	0,40
3	0,22	0,20	-0,07	0,77	0,20	0,18	-0,03	0,71	-0,15	0,14	-0,44	0,29
6	0,51	0,19	-0,07	0,84	0,47	0,17	-0,10	0,81	-	-	-	-
8	0,36	0,22	-0,08	0,92	0,40	0,23	-0,04	0,87	-0,06	0,17	-0,57	0,28
9	0,46	0,21	-0,17	0,85	0,44	0,21	-0,33	0,81	0,00	0,18	-0,71	0,33
14	0,41	0,25	-0,17	0,92	0,40	0,24	-0,30	0,81	0,03	0,20	-0,84	0,34
16	0,33	0,21	-0,17	0,80	0,35	0,19	-0,03	0,84	-0,14	0,21	-0,67	0,34
18	0,50	0,18	0,00	0,87	0,55	0,16	-0,01	1,00	0,08	0,16	-0,43	0,39
19	0,39	0,22	0,00	0,90	0,41	0,20	-0,01	0,95	-0,03	0,17	-0,52	0,37
20	0,44	0,19	0,07	0,69	0,48	0,22	0,00	0,72	0,03	0,13	-0,31	0,23
22	0,42	0,20	-0,25	0,87	0,41	0,17	-0,13	0,86	-0,01	0,15	-0,70	0,32
24	0,58	0,13	-0,01	0,90	0,60	0,13	0,01	0,88	0,14	0,10	-0,40	0,47
25	0,56	0,19	-0,49	1,00	0,58	0,20	-0,02	1,00	0,18	0,15	-0,56	0,68
26	0,46	0,20	-0,25	1,00	0,52	0,19	-0,01	1,00	0,12	0,15	-0,56	0,66
27	0,50	0,17	-0,12	1,00	0,52	0,14	-0,02	1,00	0,09	0,17	-0,59	0,71
29	0,55	0,18	-0,12	0,94	0,57	0,20	-0,11	0,93	0,14	0,20	-0,74	0,47
30	0,46	0,23	-0,21	0,94	0,48	0,21	-0,07	0,91	-	-	-	-
32	0,47	0,18	0,11	0,78	0,34	0,20	-0,05	0,67	-	-	-	-
33	0,52	0,24	-0,10	0,84	0,43	0,24	-0,02	0,80	-	-	-	-
34	0,41	0,18	-0,22	0,85	0,42	0,23	-0,19	0,83	-0,04	0,22	-0,68	0,31
35	0,60	0,14	-0,04	0,81	0,57	0,12	0,01	0,74	0,15	0,10	-0,35	0,28
36	0,49	0,16	-0,04	0,90	0,50	0,16	-0,05	0,86	0,02	0,16	-0,57	0,36
37	0,46	0,19	-0,02	0,92	0,41	0,18	0,00	0,91	-0,01	0,19	-0,57	0,36
43	0,49	0,17	-0,16	0,80	0,38	0,13	-0,12	0,80	-	-	-	-

ANEXO 9 – Valores dos consumos de água e precipitação (CP), dotação real (DR) e a respetiva diferença entre ambos (CP-DR), dos jardins presentes nos voos 1 e 2.

Nº Jardim	Consumos e Precipitação (CP)		Dotação real (DR)		Diferença (CP-DR)	
	Maio	Junho	Maio	Junho	Maio	Junho
1	148,3	282,5	177,2	187,6	-28,9	94,9
2	146,7	11,1	177,2	187,6	-30,5	-176,5
3	135,4	0,2	149,7	158,5	-14,3	-158,3
6	139,1	60,8	177,2	187,6	-38,1	-126,8
8	329,8	180,8	152,5	97,5	177,3	83,2
9	219,1	0,2	177,2	187,6	42,0	-187,4
14	571,8	54,7	177,2	187,6	394,6	-132,8
16	135,4	62,0	177,2	187,6	-41,8	-125,6
18	135,4	24,4	177,2	187,6	-41,8	-163,1
19	135,4	4,9	177,2	187,6	-41,8	-182,7
20	135,4	0,2	177,2	187,6	-41,8	-187,4
22	177,7	25,9	177,2	187,6	0,5	-161,7
24	185,4	57,2	177,2	187,6	8,2	-130,3
25	192,5	124,3	177,2	187,6	15,3	-63,3
26	171,7	33,0	177,2	187,6	-5,5	-154,5
27	155,2	151,9	177,2	187,6	-22,0	-35,6
29	159,4	298,7	177,2	187,6	-17,7	111,1
30	137,5	43,2	177,2	187,6	-39,7	-144,4
32	344,5	227,5	177,2	187,6	167,3	39,9
33	208,5	157,9	177,2	187,6	31,3	-29,7
34	210,4	78,3	177,2	187,6	33,2	-109,3
35	135,4	193,5	177,2	187,6	-41,8	5,9
36	173,7	54,1	177,2	187,6	-3,5	-133,5
37	135,4	152,1	177,2	187,6	-41,8	-35,5
43	135,4	0,2	149,7	158,5	-14,3	-158,3