

Estabelecimento de coberturas verdes com plantas autóctones na região de Lisboa

Desenvolvimento de técnica inovadora de instalação de vegetação

Diana Luísa Santos Martins

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientadores: Professora Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço

Professor Doutor Pedro Miguel Ramos Arsénio

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora Associada, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Professor Doutor Luís Paulo Almeida Faria Ribeiro, Professor Auxiliar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Prof. Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço, Professora Auxiliar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

2019

Agradecimentos

Para o desenvolvimento deste trabalho e culminar deste percurso académico, quero antes de mais agradecer aos meus orientadores: à Professora Teresa do Paço por toda a ajuda, tempo, disponibilidade e cuidado que despendeu comigo na elaboração e concretização deste projeto. Ao Professor Pedro Arsénio que tão prontamente se disponibilizou em apoiar-me e nas saídas de campo.

Agradeço agora à minha mãe, por toda a disponibilidade e apoio incondicional que tornaram este trabalho, e tanto mais, possível.

Agradeço à restante família pela paciência e apoio demonstrado ao longo de todo este período. Aos amigos, que permanecem e apoiam toda a ausência momentânea associada à realização da dissertação.

Ainda um agradecimento às identidades que apoiaram este projeto, nomeadamente á empresa Sigmetum, à Direção-Geral do Património Cultural pela autorização concedida para recolha de material vegetal no Palácio da Ajuda e ainda ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera pela disponibilidade de dados diários da estação meteorológica da Tapada da Ajuda

Resumo

O crescente interesse na utilização e construção de coberturas verdes em espaços urbanos tem conduzido a uma crescente investigação na área e a uma maior especificidade na escolha de espécies e técnicas a utilizar, de forma a garantir melhores resultados. Em especial em condições Mediterrânicas, tem-se vindo a procurar soluções que permitam a utilização de coberturas verdes de forma sustentável, quer a nível da biodiversidade e dos recursos, quer a nível económico.

Este estudo procura encontrar soluções que permitam reduzir os custos associados à rega e que, simultaneamente, beneficiem a biodiversidade, neste caso particular na cidade de Lisboa. O seu objetivo é estudar a adaptabilidade de plantas autóctones naturalmente existentes em telhados e muros da cidade de Lisboa, pressupondo uma acrescida resiliência destas às condições microclimáticas exigentes das coberturas, à utilização em substrato comercial, comparando o seu comportamento quando sujeitas a diferentes disponibilidades hídricas. Analisou-se a época e intensidade de floração, a produção de semente e o aspeto visual, considerando a cor e dimensão. Procurou-se também comparar diferentes técnicas de instalação de material vegetal, nomeadamente plantação, transplantação direta, sementeira e tapetes de vegetação.

Recolheu-se material vegetal, procedendo-se à sua instalação em viveiro e posteriormente em cobertura. A plantação em tabuleiros experimentais ocorreu na cobertura do Herbário Prof. João de Carvalho Vasconcellos, no Instituto Superior de Agronomia, em Lisboa.

Os resultados confirmam os dados da literatura sobre os benefícios da utilização genérica de plantas autóctones em espaços verdes. O nosso estudo especifica-os e confirma-os para um habitat e zona geográfica particular, com plantas encontradas naturalmente em telhados e muros na região de Lisboa.

Palavras-chave: coberturas verdes; tapetes de vegetação; plantas naturais de muros e telhados; plantas autóctones; rega.

Abstract

The increasing interest in the use and construction of green roofs in urban spaces has led to an increase of the scientific research and a more specific choice of plant species and techniques to be used to guarantee better results. Particularly in Mediterranean conditions, solutions have been sought to enable the use of green roofs in a sustainable way, both in terms of biodiversity and resources, and in economic terms.

This study seeks to find solutions to reduce the costs associated with irrigation while simultaneously benefiting biodiversity, in this particular case in the city of Lisbon. The objective is to study the adaptability of naturally occurring native plants on roofs and walls in the city of Lisbon, assuming an increased resilience of these plants to the demanding microclimatic conditions of the green roofs, to the use in commercial substrates, comparing their behaviour when different water availability is used. The time and intensity of flowering, the seed production and the visual aspect, considering colour and size, were analysed. This study also seeks to compare different techniques for plant installation, namely planting, direct transplantation, sowing and pre-cultivated mats.

Plant material was collected and installed in nursery and then installed in a green roof. The experimental plantation test occurred in the Herbarium Prof. João de Carvalho Vasconcellos, at the Instituto Superior de Agronomia, in Lisbon.

The results confirmed the literature data on the benefits of the generic use of native plants in green spaces. Our study specifies and confirms them for a particular habitat and geographic zone, with plants naturally found on roofs and walls in the Lisbon region.

Keywords: Green roofs, pre-cultivated mats, walls and roofs vegetation, native plants, water management.

Índice Geral

Agradecimentos	II
Abstract	IV
Índice Geral.....	V
Índice de Figuras	VII
Índice de Tabelas	X
Índice de abreviaturas e símbolos	XII
1. Introdução.....	13
2. Revisão da Literatura	16
2.1.Coberturas verdes	16
2.1.1.Definição e enquadramento	16
2.1.2.Classificação e constituintes das coberturas verdes	17
2.1.3.Benefícios e limitações das coberturas verdes	19
2.2.Selecção do material vegetal para coberturas verdes	21
2.2.1.Tapetes de plantas pré-cultivados	23
2.2.2.Plantas autóctones.....	23
2.2.3.Plantas dos telhados e muros naturalmente colonizados.....	25
2.2.4.Especificidade climática da região de Lisboa e adequação do tipo de cobertura verde	26
3.Metodologia.....	28
3.1.Etapas do trabalho.....	28
3.2.Material vegetal.....	29
3.2.1. <i>Capsella bursa-pastoris</i>	29
3.2.2. <i>Asphodelus fistulosus</i>	30
3.2.3. <i>Centranthus ruber</i>	31
3.2.4. <i>Papaver rhoeas</i> ;	32

3.2.5. <i>Trifolium angustifolium</i> ;	33
3.2.6. <i>Briza maxima</i> ;	34
3.2.7. <i>Silene scabriflora</i> ;	34
3.2.8. <i>Stachys germanica</i> ;	35
3.2.9. <i>Teucrium scorodonia</i> ;	36
3.2.10. <i>Antirrhinum linkianum</i> ;	36
3.2.11. <i>Sedum sediforme</i>	37
3.2.12. <i>Phagnalon saxatile</i>	38
3.2.13. <i>Reichardia picroides</i>	38
3.2.14. <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i>	39
3.3. Dispositivos experimentais	40
3.3.1. Viveiro	40
3.3.2. Tabuleiros	40
3.3.3. Tapetes de vegetação	45
3.4. Metodo de análise de dados	47
3.4.1. Viveiros	47
3.4.2. Tabuleiros	47
3.4.3. Tapetes de vegetação	49
4. Apresentação e Discussão de Resultados	50
4.1. Viveiros	50
4.2. Tabuleiros	51
4.3. Tapetes	72
5. Conclusões	75
6. Referencias Bibliográficas	79
Anexo I - Vista superior com quadriculas (Tabuleiro 1)	81
Anexo II - Registo fotográfico (Tabuleiro 1)	82
Anexo III - Registo fotográfico (pormenores por espécie vegetal)	86

Índice de Figuras

Figura 1 Época de floração <i>Capsella bursa-pastoris</i> (Flora-on, 2014)	30
Figura 2 <i>Capsella bursa-pastoris</i> (Flora-on, 2014)	30
Figura 3 Época de floração <i>Asphodelus fistulosus</i> (Flora-on, 2014)	30
Figura 4 <i>Asphodelus fistulosus</i> (Flora-on, 2014)	31
Figura 5 Época de floração <i>Centranthus ruber</i> (Flora-on, 2014)	31
Figura 6 <i>Centranthus ruber</i> (Flora-on, 2014)	31
Figura 7 Época de floração <i>Sanguisorba verrucosa</i> (Flora-on, 2014)	32
Figura 8 <i>Sanguisorba verrucosa</i> (Flora-on, 2014)	32
Figura 9 Época de floração de <i>Papaver rhoeas</i> (Flora-on, 2014)	33
Figura 10 <i>Papaver rhoeas</i> (Flora-on, 2014)	33
Figura 11 Época de floração <i>Trifolium angustifolium</i> (Flora-on, 2014)	33
Figura 12 <i>Trifolium angustifolium</i> (Flora-on, 2014)	33
Figura 13 Época de floração <i>Briza maxima</i> (Flora-on, 2014)	34
Figura 14 <i>Briza maxima</i> (Flora-on, 2014)	34
Figura 15 Época de floração <i>Silene scabriflora</i> (Flora-on, 2014)	34
Figura 16 <i>Silene scabriflora</i> (Flora-on, 2014)	35
Figura 17 Época de floração de <i>Stachys germânica</i> (Flora-on, 2014)	35
Figura 18 <i>Stachys germânica</i> (Flora-on, 2014)	35
Figura 19 Época de floração de <i>Teucrium scorodonia</i> (Flora-on, 2014)	36
Figura 20 <i>Teucrium scorodonia</i> (Flora-on, 2014)	36
Figura 21 Época de floração de <i>Antirrhinum linkianum</i> (Flora-on, 2014)	36
Figura 22 <i>Antirrhinum linkianum</i> (Flora-on, 2014)	37
Figura 23 Época de floração <i>Sedum sediforme</i> (Flora-on, 2014)	37
Figura 24 <i>Sedum sediforme</i> (Flora-on, 2014)	37
Figura 25 Época de floração de <i>Phagnalon saxatile</i> (Flora-on, 2014)	38
Figura 26 <i>Phagnalon saxatile</i> (Flora-on, 2014)	38
Figura 27 Época de floração de <i>Reichardia picroides</i> (Flora-on, 2014)	39
Figura 28 <i>Reichardia picroides</i> (Flora-on, 2014)	39
Figura 29 Época de floração de <i>Centranthus calcitrapae</i> (Flora-on, 2014)	39
Figura 30 <i>Centranthus calcitrapae</i> (Flora-on, 2014)	39
Figura 31 Esquema dos tabuleiros na cobertura do Herbário Prof. João de Carvalho Vasconcellos (Anico, 2016)	41
Figura 32 Imagem panorâmica dos tabuleiros.	41
Figura 33 Esquematisação da precipitação ocorrida em mm d – 1 lida no eixo secundário, do ET ₀ e níveis de rega utilizados para valores diários em mm d – 1 .	42

Figura 34 Esquematização da disposição numérica dos tabuleiros	43
Figura 35 Preparação dos tapetes pré-cultivados, detalhe geotêxtil e substrato, e detalhe sistema de rega	45
Figura 36 Exemplo dispositivo experimental para teste de aderência de sementes à manta geotêxtil.	46
Figura 37 Exemplo fotografia de tabuleiro para contagem de quadrículas	49
Figura 38 Teste de adaptabilidade das plantas à transplantação em viveiro, comparação entre início (topo a esquerda) e fim do teste (topo à direita e nível inferior).	51
Figura 39 Comparação entre uma planta transplantada, <i>Reichardia picroides</i> , à esquerda imediatamente após transplantação, e à direita em 21 de setembro	52
Figura 40 Pormenor de germinação de plântulas em tabuleiro.	53
Figura 41 Valores médios de floração para cada espécie vegetal em análise, para diferentes datas, no caso da situação de rega reduzida para os tabuleiros 2 a 4.	55
Figura 42 Valores médios de floração para cada espécie vegetal em análise para diferentes datas, no caso da situação de rega reduzida (tabuleiro 1 e 5)	55
Figura 43 Valores médios de floração para cada espécie vegetal em análise para diferentes datas, no caso da situação de rega de conforto	56
Figura 44 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Antirrhinum linkianum</i> , na situação de rega reduzida.	61
Figura 45 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Antirrhinum linkianum</i> , na situação rega reduzida com musgos (tabuleiro 1 e 5).	61
Figura 46 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Antirrhinum linkianum</i> , na situação rega de conforto (tabuleiro 8 a 10).	62
Figura 47 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Asphodelus fistulosus</i> , na situação rega reduzida (tabuleiros 1 a 5)	62
Figura 48 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Asphodelus fistulosus</i> , na situação rega de conforto (tabuleiro 8 a 10)	63
Figura 49 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Centranthus ruber</i> , na situação rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).	64
Figura 50 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Centranthus ruber</i> , na situação rega reduzida (tabuleiro 1 e 5)	64
Figura 51 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Centranthus ruber</i> , na situação rega de conforto (tabuleiros 8 a 10).	64
Figura 52 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Sedum sediforme</i> , na situação rega reduzida (tabuleiros 2 a 4)	65
Figura 53 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Sedum sediforme</i> , na situação rega reduzida (tabuleiro 1 e 5)	65

Figura 54 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para <i>Sedum sediforme</i> , na situação rega de conforto (tabuleiro 8 a 10)	66
Figura 55 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Antirrhinum linkianum</i> , na situação rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).	68
Figura 56 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Antirrhinum linkianum</i> , na situação de rega reduzida (tabuleiro 1 e 5).	68
Figura 57 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Antirrhinum linkianum</i> , na situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10).	68
Figura 58 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Asphodelus fistulosus</i> , na situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).	69
Figura 59 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Asphodelus fistulosus</i> , na situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10).	69
Figura 60 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Centranthus ruber</i> , na situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).	70
Figura 61 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Centranthus ruber</i> , na situação de rega reduzida (tabuleiros 1 e 5).	70
Figura 62 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Centranthus ruber</i> , na situação rega de conforto (tabuleiros 8 a 10)	70
Figura 63 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Sedum sediforme</i> , na situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).	71
Figura 64 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Sedum sediforme</i> , na situação de rega reduzida (tabuleiros 1 e 5).	71
Figura 65 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para <i>Sedum sediforme</i> , na situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10)	72
Figura 66 Pormenor sobre germinação nos tapetes (mistura 1 e 2).	73
Figura 67 - Pormenor do desenvolvimento radicular nos tapetes.	74
Figura 68 - Vista aérea dos tapetes, pormenor germinativo.	74

Índice de Tabelas

Tabela 1 comparação das tipologias das coberturas verdes, adaptado de FLIP (2012).....	18
Tabela 2 Caracterização química do substrato analisado, de referenciar a utilização do método de Sonneveld para os valores de K20 e P205	43
Tabela 3 Esquematização do material vegetal e tipo de implementação disposta nos 12 tabuleiros.....	44
Tabela 4 Tabela que relaciona espécie vegetal com a taxa de mortalidade em determinada data.	52
Tabela 5 Média de floração para a situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4)	54
Tabela 6 Média de floração para a situação de rega reduzida com musgos (tabuleiros 1 e 5)	54
Tabela 7 Média de floração para a situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10)	56
Tabela 8 Moda de desenvolvimento de sementes, rega reduzida, tabuleiros 2 a 4 (1 presença, 0,5 moda intermédia, 0 ausência).	57
Tabela 9 Moda de desenvolvimento de sementes, rega de conforto, tabuleiros 8 a 10 (1 presença, 0,5 moda intermédia, 0 ausência).	58
Tabela 10 Moda de desenvolvimento de sementes, rega reduzida com musgo, tabuleiro 1 e 5 (1 presença, 0,5 moda intermédia, 0 ausência).....	58
Tabela 11 Escala de cores para situação de rega reduzida, tabuleiros 2 a 4 (escala de cores: 1 verde vivo; 2 verde; 3 verde amarelado; 4 amarelo; 5 verde amarelado e encarnado; 6verde encarnado; 7 encarnado; 8 verde com zonas secas; 9 verde amarelado com zonas secas; 10 verde avermelhado com zonas secas; 11 verde acastanhado; 12 verde acastanhado com zonas secas; 13 seco)	59
Tabela 12 Escala de cores para a situação de rega de conforto, tabuleiros 8 a 10 (escala de cores: 1 verde vivo; 2 verde; 3 verde amarelado; 4 amarelo; 5 verde amarelado e encarnado; 6verde encarnado; 7 encarnado; 8 verde com zonas secas; 9 verde amarelado com zonas secas; 10 verde avermelhado com zonas secas; 11 verde acastanhado; 12 verde acastanhado com zonas secas; 13 seco).....	59
Tabela 13 Escala de cores para a situação de rega reduzida com musgos, tabuleiro 1 e 5 (escala de cores: 1 verde vivo; 2 verde; 3 verde amarelado; 4 amarelo; 5 verde amarelado e encarnado; 6verde encarnado; 7 encarnado; 8 verde com zonas secas; 9 verde amarelado com zonas secas; 10 verde avermelhado com zonas secas; 11 verde acastanhado; 12 verde acastanhado com zonas secas; 13 seco).....	60
Tabela 14 Tamanho em quadrículas para a situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4), entre parêntesis, o número de plantas usados na contabilização de cada valor médio.	67

Tabela 15 Tamanho em quadrículas para a situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10) entre parêntesis, o número de plantas usados na contabilização de cada valor médio. .	67
Tabela 16 Tamanho em quadrículas para a situação de rega reduzida (tabuleiros 1 e 5) entre parêntesis, o número de plantas usados na contabilização de cada valor médio.	67
Tabela 17 Resultados obtidos nas diferentes misturas do ensaio de aderência de sementes	72

Índice de abreviaturas e símbolos

Csa - Clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (classificação de Köppen)

Csb - Clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (classificação de Köppen)

ET_o – Evapotranspiração de referência

FLIP - Fundacio de La Jardineria i el Paisatge

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

K_2O - Óxido de potássio

pH – Potencial de hidrogénio

ppm – Partes por milhão

P_2O_5 – Pentóxido de Fósforo

Spp – Várias espécies

°C – Grau Celsius

° - Grau

1. Introdução

Desde os anos 80 que se tem verificado um interesse crescente no desenvolvimento, estudo e manutenção de coberturas verdes em cidades. Vários estudos comprovam os seus benefícios, tornando-se atualmente importante encontrar as situações que melhor se adaptem aos diferentes climas (Dakin, Benjamin, & Pantiel, 2013) (Vijayaraghavan & Joshi, 2015).

Especificamente no caso de Lisboa e das condições climáticas mediterrânicas em geral, várias questões se colocam, sendo uma das mais prementes a da ponderação entre os benefícios das coberturas verdes e os custos da implementação e funcionamento dos sistemas de rega associados à sua utilização, em especial durante os meses quentes e secos (Brandão, Cameira, Valente, Carvalho, & Paço, 2017). Desta forma, a escolha do material vegetal é de importância crucial para a racionalidade do uso destas coberturas.

Alguns estudos, como o de Butles *et al.* (2012), sugerem a utilização preferencial de plantas autóctones em coberturas, nomeadamente por ocorrerem naturalmente nas regiões em questão, pressupondo-se a sua melhor adaptação à escassez de água durante os meses mais quentes. Referem-se assim alguns benefícios destas plantas, considerando a sua adaptabilidade ao clima bem como os efeitos benéficos que poderão ter no incremento da biodiversidade autóctone dos locais. Tendo em conta que as plantas colocadas em coberturas verdes estão potencialmente mais expostas à radiação e ao vento do que em superfícies ao nível do solo, poderão por vezes ocorrer nestas superfícies condições microclimáticas ainda mais exigentes do que aquelas a que as plantas estão sujeitas na natureza nas nossas condições. Assim, a atenção deste estudo recaiu sobre as plantas autóctones naturalmente encontradas em telhados e muros, numa tentativa de aproximar as características do material vegetal a utilizar às exigências microclimáticas expectáveis nas coberturas.

Na revisão da literatura encontraram-se poucos estudos sobre a implementação de plantas autóctones em coberturas verdes na região de Lisboa (vd. 2.1.1), razão pela qual nos propomos, no âmbito desta dissertação, a desenvolver um estudo experimental, onde se procura contribuir para o conhecimento da adaptabilidade dessas plantas, nomeadamente das naturalmente encontradas em telhados e muros, em coberturas verdes. Esta adaptabilidade foi testada através de diferentes formas de instalação do material vegetal e de diferentes condições hídricas necessárias ao seu desenvolvimento, de modo a encontrar uma solução com resultados também esteticamente agradáveis. Pretendemos deste modo que as

coberturas verdes se tornem soluções de base natural, mais acessíveis à população e uma realidade no nosso meio urbano.

Neste sentido e resumindo, o presente trabalho tem como objetivo estudar a adaptabilidade de algumas plantas autóctones, naturalmente encontradas em telhados e muros, à utilização em coberturas verdes na região de Lisboa. Pretende-se ainda avaliar quais as técnicas de implementação mais adequadas, incluindo a utilização de tapetes desenvolvidos com estas espécies de plantas, uma técnica inovadora, de que não se encontra registo na literatura.

A aparente semelhança entre as dificuldades encontradas para o desenvolvimento do material vegetal em telhados e muros e as encontradas nas coberturas verdes, levou-nos a procurar conciliar as duas situações para encontrar uma solução eficaz para as coberturas verdes nas nossas condições de clima quente e seco durante o Verão. Considerando as noções prévias sobre a seleção do material vegetal e as dificuldades associadas à utilização de coberturas verdes nas nossas condições climáticas, optou-se por partir de uma observação *in situ* para uma aplicação prática. Desta forma procurámos observar antigas construções em Lisboa, em particular as que apresentam desenvolvimento de material vegetal nos telhados e muros. Considerámos a observação da fachada poente do Palácio da Ajuda, dada a sua reconstrução em andamento, como uma oportunidade única para a observação e recolha de algumas espécies, que foram posteriormente objeto de estudo.

Este estudo está organizado em cinco capítulos (introdução, revisão da literatura, metodologia, resultados e discussão de resultados e conclusão) que se pretendeu serem estruturados de forma precisa e objetiva para elucidar o trabalho de investigação desenvolvido. Por questões de facilidade de leitura, o nome dos classificadores das espécies botânicas no presente trabalho, será omissa, excetuando-se na sua primeira referência e na apresentação da espécie.

No primeiro capítulo é apresentado o enquadramento do estudo, bem como os seus objetivos e a pertinência para a concretização do mesmo. No segundo capítulo é elaborada uma revisão da literatura que suporta os aspetos teóricos necessários para compreender e justificar a pertinência da presente investigação. Inicialmente é abordada a temática das coberturas verdes e posteriormente os materiais vegetais, relacionando-os com as variáveis em estudo.

No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia de investigação utilizada, referindo-se o material vegetal selecionado, os dispositivos experimentais que iremos utilizar e por fim referimos os métodos utilizados na análise de dados.

Os resultados do estudo estão apresentados no quarto capítulo onde é também realizada a análise dos mesmos, a interpretação, comparação, discussão e fundamentação dos dados conforme os objetivos definidos. Neste último capítulo são referidas limitações do estudo e recomendações para futuras investigações.

Por fim no quinto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo seguindo-se as referências bibliográficas no sexto capítulo e seguidamente os anexos.

2. Revisão da Literatura

2.1.Coberturas verdes

2.1.1.Definição e enquadramento

O aumento considerável das populações e a sua migração para as cidades provocam um crescente desenvolvimento urbano e o aumento da construção vertical, conduzindo a uma diminuição dos espaços verdes nas áreas metropolitanas. Esta diminuição levanta alguns problemas, nomeadamente, o aumento do efeito ilha de calor e do volume de escoamento de água pluviais (Vijayaraghavan & Joshi, 2015; Carbone, Garofalo, Nigro, & Piro, 2015), relacionados com uma menor interceção da radiação e transpiração pelos cobertos vegetais, assim como um aumento das superfícies impermeáveis das cidades.

As coberturas verdes surgem assim como uma possível solução ecológica para estes problemas. Ainda que a utilização de vegetação no topo de edifícios não seja uma técnica recente (lembremo-nos por exemplo dos jardins suspensos da Babilónia), esta é, contudo, uma técnica em franco crescimento e que tem vindo a ser melhorada e adaptada às necessidades das cidades modernas. De acordo com Köhler & Keeley (2005, cit. in Sutton, 2015) o movimento de modernização das coberturas verdes iniciou-se na Europa por volta de 1980 e espalhou-se depois para a América do Norte e seguidamente para o resto do mundo.

O conceito de cobertura verde é também referido na literatura como telhado vivo ou telhado vegetal. Este conceito remete para uma instalação com cobertura parcial ou total de um edifício ou de outra estrutura construída pelo homem, com vegetação assente num meio de crescimento. A construção das coberturas verdes tem vários benefícios que serão pormenorizados posteriormente em 2.1.3. Importa, contudo, enumerar numa primeira abordagem benefícios como a interceção da água da chuva e a sua retenção, o isolamento (térmico e acústico), a criação de habitats e a redução do efeito ilha de calor em cidades. (Mickovski, et. al 2013).

A construção de telhados verdes compreende a adaptação do material vegetal a condições especiais, principalmente devido à distância do sistema até à superfície terrestre e a uma maior exposição a ventos fortes e radiação solar (Sutton, 2015). Assim, é prioritária a procura e utilização de espécies melhor adaptadas às condições extremas a que iremos condicionar o material vegetal, principalmente aquando da construção de coberturas verdes extensivas, uma vez que requerem uma menor manutenção como adiante detalhado em 2.1.2. Logo, será possível colocar como hipótese ser vantajoso a seleção de material vegetal adaptado a solos rochosos, muros e outras estruturas, que seja bem-adaptado às condições

climáticas do local, de forma a favorecer a sua adaptação final na estrutura, sem requerer elevada manutenção (Heim & Lundholm, 2014).

Surgem na bibliografia alguns trabalhos realizados em Lisboa utilizando também espécies autóctones. De referir o de Anico (2016) que chega a algumas conclusões importantes para o nosso estudo, nomeadamente que a dotação de rega não comprometeu a qualidade estética do material vegetal utilizado, dentro de certos limites, possibilitando a utilização de uma dotação inferior a um máximo calculado em função da evapotranspiração de referência. Refere ainda a utilização de um briófito, *Pleurochaete squarrosa* (Brid.) Lindb., que sobreviveu sem utilização de rega. Também Brandão et al. (2017) estudam em Lisboa a performance hidrológica das coberturas verdes utilizando espécies autóctones, concluindo que a utilização destas em larga escala seria benéfica na redução dos problemas associados a drenagem urbana da cidade de Lisboa.

2.1.2. Classificação e constituintes das coberturas verdes

Na bibliografia, as coberturas verdes costumam ser diferenciadas pela profundidade do substrato e pela sua utilização. Segundo a profundidade do substrato podemos então distinguir coberturas extensivas de coberturas semi-intensivas e de coberturas intensivas. Segundo Dakin, Benjamin, & Pantiel (2013) as primeiras deverão ter menos de 15 cm de altura de substrato, as segundas entre 15-30 cm e as com profundidades superiores a 30 cm serão as intensivas. Sutton (2015) refere também valores semelhantes (inferiores a 15 cm para cobertura extensiva, entre 10 e 20 cm para semi-intensiva, e superior a 15 cm para intensiva). Relaciona também a altura do substrato com a possibilidade de se utilizarem diferentes tipos de plantas, permitindo-se assim numa profundidade superior de substrato a utilização de plantas perenes, arbustos ou árvores.

As coberturas extensivas caracterizam-se por um substrato de profundidade reduzida, e pela utilização de espécies vegetais adaptadas às condições em que são inseridas, de forma a necessitarem de uma manutenção mínima. Podem utilizar-se por exemplo, espécies que habitem prados de sequeiro na região (Oudolf & Kingsbury, 2013). O tipo de cobertura a utilizar, depende também da carga potencialmente suportada pela estrutura, uma vez que o aumento da profundidade de substrato e a utilização de plantas com maior desenvolvimento aumenta significativamente a carga a suportar. As coberturas verdes não devem também ser construídas em locais com declives superiores a 30°.

Resumidamente, e de acordo com Fundacio de La Jardineria i el Paisatge (2012) os diferentes tipos de coberturas verdes são diferenciados de acordo com a Tabela 1.

	Cobertura extensiva	Cobertura semi-intensiva	Cobertura intensiva
Exigência quanto à manutenção	Pouca manutenção	Manutenção moderada.	Manutenção elevada.
Camada de substrato	Substrato mineral, poroso; Baixa espessura (7-25cm)	Substrato mineral; Espessura entre 10 e 25 cm.	Preferencial substrato mineral ou terra vegetal modificada; Espessura superior a 50 cm.
Camada de vegetação	Plantas suculentas e herbáceas.	Plantas herbáceas, subarbustivas e arbustivas.	Plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas.
Carga sobre a estrutura	60-180 Kg/m ² (0,59-1,77 kN/m ²)	150 - 350 Kg/m ² (1,47-3,43 kN/m ²)	>600 Kg/m ² (5,88 kN/m ²)
Acessibilidade	Apenas para manutenção	Transitável, mas com uso moderado	Geralmente sem limitações de uso

Tabela 1 comparação das tipologias das coberturas verdes, adaptado de *FLIP (2012)*

As coberturas verdes têm já os seus constituintes, em termos de materiais para implementação, bem estudados e comercialmente disponíveis. São considerados constituintes de uma cobertura verde os materiais de necessária utilização para implementação desta, correspondentes às três camadas principais: drenagem, substrato e vegetação (Dunnett & Kingsbury, 2003). Dentro de cada camada podem ser utilizados diferentes materiais, existindo inúmeros produtos comerciais para as finalidades pretendidas. Sutton (2015) indica como secção transversal típica de uma cobertura verde: a estrutura construída, seguida do isolamento, da membrana impermeável, da barreira contra o desenvolvimento das raízes, da camada de drenagem e filtro drenante, do substrato de crescimento e por fim da camada de material vegetal vivo. Este autor reforça ainda a importância da escolha de um material vegetal adaptado às condições do local, nomeadamente com alguma resistência à secura, aos ventos e a elevadas variações de temperaturas. Define então três fatores chave a considerar no projeto e manutenção de uma cobertura verde: respeitar a carga máxima suportada pela estrutura, proteger a integridade da membrana de impermeabilização e manter a vegetação viva de forma a proteger e manter o substrato na cobertura.

A implementação da vegetação em coberturas pode ser conseguida de três maneiras diferentes, de acordo com Dunnett & Kingsbury (2003): através da aplicação de tapetes pré-cultivados, plantação ou sementeira direta. Os autores referem estudos realizados na Alemanha e na Suécia onde a plantação direta se mostra mais eficaz no estabelecimento das coberturas, especialmente em áreas pequenas. No entanto referem a utilização de tapetes

como sendo comum, mas bastante propensa a falhas sendo de salientar a importância na rapidez de instalação e na fixação do mesmo, de forma a possibilitar um rápido enraizamento, antes da secagem do material vegetal e evitar ainda o arrastamento dos tapetes pelo vento. Ainda de referir os “Brown Roofs” onde se opta pela colonização natural do substrato (sendo este normalmente semelhante ao solo do local) com vantagens ao nível da conservação da natureza, mas não sendo utilizável em todos os locais.

Relativamente à eficiência das coberturas verdes em climas mediterrâneos, Schweitzer & Erell (2014) questionam a sua eficácia nomeadamente em relação à diminuição da carga de calor sensível, questionando a contribuição das coberturas verdes nestas condições para a conservação de energia dos edifícios, embora reconheçam outros benefícios associados. Reforçam também a ideia de utilização de quebra-ventos, de forma a reduzir a evapotranspiração das plantas e melhorar o seu desempenho.

2.1.3. Benefícios e limitações das coberturas verdes

Segundo Dunnett & Kingsbury (2003) cerca de 40 a 50% das superfícies impermeáveis em cidades são telhados, sendo desta forma possível evidenciar o potencial das coberturas verdes como opção sustentável para sistema de drenagem urbana e uma possível solução para reduzir a quantidade de água escoada nas cidades. Esta opção mostra-se até mais económica que outras soluções *end of pipe* na remoção de poluentes. Nos trabalhos de Oudolf & Kingsbury (2013) afirma-se que as coberturas verdes, assim como os jardins verticais e a restante vegetação urbana, são eficazes não só na captação de poeiras mas também na transformação dos complexos de hidrocarbonetos (VOCs – *volatile organic compounds*) em dióxido de carbono e em água. Mentens *et al.* (2006) quantifica a retenção anual de água das chuvas por coberturas verdes, concluindo que estas são eficazes na diminuição do efeito “*runoff*” urbano. Reforça-se assim a ideia das vantagens da utilização de coberturas verdes quer na retenção de águas de drenagem urbanas, em específico na região de Lisboa (Brandão *et al.*, 2017), quer na melhoria da qualidade do ar e da água. Também Yang *et al.* (2008) referem nos seus estudos que a instalação das coberturas verdes se justifica a longo prazo essencialmente pelos seus benefícios ambientais, considerando a quantidade de poluentes que estes retiram do ar.

Através das coberturas verdes, a água pode ser evaporada, absorvida ou transpirada pela vegetação, assim como armazenada na própria cobertura para usos posteriores. As coberturas acabam por atuar também como superfície isolante da construção, reduzindo as suas perdas de calor, o que é especialmente importante durante o inverno. Para além desta situação, as coberturas verdes favorecem o arrefecimento, através da transpiração da

vegetação, sendo esta característica otimizada com o aumento da complexidade e diversidade da vegetação (Dunnett & Kingsbury, 2003).

É notável um crescente incentivo à implementação das coberturas verdes, nomeadamente ao nível dos benefícios fiscais. Ainda que tal não se aplique por ora à realidade portuguesa, segundo Dakin *et al.* (2013) em alguns países, como a Alemanha, são cobrados impostos antecipadamente, relacionados com o aproveitamento das águas pluviais ou com as taxas de uso, recebendo os proprietários de coberturas verdes, em algumas cidades, uma redução na ordem dos 50 a 80% na taxa. Outras cidades ainda, como por exemplo Copenhaga, exigem que os telhados, públicos e privados, planos ou com uma inclinação até 30°, tenham que ser coberturas verdes.

Currie *et al.* (2008) indica ainda que um aumento de cerca de 10-20% da área de superfície das coberturas verdes (na cidade de Toronto) iria contribuir significativamente a nível social, financeiro e de saúde ambiental todos os cidadãos. Também Rosenzweig (2016) refere a importância das coberturas verdes, nomeadamente ao nível dos benefícios ecológicos para o ecossistema e dos benefícios para a população decorrente de um restabelecimento do contacto com a natureza.

Relativamente a benefícios associados à biodiversidade, Dakin, *et al.* (2013) indicam as coberturas verdes como lugares ideais para facilitar os habitats selvagens, uma vez que estão isolados das interações humanas e do tráfego urbano. É referido também o aumento da biodiversidade de invertebrados em telhados como sendo benéfico no apoio às aves migratórias e a outros animais. Através da utilização de plantas e flores atrativas nos telhados é possível também reduzir as populações de abelhas no nível térreo, através do realojamento de abelhas na cobertura, sendo as suas necessidades satisfeitas (Vijayaraghaven, 2016) e permitindo simultaneamente a conservação da espécie e polinização das plantas, com uma menor interferência para a população humana. Também MacIvor *et al.* (2011) referem a contabilização de um elevado número de espécies de insetos nas coberturas verdes, incluindo algumas espécies incomuns, contribuindo para a ideia de que as coberturas contribuem de facto para a manutenção da biodiversidade em cidades. Rosenzweig (2016) refere ainda que, embora a utilização das coberturas verdes esteja associada a uma cobertura, de fato verde, nem sempre isto acontece, não se devendo no entanto desvalorizar esta situação pois continuam a existir benefícios associados à biodiversidade.

Vijayaraghaven (2016) faz uma revisão exaustiva sobre os estudos associados aos benefícios das coberturas verdes. De entre a listagem apresentada pelo autor, consideramos especialmente importante referir os seguintes benefícios:

- Melhoria da drenagem urbana, através da retenção de água nas coberturas;
- Melhoria da qualidade da água de drenagem;
- Atenuação da poluição atmosférica;
- Melhor isolamento térmico;
- Isolamento sonoro e absorção de ruído;
- Outros benefícios, quer a nível estético, de biodiversidade ou de proteção do próprio edifício.

Silva (2001) refere, contudo, alguns problemas associados à instalação de coberturas verdes, principalmente em edifícios para os quais não estava inicialmente projetada a sua instalação, devendo precaver-se problemas de conservação da estrutura. São referidos os cuidados acrescidos necessários na proteção do edifício e o aumento de custos na construção e preparação do espaço (estrutura, sistema de impermeabilização e drenagem de águas, elevação e depósito de terras). Outra problemática será também a diminuição do espaço disponível para a localização de alguns aparelhos (por exemplo de ventilação ou ar condicionado), que estão muitas vezes dispostos nos telhados e que, com a instalação de uma cobertura verde, terão necessariamente de ser deslocalizados ou integrados de outra forma que seja harmoniosa. Por fim, é importante também não esquecer o aumento dos cuidados e encargos regulares nas ações de manutenção dos espaços verdes, especialmente nos de carácter intensivo.

As coberturas verdes apresentam ainda limitações importantes ao nível do substrato, implicando cuidados de manutenção nomeadamente no que diz respeito à sua fertilização, com principal importância nas coberturas intensivas. Isto é particularmente importante considerando os efeitos do *stress* no material vegetal neste caso associado a carências nutritivas. Neste sentido, deve-se diminuir estas situações, uma vez que as plantas tendem a proliferar sobre situações de *stress* entrando rapidamente na sua fase reprodutiva e aumentando a competição entre espécies promovendo a alteração do esquema botânico previsto. Possibilitando ainda a extinção de certas espécies com menores capacidades recolonizadoras, independentemente do valor estético ou objetivo na cobertura (Dakin et al, 2017).

2.2. Seleção do material vegetal para coberturas verdes

De entre as várias espécies possíveis de eleger para as coberturas verdes, a literatura refere o género *Sedum* como um candidato preferencial, dadas as suas características, nomeadamente para o uso em tapetes pré-cultivados. Antagonicamente, Monteiro *et al.*

(2017) sugerem no seu trabalho que plantas suculentas (por exemplo *Sedum*) não são mais vantajosas que outras (por exemplo *Stachys* spp.) para a obtenção de um arrefecimento ambiental significativo durante o verão, nem para um melhor isolamento térmico do substrato, o que contraria a tendência atual de utilizar coberturas de *Sedum* e outras suculentas para este fim. Estes autores reforçam também uma ideia fundamental: a da importância da escolha das plantas considerando o seu papel dentro do ecossistema, muito para além do valor estético, dos custos e sobrevivência destas. Referem ainda especificamente a importância de plantas do género *Stachys* no arrefecimento do ambiente envolvente, possibilitando o melhoramento do isolamento térmico dos edifícios durante o dia (principalmente nas alturas de maior calor, durante o verão, especialmente se não se encontrarem em condições de stress hídrico).

A revisão da literatura efetuada confirma a elevada importância da escolha do material vegetal, nomeadamente na adaptação climática à região de Lisboa. Nesta escolha, é fundamental considerar os fatores adversos inerentes às coberturas, fatores climáticos e características do próprio material vegetal escolhido, assim como todas as interações recíprocas provenientes destes elementos. Relativamente ao primeiro e segundo grupo de fatores, segundo FLIP (2012), devem considerar-se elementos como a estabilidade das plantas face ao vento, à secura, as altas temperaturas, resistência aos poluentes urbanos, baixos requisitos nutricionais, não provocar alergias ou o desenvolvimento de rizomas que possam requerer a utilização de protetores de raízes extra. É também referido o efeito da intensidade da radiação solar sobre a transpiração da planta e a evaporação do substrato, o que remete para a necessidade de se considerar a capacidade de armazenamento de água do sistema. Outro fator a ter em conta é a menor competitividade do material vegetal selecionado, quando comparado com as espécies invasoras, que poderão alterar a constituição das coberturas de forma indesejada. Deve-se desta forma considerar a capacidade de ressementeira das plantas, de forma a preencher as falhas que vão surgindo nas coberturas, principalmente nas extensivas (Sutton, 2015).

Perspetivando agora os estudos sobre a escolha vegetal, Sutton (2015) refere que as plantas que se apresentam como melhores candidatas à utilização em coberturas verdes extensivas - situação que definimos para o nosso estudo - são as que apresentam melhor tolerância à secura, à exposição ao vento e às altas temperaturas associadas às coberturas extensivas, assemelhando-se deste modo ao bioma dos prados. Este autor realça ainda a importância de considerar o crescimento vegetativo com uma espessura de substrato limitada e com carência de nutrientes. Defende também que as plantas deverão possuir capacidade reprodutiva e de persistência no espaço, devendo-se excluir as plantas invasoras ou de

manutenção elevada, assim como plantas de difícil obtenção ou sem interesse para os beneficiários da cobertura verde.

2.2.1. Tapetes de plantas pré-cultivados

Em FLIP (2012) define-se tapetes vegetais como sendo um pedaço de vegetação pré-cultivada em viveiro, geralmente num suporte geotêxtil, com um mínimo de 9 meses, sendo o tempo ideal 12 a 15 meses. A vegetação dos tapetes é geralmente constituída por gramíneas, leguminosas ou conjugações, permanecendo em viveiro até que seja atingida a maturação necessária para o transplante e utilização. Referem uma altura máxima de 6 cm e cerca de 8 a 10 espécies. A cobertura vegetal mínima deve ser 75% e deve ser uniforme.

Existem diversos tapetes de plantas pré-cultivadas comercializados para aplicação em coberturas. Sutton (2015) refere-nos que é possível encontrar características comuns nestes tapetes, independentemente da vegetação selecionada, nomeadamente: a utilização de tapete de controlo de erosão (biodegradável ou persistente) como suporte, com aproximadamente 25 mm de espessura; o substrato de cobertura verde, rico em minerais e, principalmente, em materiais leves que preenchem os espaços vazios do tapete, e por fim, o material vegetal. O cultivo dos tapetes deverá ser feito com uma membrana impermeável por baixo e rega superiormente. Estes tapetes pré-cultivados apresentam como vantagem a possibilidade de permitirem o fortalecimento das plantas, através do seu desenvolvimento, antes destas serem colocadas nas condições adversas das coberturas, conferindo também uma maior cobertura da superfície e uma maior resistência ao vento. Para o consumidor final, a principal vantagem reside no efeito “instantâneo” da cobertura, não sendo necessário esperar pela sua germinação ou crescimento das plantas até obter o efeito verde. Para o presente estudo esta técnica é importante, pois tem particularmente a vantagem de ajudar a conservar a água na cobertura, dado que ajuda a diminuir a evaporação de água do substrato.

Sutton (2015) faz ainda referência aos bons resultados obtidos no “*Target Center Arena*” na cidade do Mineápolis, nos Estados Unidos da América, onde foram utilizados tapetes pré-cultivados de *Sedum*, colmatando as falhas deste e melhorando o aspeto estético do projeto através da plantação e sementeira de plantas autóctones, colocadas diretamente no local escolhido.

2.2.2. Plantas autóctones

Procurando aprofundar o estudo das espécies melhor adaptadas ao nosso clima e com menores necessidades hídricas e de manutenção, referem-se as plantas autóctones (Arqout, 2008). As espécies autóctones definem-se como sendo oriundas da região onde ocorrem, desenvolvendo-se e propagando-se naturalmente nessa região. São associadas à

utilização de flora autóctone algumas vantagens, nomeadamente a sua fácil adaptação aos climas em que são nativas, maior resistência a oscilações climáticas, baixos consumos de água (particularmente importante nas regiões quentes e secas), reduzida manutenção, integração na paisagem existente e envolvente, manutenção do equilíbrio ecológico e contribuição para o desenvolvimento dos ecossistemas em que ocorrem, por exemplo, ao nível da biodiversidade do local, entre outros (Threfall, et al., 2017) (Kendal, Zeeman, & Ikin, 2017).

De acordo com Flora-on (2014), até ao momento, regista-se em Portugal Continental uma flora autóctone com cerca de 2677 espécies das quais cerca de 193 integram a flora autóctone do concelho de Lisboa.

Existem já alguns estudos relativos á utilização de plantas autóctones em coberturas verdes. De referir os estudos de Heim & Lundholm, Green (2017), utilizando tapetes pré-cultivados de vegetação em climas marítimos, onde evidenciam que a utilização de espécies autóctones se mostra mais eficaz do que a utilização de *Sedum*. Esta eficácia é particularmente evidente ao nível de retenção de água e na temperatura média observada no substrato, apesar de no estudo, a cobertura com espécies autóctones apresentar uma menor cobertura do substrato. Os resultados deste estudo sugerem que existe a possibilidade de aumento da retenção de água com um aumento da cobertura do substrato com as espécies autóctones. Os autores concluem então que, para o clima marítimo estudado, a utilização de plantas autóctones se mostra uma opção bastante viável para aplicação em coberturas verdes.

Também Madre, Vergnes, Machon, & Clergeau, (2014), recomendam o recurso a espécies autóctones para utilização em coberturas verdes, assim como a reserva de determinadas áreas da cobertura para a colonização natural e desenvolvimento de outras espécies vegetais. Referem também como possível vantagem a variação dos tipos de substrato, nomeadamente utilizando, além do substrato, também gravilhas, material rochoso e madeiras; assim como a variação das profundidades do substrato ao longo da cobertura. As coberturas devem apresentar uma dimensão considerável de forma a sustentar uma população vegetal mais estável e assim direcionarem-se para o objetivo de uma cobertura autónoma e resistente. Para além disto, a rega e a manutenção das coberturas, incluindo a poda, também devem ser reduzidas apenas para manter ou aumentar a diversidade de plantas. Não se devem ainda utilizar herbicidas químicos, devendo remover-se manualmente as plantas não desejadas, mantendo o material orgânico na cobertura. Madre *et al.* (2014) reforça a ideia de que as coberturas verdes não devem ser vistas como uma natureza artificial, mas sim como um ecossistema integrado na paisagem urbana, demonstrando ainda

nos seus estudos a importância dos telhados verdes na manutenção da flora urbana, uma vez que atuam como ecossistema para as plantas autóctones, relevando-se importantes até na conservação de espécies em estado de proteção e conferindo importância a estas estruturas na conservação da natureza em ambientes urbanos.

Nos seus estudos, utilizando tapetes pré-cultivados de vegetação, Heim & Lundholm, Green (2014) colocam a hipótese de que outras espécies tolerantes à escassez hídrica, semelhantes neste aspeto às plantas do género *Sedum*, possam beneficiar outras plantas herbáceas com maiores necessidades hídricas. Justificam-no com estudos em coberturas onde a espécie *Danthonia spicata* (L.) Roem. & Schult. com pouca utilização de água, atua retendo mais água no substrato do que a retida em substratos descobertos, podendo desta forma facilitar o desenvolvimento e sobrevivência de espécies menos tolerantes à secura. Também líquenes e musgos podem desempenhar um papel semelhante na retenção de água. Em especial os musgos, sabe-se que facilitam o crescimento de plantas vasculares em ambientes rochosos e que retêm também mais água do que as plantas vasculares, facilitando o seu desenvolvimento quando em conjunto (Brandão et al, 2017).

2.2.3.Plantas dos telhados e muros naturalmente colonizados

Francis (2011) elaborou um estudo onde se foca na ecologia dos muros, ou seja na análise de muros como habitats para a flora urbana. Caracteriza-os como um ambiente relativamente hostil, e com um microclima que consiste em elevada insolação, baixa humidade e elevada intensidade de vento sendo esta bastante variável, especialmente considerando diferentes exposições dos muros e paredes verticais. As colonizações dos muros serão feitas essencialmente pelo vento, e por animais, em especial invertebrados e pássaros. Os sedimentos e o húmus são a principal fonte de nutrientes e de retenção de água e o pH é normalmente alcalino. Para o estabelecimento de plantas superiores, este autor considera mais propícias construções com cerca de 100-500 anos, dado o facto de o maior estado de degradação das mesmas permitir a existência de fendas e interstícios onde se dará a deposição dos materiais degradados, promovendo assim o desenvolvimento vegetal. O autor define como fatores limitantes da ecologia em muros a baixa disponibilidade hídrica associada a uma reduzida capacidade de retenção, assim como uma baixa disponibilidade de nutrientes, embora esta seja bastante variável, desde baixa até moderadamente rica. Esta disponibilidade de nutrientes surge através da decomposição dos materiais ou da deposição de sedimentos do ambiente envolvente. Relativamente ao material vegetal encontrado, este autor reporta uma maior presença de plantas herbáceas, com plantas anuais e perenes, referindo também a presença abundante de hemicriptófitos e terófitos. O autor refere ainda uma elevada presença de plantas alóctones nestes ambientes,

justificando-a com uma possível abundância de propágulos destas plantas em ambiente urbano e agrícola.

2.2.4. Especificidade climática da região de Lisboa e adequação do tipo de cobertura verde

O principal obstáculo relativo à implementação das coberturas verdes em Portugal, está possivelmente associado ao clima que se faz sentir no nosso país, com períodos prolongados sem precipitação durante o Verão, associados a temperaturas elevadas, que implicam a instalação de sistema de rega nas coberturas, com todos os custos associados (Brandão et al, 2017). Por este motivo parece-nos relevante, para uma melhor compreensão das necessidades e dificuldades associadas ao atual projeto de investigação, realizar uma pequena caracterização do mesmo.

Portugal caracteriza-se segundo a classificação climática de Köppen, por possuir um clima temperado com inverno suave e verão seco, subdividindo-se geograficamente no tipo Csa, clima temperado com inverno chuvoso e verão quente, e Csb, clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (IPMA, 2018). A região de Lisboa recai na classificação Csa, apresentando um verão quente e seco e um inverno suave (pouco frio) e chuvoso.

Uma avaliação cuidada das normais climatológicas provisórias (1981-2010) disponibilizadas pelo IPMA, possibilita uma maior compreensão das necessidades específicas associadas ao nosso clima. Para a região de Lisboa em particular, onde se observa um verão quente e seco, a disponibilidade hídrica está associada às temperaturas baixas.

Relativamente à temperatura, é possível verificar a incidência de temperaturas médias mínimas na ordem dos 8/9 °C nos meses mais frios (dezembro, janeiro e fevereiro) com mínimos que se aproximam por excesso dos 0 °C. As temperaturas mais altas são observadas nos meses de verão, nomeadamente julho e agosto, com temperaturas máximas médias que rondam os 28°C, com máximos na ordem dos 41 °C entre junho e agosto. Cruzando as informações de temperatura com os dados de precipitação anual referentes às normais climatológicas entre 1981-2010, é possível verificar com facilidade que os meses mais quentes coincidem com os meses de menor disponibilidade hídrica. É observável desta forma o maior desafio, associado ao nosso clima, relativamente a outras regiões, quando nos propomos implementar coberturas verdes na área de Lisboa. As características ideais para uma cobertura verde nestas condições serão então possuir uma elevada capacidade de retenção de água nos meses mais frios, altura onde há menor evaporação de água, simultaneamente com uma maior precipitação; e por outro lado um reduzido consumo hídrico

nos meses mais quentes, onde há também maior intensidade da radiação solar e maiores necessidades hídricas. Dada a dificuldade em equilibrar estas condicionantes climáticas, tenta-se atenuar os seus efeitos na vegetação, para que se mantenha a reduzida manutenção característica das coberturas verdes extensivas, através da utilização de vegetação autóctone por, alegadamente, estar mais bem adaptada às condições características dos locais.

3. Metodologia

Este trabalho tem como objetivo geral o estudo de coberturas verdes extensivas com plantas autóctones, de espécies que vegetam frequentemente em telhados e muros da região de Lisboa. Em particular, procuramos comparar o comportamento do material vegetal sujeito a diferente disponibilidade hídrica. Nomeadamente, no que diz respeito à época e intensidade de floração, à produção de semente e ao aspeto visual desse material vegetal, considerando a sua cor e dimensão. Procuraremos ainda comparar diferentes técnicas de instalação de material vegetal e os seus efeitos no mesmo.

Desta forma, foram utilizadas três técnicas de instalação de material vegetal: plantação, sementeira e tapetes pré-cultivados. Avaliou-se o crescimento vegetativo, mortalidade, área verde, época e intensidade de floração, desenvolvimento ou não de sementes. Esta análise foi efetuada após tratamento prévio das imagens digitais com recurso ao programa Photoshop e posterior tratamento de dados em Excel, recorrendo a médias numéricas e modas e análise de variância. Desta forma conclui-se sobre o desenvolvimento do material vegetal relativamente às diferentes técnicas de instalação, bem como sobre a resposta aos diferentes níveis de rega, e ao sucesso/insucesso dos tapetes vegetais.

3.1. Etapas do trabalho

Os procedimentos seguiram o seguinte faseamento:

- Observação e recolha de material vegetal existente naturalmente em telhados e muros na região de Lisboa;
- Teste à sua sobrevivência e adaptabilidade em substrato comercial através da transplantação do material vegetal recolhido para vasos e alvéolos em viveiro – realizado nos viveiros da empresa *Sigmatum* (sediada na Tapada da Ajuda);
- Instalação do material vegetal nos tabuleiros da cobertura do edifício do Herbário “Prof. João de Carvalho Vasconcellos” no Instituto Superior de Agronomia (*the green roof lab*, <https://www.facebook.com/thegreenrooflab/>), através de diferentes formas: plantação e sementeira;
- Desenvolvimento de tapetes vegetais de fácil instalação em coberturas, utilizando sementes das espécies vegetais escolhidas, habitualmente encontradas em telhados e muros da região;
- Avaliação e comparação dos vários indicadores nas diferentes técnicas de instalação, nomeadamente das plantas plantadas, das semeadas e dos tapetes desenvolvidos;
- Avaliação e comparação das reações das plantas a diferentes condições hídricas.

3.2. Material vegetal

Considerando a importância da escolha do material vegetal para utilização em cobertura verde, optou-se pela utilização de plantas autóctones da flora Portuguesa, mais especificamente autóctones da região de Lisboa. Procura-se assim obter uma menor utilização de água sem comprometer o valor estético da vegetação, pois pressupõe-se estarem estas espécies melhor adaptadas ao clima da região. De acordo com a literatura encontrada, procurámos também utilizar plantas que se estabelecessem naturalmente em telhados e muros na cidade. Procedeu-se a algumas visitas de campo com o objetivo de selecionar material vegetal que se encontre em construções e como tal bem adaptado às condições adversas, para posterior recolha. A principal recolha efetuou-se na antiga fachada poente do Palácio Nacional da Ajuda. Identificamos algum material vegetal, nomeadamente *Centranthus ruber* (L.) DC., *Asphodelus fistulosus* L., *Antirrhinum linkianum* Boiss. & Reut., *Sedum spp.*, *Galium aparine* L., *Reichardia picroides* (L.) Roth, *Medicago orbicularis* (L.) Bortal., *Andryala integrifolia* L., *Senecio vulgaris* L., *Centranthus calcitrapae* (L.) Dufr., *Phagnalon saxatile* (L.) Cass., e procedemos à recolha de alguns exemplares. O objetivo principal do presente trabalho foca-se em observar a colonização espontânea da flora dos antigos telhados em Lisboa e utilizar algumas destas espécies na nossa atividade experimental. Assim, e com base nestas observações, seleccionámos espécies vegetais com algum valor estético para utilizar no nosso trabalho e mantivemos a espécie de musgo, *Pleurochaete squarrosa*, utilizada em estudo prévio no local, tal como referido em 2.1.1 (Anico, 2016), de forma a continuar a análise do seu desenvolvimento. Na secção seguinte serão enumeradas e caracterizadas as espécies vegetais escolhidas para utilização.

3.2.1. *Capsella bursa-pastoris*

Capsella bursa-pastoris (L.) Medik é uma planta anual (terófito) também conhecida por ‘bolsa-de-pastor’ ou ‘erva-do-bom-pastor’ (Figuras 1 e 2). Pertence à família *Brassicaceae* e é autóctone de Portugal continental e do arquipélago da Madeira. Apresenta uma grande amplitude ecológica surgindo em campos cultivados, pastagens, incultos, baldios, orlas e subcoberto de bosque e matagais. Ocorre também em baldios urbanos, veredas e bermas de caminhos. A época de floração descreve-se como de janeiro a julho, no entanto há descrições de floração desde dezembro até julho com pico em fevereiro, início de abril, e de junho. (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

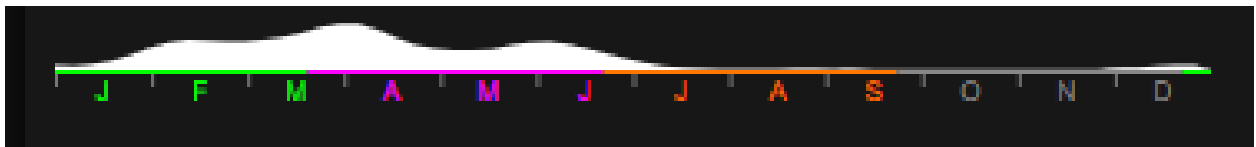


Figura 1 Época de floração *Capsella bursa-pastoris* (Flora-on, 2014)



Figura 2 *Capsella bursa-pastoris* (Flora-on, 2014)

3.2.2. *Asphodelus fistulosus*

Asphodelus fistulosus L. é uma planta anual (terófito) ou perene (hemicriptófito), também conhecida por ‘gamão-fistuloso’ (Figuras 3 e 4). Pertence à família *Xanthorrhoeaceae*, anteriormente classificada na família *Liliaceae*. É autóctone de Portugal continental e do arquipélago da Madeira. Surge em bermas de estradas, orlas agrícolas, pousios, baldios e incultos. Relata-se o aparecimento em locais algo perturbados, e em diversos tipos de substrato. Incluem-se as areias litorais. A época de floração descreve-se como de janeiro a junho, com pico em março. (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).



Figura 3 Época de floração *Asphodelus fistulosus* (Flora-on, 2014)



Figura 4 *Asphodelus fistulosus* (Flora-on, 2014)

3.2.3. *Centranthus ruber*

Centranthus ruber (L.) DC. é uma planta perene (hemicriptófito), também conhecida por 'alfinetes' ou 'cuidado-dos-homens' (Figuras 5 e 6). Pertence à família *Valerianaceae*. É autóctone de Portugal, exceto as regiões autónomas. Surge em muros e fendas de rochas, locais nitrificados, bermas de caminhos, taludes, escombreiras, muros, falésias e rochedos, geralmente em substratos calcários. A sua época de floração é de março até julho, no entanto existem relatos onde floresce em março até fins de julho, com ocasionalmente relatos de floração dispersos também em setembro, dezembro e janeiro (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

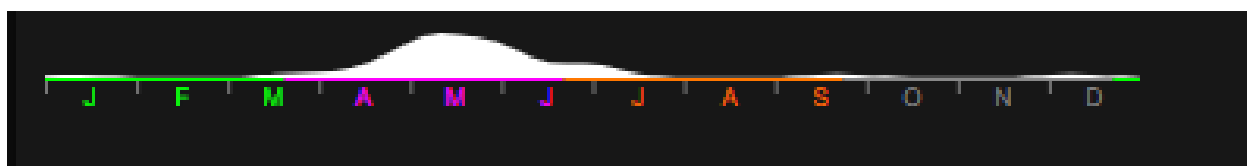


Figura 5 Época de floração *Centranthus ruber* (Flora-on, 2014)



Figura 6 *Centranthus ruber* (Flora-on, 2014)

3.2.4. *Sanguisorba verrucosa*

Sanguisorba verrucosa (Link ex G. Don) Ces. é uma planta perene (hemicriptófito), também conhecida por ‘pimpinela-menor’ (Figuras 7 e 8). Pertence à família Rosaceae. É autóctone de Portugal continental, e do arquipélago da Madeira. Surge em clareiras de matos e bosques, em taludes, baldios e em substratos pedregosos, algo perturbados. A época de floração é de abril a julho, no entanto existem relatos onde floresce desde meados de fevereiro até julho, com um pico em abril (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

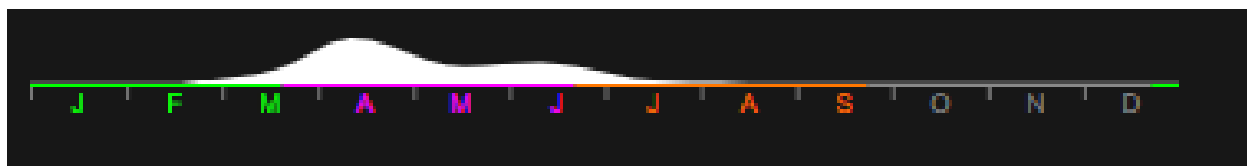


Figura 7 Época de floração *Sanguisorba verrucosa* (Flora-on, 2014)



Figura 8 *Sanguisorba verrucosa* (Flora-on, 2014)

3.2.4. *Papaver rhoeas*

Papaver rhoeas L. é uma planta anual (terófito), também conhecida por ‘papoila’ ou ‘papoila-ordinária’ (Figuras 9 e 10). Pertence à família *Papaveraceae*. É autóctone de Portugal continental, e do arquipélago da Madeira. Surge em searas, pousios, pastagens, prados, montados, olivais e por vezes comportando-se como ruderal em bermas de caminhos, baldios e entulhos. Surge ainda em substratos algo nitrificados associados ao pastoreio extensivo de ovinos. A época de floração é de abril até julho, no entanto existem relatos onde floresce desde meados de fevereiro até agosto, com pico em abril e junho (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

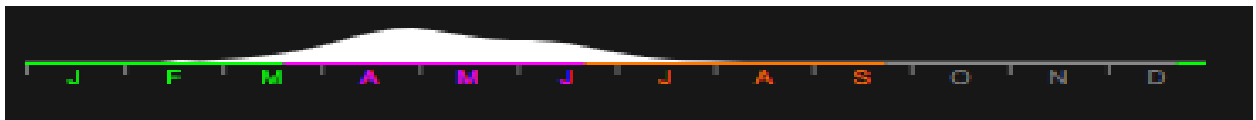


Figura 9 Época de floração de *Papaver rhoeas* (Flora-on, 2014)



Figura 10 *Papaver rhoeas* (Flora-on, 2014)

3.2.5. *Trifolium angustifolium*

Trifolium angustifolium L. é uma planta anual (terófito), também conhecida por ‘trevo-massaroco’ ou ‘rabo-de-gato’ (Figuras 11 e 12). Pertence à família *Fabaceae*. É autóctone de Portugal continental, e do arquipélago da Madeira. Surge em prados anuais, clareiras de matos, pinhais e montados, surgindo por vezes em incultos e bermas de caminhos. Ocorre geralmente em solos pobres e secos. A época de floração é de maio a julho (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).



Figura 11 Época de floração *Trifolium angustifolium* (Flora-on, 2014)



Figura 12 *Trifolium angustifolium* (Flora-on, 2014)

3.2.6. *Briza maxima*

Briza maxima L., é uma planta anual (terófito), também conhecida por 'bole-bole-maior' ou 'chocalheira-maior' (Figuras 13 e 14). Pertence à família *Poaceae*. É autóctone de Portugal continental, e do arquipélago da Madeira. Surge em prados, searas, campos agrícolas, baldios, montados, olivais e pomares de sequeiro, clareiras e orlas de matos, bosques e pinhais. Tem uma grande amplitude ecológica mas refere-se a preferência por locais secos. A época de floração é de abril a junho, no entanto existem relatos de floração a ocorrer entre março até agosto (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).



Figura 13 Época de floração *Briza maxima* (Flora-on, 2014)



Figura 14 *Briza maxima* (Flora-on, 2014)

3.2.7. *Silene scabriflora*

Silene scabriflora Brot., é uma planta anual (terófito) ou perene (hemicriptófito) (Figuras 15 e 16). Pertence à família *Caryophyllaceae*. É autóctone de Portugal continental. Surge em clareiras de matos xerofíticos, pinhais, montados de sobreiro e pastagens. Ocorre em substratos arenosos, secos. A época de floração é de abril até julho, existindo, contudo, relatos de floração a ocorrer de fevereiro até agosto (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).



Figura 15 Época de floração *Silene scabriflora* (Flora-on, 2014)



Figura 16 *Silene scabriflora* (Flora-on,2014)

3.2.8. *Stachys germanica*

Stachys germânica L. é uma planta perene (hemicriptófito) (Figura 17 e 18). Pertence à família *Lamiaceae*. É autóctone de Portugal continental. Surge em orlas e clareiras de bosques e matagais perenifólios, frequentemente em substratos calcários. A época de floração é de abril até agosto com pico em maio (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

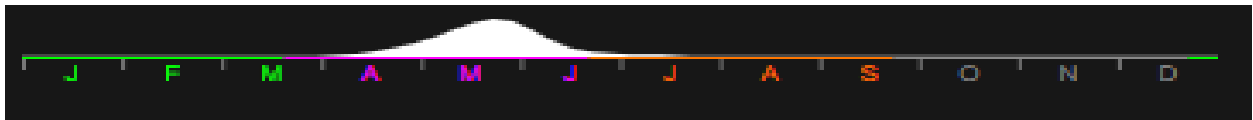


Figura 17 Época de floração de *Stachys germânica* (Flora-on, 2014)

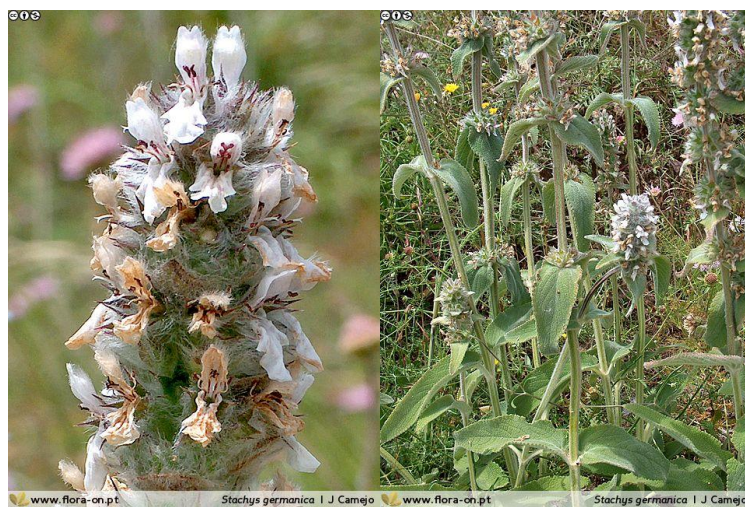


Figura 18 *Stachys germânica* (Flora-on, 2014)

3.2.9. *Teucrium scorodonia*

Teucrium scorodonia L. é uma planta perene (hemicriptófito), também conhecida por ‘escorodónia’ ou ‘salva-bastarda’ (Figuras 19 e 20). Pertence à família *Lamiaceae*. É autóctone de Portugal continental. Surge na orla de bosques caducifólias (faiais, carvalhais, freixiais) ou perenifólios (sobreirais, azinhais), raramente pinhais. Surge ainda em urzais e prados de montanha, por vezes em bermas de caminhos, margens de linhas de água, sebes, taludes rochosos e fendas de rochas. Ocorre também em lugares húmidos e sombrios, sobre substrato silicioso, arenoso ou calcário. A época de floração é de junho até setembro, com pico em maio (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

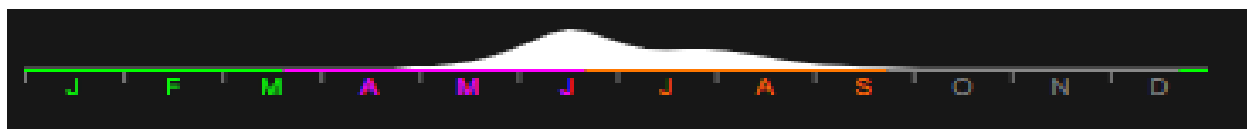


Figura 19 Época de floração de *Teucrium scorodonia* (Flora-on, 2014)



Figura 20 *Teucrium scorodonia* (Flora-on, 2014)

3.2.10. *Antirrhinum linkianum*

Antirrhinum linkianum Boiss. & Reut. é uma planta perene (hemicriptófito e caméfito – gemas de renovo acima do solo), também conhecida como ‘bocas-de-lobo’ (Figuras 21 e 22). Pertence à família *Plantaginaceae*. É autóctone de Portugal continental. Surge em fendas de rochas, cascalheiras, afloramentos rochosos, terrenos pedregosos, bermas de caminhos. Coloniza fendas de paredes. A época de floração é de abril até julho, mas relata-se floração todo o ano (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

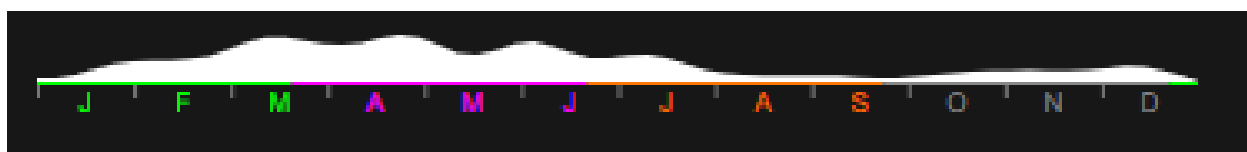


Figura 21 Época de floração de *Antirrhinum linkianum* (Flora-on, 2014)



Figura 22 *Antirrhinum linkianum* (Flora-on, 2014)

3.2.11. *Sedum sediforme*

Sedum sediforme (Jacq.) Pau. é uma planta perene (caméfito – gemas de renovo acima do solo) também conhecida como ‘erva-pinheira’ (Figuras 23 e 24). Pertence à família *Crassulaceae*. É autóctone de Portugal continental. Surge em dunas, pinhais, clareiras de matos, rochas, escarpas e muros. É colonizadora de solos pobres, arenosos ou pedregosos, geralmente básicos ou menos frequentemente, ácidos. A época de floração é de junho até setembro, mas existem relatos de floração a iniciar em abril. O pico da floração é em julho (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).



Figura 23 Época de floração *Sedum sediforme* (Flora-on, 2014)

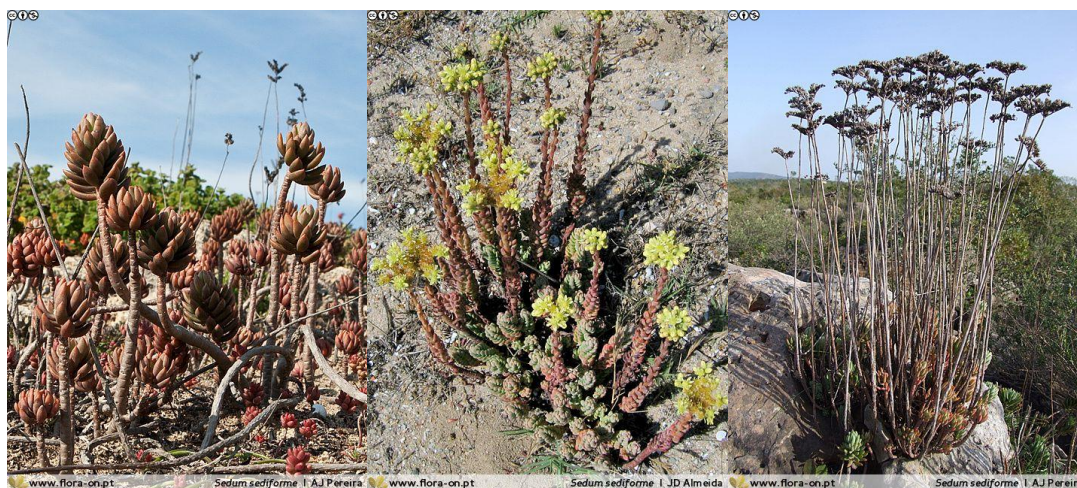


Figura 24 *Sedum sediforme* (Flora-on, 2014)

3.2.12. *Phagnalon saxatile*

Phagnalon saxatile (L.) Cass. é uma planta perene, caméfito – gemas de renovo acima do solo, também conhecida por ‘alecrim-das-paredes’ (Figura 25 e 26). Pertence à família *Asteraceae*. É autóctone de Portugal continental e da região autónoma da Madeira. Surge em fendas de afloramentos rochosos e escarpas, paredes e muros, em taludes, incultos, orlas de matagais e por vezes em bermas de caminhos. É frequente o seu surgimento em solos pedregosos e secos. A época de floração é de março, a agosto, embora se relate floração a iniciar em fevereiro. O pico da floração é no início de junho (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).

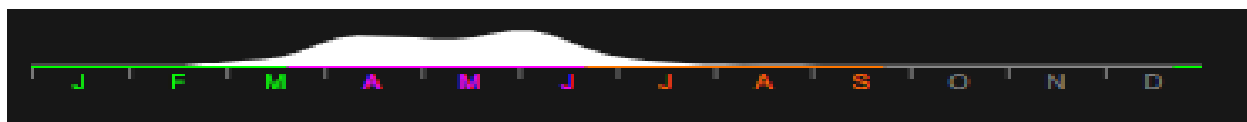


Figura 25 Época de floração de *Phagnalon saxatile* (Flora-on, 2014)



Figura 26 *Phagnalon saxatile* (Flora-on, 2014)

3.2.13. *Reichardia picroides*

Reichardia picroides (L.) Roth. é uma planta perene (hemicriptófito), também conhecida por ‘Reichárdia-dos-picos’ (Figuras 27 e 28). Pertence à família *Asteraceae*. É autóctone de Portugal continental. Surge em clareiras de matos, bermas de caminhos e de estradas, campos agrícolas incultos, arribas litorais e zonas pedregosas. Ocorre em sítios secos, frequentemente calcários. A época de floração é de fevereiro até setembro. Mas relata-se floração de setembro a julho. O pico da floração é em março (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).



Figura 27 Época de floração de *Reichardia picroides* (Flora-on, 2014)



Figura 28 *Reichardia picroides* (Flora-on, 2014)

3.2.14. *Centranthus calcitrapae* var. *calcitrapae*

Centranthus calcitrapae (L.) Dufresne. é uma planta anual (terófito), também conhecida por 'calcitrapa' (Figuras 29 e 30). Pertence à família *Valerianaceae*. É autóctone de Portugal continental e da região autónoma da Madeira. Planta com uma grande amplitude ecológica, ocorre em clareiras de matos, pinhais, e bosques, em prados nitrificados de baldios urbanos, bermas de caminhos, fissuras de paredes, muros e taludes e em campos agrícolas. Ocorre também em solos xistosos e arenosos. A época de floração é de fevereiro até agosto. Mas relata-se floração a iniciar em janeiro. O pico da floração é em abril (Flora-on, 2014; jb.utad.pt, 2018).



Figura 29 Época de floração de *Centranthus calcitrapae* (Flora-on, 2014)



Figura 30 *Centranthus calcitrapae* (Flora-on, 2014)

3.3. Dispositivos experimentais

3.3.1. Viveiro

O primeiro dispositivo experimental, realizou-se em viveiros da empresa Sigmetum, responsável pela multiplicação e desenvolvimento de plantas autóctones Portuguesas, sediada na Tapada da Ajuda, em Lisboa. O ensaio neste primeiro dispositivo visou avaliar a adaptação das plantas recolhidas em telhados e muros, utilizando substrato comercial. Desta forma, as plantas recolhidas na fachada do Palácio da Ajuda e zona envolvente, no dia 21 de março de 2017, foram transplantadas para os viveiros da *Sigmetum* nesse mesmo dia (de referir, *Reichardia picroides*, *Centranthus ruber*, *Asphodelus fistulosus*, *Antirrhinum linkianum*, *Galium aparine*, *Centranthus calcitrapae*, *Phagnalon saxatile*). Foram instaladas em alvéolos e vasos consoante a dimensão do material vegetal, utilizando substrato comercial disponibilizado pela *Sigmetum*, tendo-se de seguida procedido à rega do material vegetal por aspersão, de forma a minorar os efeitos do stress na transplantação. As plantas instaladas foram avaliadas no decorrer dos 5 meses seguintes à sua transplantação quanto à capacidade de sobrevivência à transplantação e adaptação das mesmas à utilização de substrato.

3.3.2. Tabuleiros

A segunda parte e a principal, da atividade experimental deste trabalho, foi a componente prática realizada na cobertura do Herbário “Prof. João de Carvalho Vasconcellos” localizado no Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, na Tapada da Ajuda em Lisboa, Portugal.

O dispositivo experimental utilizado consiste em 12 tabuleiros (Figura 32) com 2,5 m de comprimento por 1 m de largura, com 20 cm de profundidade e 2,5% de inclinação, de forma a potenciar a drenagem dos mesmos. Cada tabuleiro encontra-se a 1 m de altura em relação à superfície da cobertura do edifício, de forma a minimizar os efeitos do muro que a delimita, nomeadamente efeitos corta-vento e de ensombramento, conforme esquematizado na Figura 31.

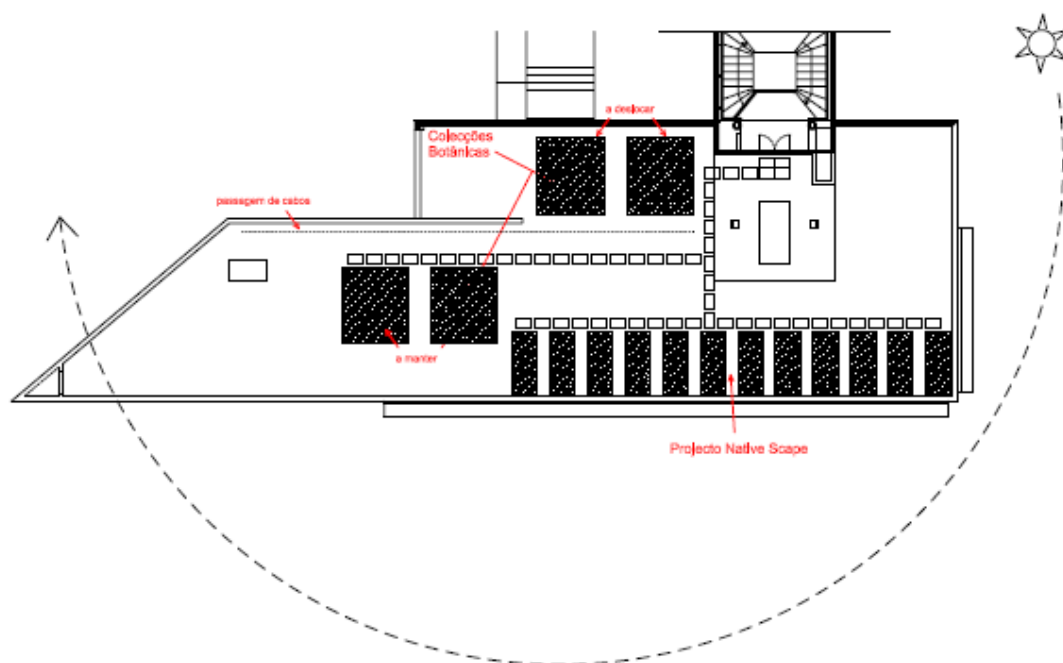


Figura 31 Esquema dos tabuleiros na cobertura do Herbário Prof. João de Carvalho Vasconcellos (Anico, 2016)



Figura 32 Imagem panorâmica dos tabuleiros.

Cada tabuleiro foi revestido com manta de proteção e retenção (SSM45 – Neoturf), elemento de drenagem (alvéolos Floradrain® FD 25E), filtro drenante SF e tubo de queda para escoamento da água resultante da drenagem. Colocou-se o substrato Siro Roof, elaborado especialmente para a utilização em coberturas verdes, à base de húmus e turfas loiras, em todos os tabuleiros, uniformemente cobrindo uma altura de 11 cm. Utilizou-se como sistema de rega o sistema gota-a-gota, com 21 gotejadores por tabuleiro e um débito de 2,3 L/h. A dotação de rega utilizada foi, conforme previamente usado por Anico (2016), calculada recorrendo à evapotranspiração de referência (ET_o), (Allen et al., 1998) onde optámos pela

utilização no caso da rega de conforto de 100% do valor de ET_o ou 60% de ET_o no caso da rega reduzida. Na Figura 33 apresentam-se os valores diários de ET_o as regas praticadas (iniciada a 16 maio 2018) e ainda a ocorrência de precipitação. Foi possível desta forma contabilizar o gasto anual de água por tabuleiro, situando-se este nos $1,6 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$ quando se utilizou 100% do valor de ET_o ou $1,1 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$ para 60% do valor de ET_o .

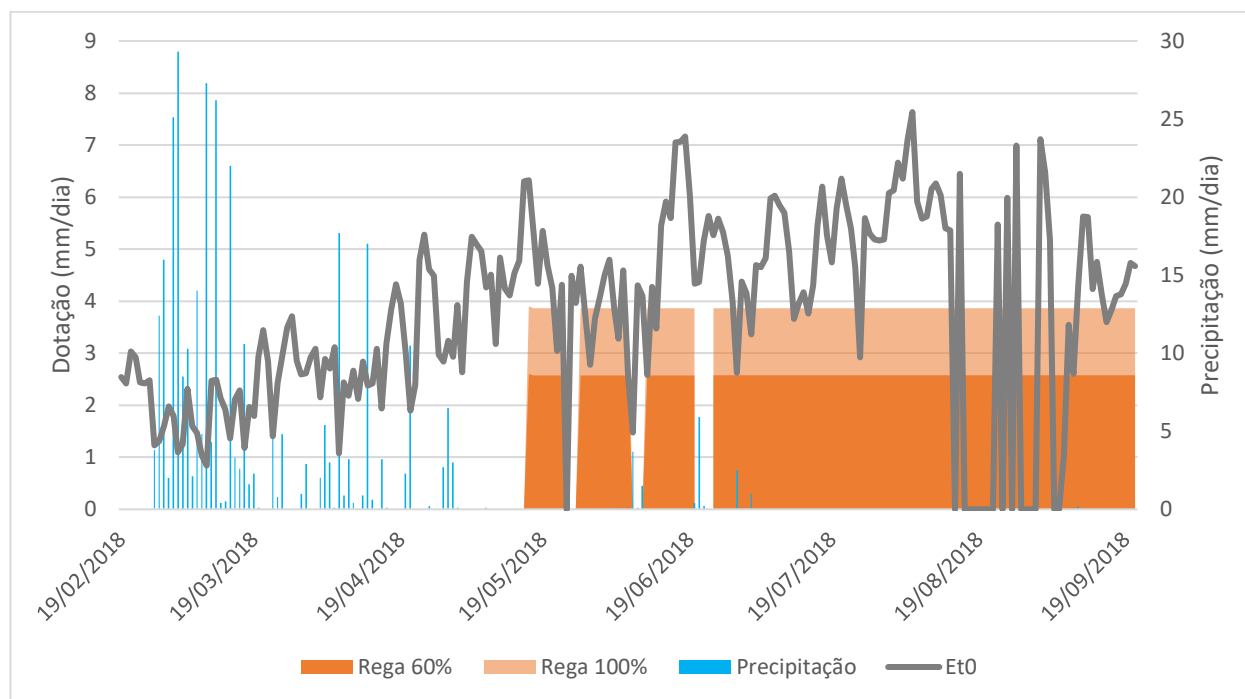


Figura 33 Esquematização da precipitação ocorrida em mm d^{-1} , de ET_o e níveis de rega utilizados para valores diários em mm d^{-1} .

O substrato comercial foi recolhido e enviado para análise. Procedeu-se inicialmente a uma análise granulométrica. Esta análise foi inconclusiva no que toca à classe textural uma vez que o substrato era constituído maioritariamente por material orgânico no entanto os valores apresentados foram de 48,7% para partículas maiores que 2 mm (elementos grosseiros), 78,1% para partículas entre os 2 mm e os 0,2 mm (areia grossa), 5,3% para partículas entre os 0,2 e os 0,02 mm (areia fina), 13,2% quando entre 0,02 e 0,002 mm (limo) e ainda 3,4% quando menores que 0,002 mm (argila). Seguidamente, com a caracterização química do substrato (Tabela 2), foi possível classificar o solo de acordo com as tabelas de fertilidade disponíveis. A fertilidade relativa ao fósforo, P_2O_5 , situa-se na classe de fertilidade “médio” (55 mg/kg ou ppm). O potássio, K_2O , apresentando valores de 678 mg/kg (ppm), situava-se na classe de fertilidade “muito alta”. (INIA, 2000)

Tabela 2 Caracterização química do substrato analisado, de referenciar a utilização do método de Sonneveld para os valores de K_2O e P_2O_5 .

	MO (%)	Azoto orgânico (g/kg)	Azoto Total (g/Kg)	K_2O (mg/kg)	P_2O_5 (mg/kg)
Amostra	71%	1.0356	1.0363	678	55

Após preparação dos tabuleiros, procedeu-se à instalação do material vegetal obtido através da empresa *Sigmatum*, previamente referida em 3.3.1, que procede à recolha de sementes autóctones da flora Portuguesa, e posteriormente faz germinação e multiplicação do material vegetal. A distribuição do material vegetal foi feita de forma a permitir posteriores comparações entre tabuleiros com diferentes tipos de rega, de acordo com as informações da Tabela 3. Com vista à tentativa de obter uma maior cobertura do substrato, decidiu-se posteriormente, no dia 23 de março, proceder à instalação de mais material vegetal, desta vez recorrendo à transplantação direta de material vegetal oriundo de recolha. No dia 1 de junho, procedeu-se novamente a instalação de material vegetal, desta vez através de sementeira direta de duas misturas de sementes, uma primeira contendo *Trifolium angustifolium*, *Brisa maxima*, *Stachys germânica*, *Teucrium scorodonia* e *Silene scabriflora*, e uma segunda mistura com *Centranthus ruber*, *Asphodelus fistulosus*, *Sanguisorba verrucosa*, *Papaver rhoeas* e *Capsela bursa-pastoris*.

A disposição do material vegetal nos tabuleiros foi feita conforme seguidamente demonstrado na Figura 34 e Tabela 3.

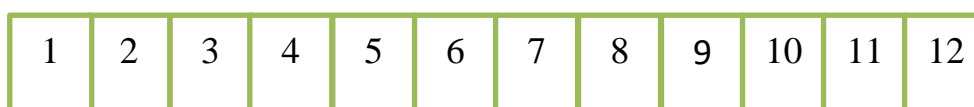


Figura 34 Esquematização da disposição numérica dos tabuleiros

Tabela 3 Esquematização do material vegetal e tipo de implementação disposta nos 12 tabuleiros.

Tabuleiro	Tipo	Espécies	Variável
1	Plantação	1 <i>Asphodelus fistulosus</i> , 2 <i>Centranthus ruber</i> , 4 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 3 <i>Sedum sediforme</i> , <i>Pleurochaete squarrosa</i> .	Rega reduzida (ETo=60%)
	Sementeira	Mistura 1	
	Transplantação	2 <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i> , 2 <i>Phagnalon saxatile</i> , 2 <i>Reichardia picroides</i> .	
2	Plantação	1 <i>Asphodelus fistulosus</i> , 2 <i>Centranthus ruber</i> , 2 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 2 <i>Sedum sediforme</i> .	Rega reduzida (ETo=60%)
	Sementeira	Mistura 1	
	Transplantação	1 <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i> , 2 <i>Phagnalon saxatile</i> , 4 <i>Reichardia picroides</i> .	
3	Plantação	1 <i>Asphodelus fistulosus</i> , 2 <i>Centranthus ruber</i> , 2 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 2 <i>Sedum sediforme</i> .	Rega reduzida (ETo=60%)
	Sementeira	Mistura 2	
	Transplantação	1 <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i> , 2 <i>Phagnalon saxatile</i> , 2 <i>Reichardia picroides</i> .	
4	Plantação	1 <i>Asphodelus fistulosus</i> , 2 <i>Centranthus ruber</i> , 2 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 2 <i>Sedum sediforme</i> .	Rega reduzida (ETo=60%)
	Sementeira	Mistura 2	
	Transplantação	1 <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i> , 2 <i>Phagnalon saxatile</i> , 3 <i>Reichardia picroides</i> .	
5	Plantação	1 <i>Centranthus ruber</i> , 2 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 2 <i>Sedum sediforme</i> , <i>Pleurochaete squarrosa</i> .	Rega reduzida (ETo=60%)
6	Tapete	Mistura 1	
7	Tapete	Mistura 2	
8	Plantação	1 <i>Asphodelus fistulosus</i> , 2 <i>Centranthus ruber</i> , 2 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 2 <i>Sedum sediforme</i> .	Rega de conforto (ETo100%)
	Sementeira	Mistura 1	
	Transplantação	2 <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i> , 2 <i>Phagnalon saxatile</i> , 4 <i>Reichardia picroides</i> .	
9	Plantação	1 <i>Asphodelus fistulosus</i> , 2 <i>Centranthus ruber</i> , 2 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 2 <i>Sedum sediforme</i> .	Rega de conforto (ETo100%)
	Sementeira	Mistura 2	
	Transplantação	2 <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i> , 2 <i>Phagnalon saxatile</i> , 4 <i>Reichardia picroides</i> .	
10	Plantação	1 <i>Asphodelus fistulosus</i> , 2 <i>Centranthus ruber</i> , 2 <i>Antirrhinum linkianum</i> , 2 <i>Sedum sediforme</i> .	Rega de conforto (ETo100%)
	Sementeira	Mistura 2	
	Transplantação	1 <i>Centranthus calcitrapae</i> var. <i>calcitrapae</i> , 2 <i>Phagnalon saxatile</i> , 3 <i>Reichardia picroides</i> .	
11	Plantação	<i>Pleurochaete squarrosa</i> .	Sem rega
12	Plantação	<i>Pleurochaete squarrosa</i> .	Sem rega

3.3.3. Tapetes de vegetação

Com o objetivo de produzir tapetes de vegetação adaptados ao clima mediterrânico, de fácil instalação e baixa manutenção, utilizou-se a manta orgânica geotêxtil composta por uma matriz de fibra de coco, reforçada por uma fina rede sintética aumentando desta forma a resistência mecânica do material. A manta utilizada foi a manta orgânica 100% fibra de coco (Ref:82) da empresa Ecosalix® (Figura 35).



Figura 35 Preparação dos tapetes pré-cultivados, detalhe geotêxtil e substrato, e detalhe sistema de rega

Uma vez obtido este material, procurámos a melhor forma de fazer aderir as sementes à manta, sem comprometer a sua faculdade germinativa. Para tal, realizámos um ensaio de aderência de sementes.

3.3.3.1. Ensaio de aderência de sementes

Realizou-se um pequeno ensaio recorrendo a técnicas muito simples, nomeadamente procedendo à utilização de materiais como a farinha e a gelatina, de forma a determinar experimentalmente a aderência das sementes ao rolo de fibra de coco, assim como a melhor forma de instalar as sementes, obtendo a melhor aderência à manta sem comprometer a qualidade germinativa das sementes. O ensaio foi iniciado no dia 17 março de 2018, e consistiu na utilização de pequenas porções da manta orgânica, colocadas em recipientes que funcionaram como barreira física, para a água e raízes no nível inferior. Elaboraram-se então algumas misturas para testar a adesão das sementes à manta orgânica. As sementes utilizadas não foram as que se selecionaram para este trabalho, sendo, no entanto, sementes de dimensões semelhantes às que pretendemos germinar e poupando assim as que seriam

objetivo do estudo. Utilizaram-se sementes de coentros, espinafres e cravo dos poetas e as misturas em teste consistiram em:

1. Farinha 1:2 água;
2. Farinha 1:4 água;
3. 60 ml água e meia folha de gelatina;
4. Farinha 1:2 água com uma folha de gelatina;
5. Farinha 1:4 água e meia folha gelatina;
6. Controlo (água).

As misturas foram então colocadas sobre as sementes previamente distribuídas na manta, através de pinceladas sobre as mesmas (Figura 36).



Figura 36 Exemplo dispositivo experimental para teste de aderência de sementes à manta geotêxtil.

3.3.3.2. Instalação dos tapetes

A instalação dos tapetes vegetais estava inicialmente prevista para ser realizada nas casas de sombra no Instituto Superior de Agronomia, onde haveria espaço para repetir cada ensaio e experimentar as diferentes misturas testadas. No entanto, conformando alguns impedimentos, optou-se pela realização dessa instalação no telhado do Herbário “Prof. João de Carvalho Vasconcellos”, sobre a tela anti-ervas existente. No entanto, esta opção condicionou também o estudo, pois a limitação de espaço apenas nos permitiu a realização de dois tapetes, cada um com uma mistura de sementes diferente. Considerando os resultados obtidos no ensaio de aderência de sementes, explicados em 4.3.1, e uma vez que a localização da instalação dos tapetes mudou, sendo agora sujeita a condições bastante menos favoráveis para a germinação, nomeadamente devido à forte exposição solar, insolação, e as elevadas temperaturas sentidas; optou-se pela substituição das misturas previamente testadas por uma pequena camada de substrato sobre a manta. Desta forma, por cima da manta anti-ervas colocou-se diretamente a manta orgânica, seguida de uma fina camada de substrato, (inferior a 1 cm) onde se colocaram as sementes, envolvendo-as ligeiramente em substrato. Instalou-se um sistema de rega por aspersão (Rainbird 10 cm,

ref11744733) com o caudal de 0,15 m³/h. Programaram-se 4 regas diárias com a duração de 3 minutos cada (de 6 em 6 horas) resultando numa dotação por tapete de 6 mm d⁻¹. Os tapetes foram instalados no dia 12 de julho de 2018. Procedeu-se nessa altura à sementeira com as duas misturas de sementes, uma em cada tapete.

Mistura 1: 30% *Trifolium angustifolium*, 30% de *Brisa maxima*, 10% de *Stachys germânica*, 20% *Teucrium scorodonia*, 10% *Silene scabriflora*.

Mistura 2: 8% *Centranthus ruber*, 24% *Asphodelus fistulosus*, 24% *Sanguisorba verrucosa*, 24% *Papaver rhoeas* e 20% *Capsela bursa-pastoris*.

3.4. Metodo de análise de dados

3.4.1. Viveiros

As plantas do viveiro foram acompanhadas visualmente ao longo de 5 meses, verificando e registando-se no final a sua sobrevivência bem como a presença ou não de desenvolvimento vegetativo.

3.4.2. Tabuleiros

3.4.2.1. Floração, produção de sementes e cor das plantas

Com o objetivo de sistematizar os dados que permitissem contabilizar as flores de cada planta e registar o seu aspeto estético num determinado período de tempo, procedeu-se ao registo fotográfico das mesmas durante um período de 7 meses [ver anexo II – Registo fotográfico (tabuleiro 1)].

Este registo permitiu observar individualmente cada planta no decorrer do período avaliado, registando-se o número de flores, a presença ou ausência de sementes, e a cor das referidas plantas. Procedeu-se depois à divisão dos dados consoante o tabuleiro e a disponibilidade hídrica facultada pelo sistema de rega, tendo-se posteriormente agrupado consoante a situação em estudo, o tipo de planta e data. Desta forma obtivemos dados relativos a cada data, para cada espécie vegetal para a situação rega de conforto, rega reduzida e rega reduzida com musgos. Efetuaram-se então médias que contabilizam o número de flores, por data, de cada espécie, tendo-se realizado análises de variância (ANOVA) com dois fatores (fator espécie e fator rega) relativo á floração das espécies, nas duas condições de rega e na condição com utilização de musgos para as diferentes datas.

Registou-se ainda a moda da presença ou ausência de sementes e da cor das plantas considerando desta forma a representação da amostra, para o período. Desta forma diferenciamos o tabuleiro 1 e 5 dos restantes com rega reduzida, por simultaneamente termos colocámos material vegetal novo e o musgo previamente utilizado no estudo de Anico (2016), de forma a obter uma comparação com as situações onde apenas foram colocadas plantas sem a consociação.

Relativamente às análises de variância efetuadas, é de referir que não conseguimos obter a normalidade dos resíduos, pensamos que por ser difícil obter um número de indivíduos na amostra suficiente para o efeito. Na ausência de normalidade, os pressupostos para a elaboração da ANOVA são violados e desta forma não validamos os resultados por elas obtidos. Assim, apenas se apresentará a comparação de resultados sem recurso à ANOVA a 2 fatores previamente descrita.

Após a observação das plantas e como forma de agrupar as diferentes colorações das mesmas, optámos por criar a seguinte escala de forma a possibilitar a comparação de valores:

- 1) Verde vivo
- 2) Verde
- 3) Verde amarelado
- 4) Amarelo
- 5) Verde amarelado e encarnado
- 6) Verde encarnado
- 7) Encarnado
- 8) Verde com zonas secas
- 9) Verde amarelado com zonas secas
- 10) Verde avermelhado com zonas secas
- 11) Verde acastanhado
- 12) Verde acastanhado com zonas secas
- 13) Seco

Os valores recolhidos são apresentados nas tabelas 11, 12 e 13 em 4.2.2.2.

3.4.2.2.Crescimento vegetativo e área verde

Para analisar e quantificar o crescimento vegetativo e área verde por data, consoante a disponibilidade hídrica, de cada espécie vegetal, procedeu-se a um registo fotográfico

durante um período de 4 meses (ver anexo I – vista superior com quadriculas), onde se registou através de fotografia digital a uma altura regular de 2,30 metros (1,30 metros acima do tabuleiro), a vista superior dos tabuleiros (Figura 37). Desta forma foi possível comparar as dimensões das plantas neste plano através da sobreposição de uma quadrícula com dimensões fixas de 2 cm x 2 cm reais, onde se procedeu a uma contagem da área ocupada pelo material vegetal. Assim sendo, foi possível obter para cada planta, de cada espécie, a variação de dimensões e consequente área verde ao longo de 4 meses. Após análise dos dados (tabelas 14, 15 e 16), estes são agrupados por espécie, consoante a disponibilidade hídrica do tabuleiro e data do registo, com vista à obtenção do valor médio do crescimento da planta e à observação da sua variação de crescimento através dos gráficos resultantes (Figura 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64 e 65).



Figura 37 Exemplo fotografia de tabuleiro para contagem de quadriculas

3.4.3. Tapetes de vegetação

O procedimento realizado nos tapetes vegetais seria idêntico ao descrito para os tabuleiros em 3.4.2 sendo apenas necessário proceder a uma identificação das espécies por se tratar de uma germinação, em oposição à prévia plantação. No entanto, como previamente relatado à data não nos foi possível analisar este tipo de dados. Desta forma iremos apenas proceder a uma apreciação da capacidade de germinação das sementes, observando a homogeneidade e comportamento em geral observado.

4. Apresentação e Discussão de Resultados

4.1. Viveiros

4.1.1. Teste de adaptação das plantas à transplantação

De acordo com os métodos explicitados em 3.3.1, as plantas instaladas no viveiro da empresa *Sigmatum* foram acompanhadas por um período de 5 meses onde se procurou testar a sua sobrevivência e adaptação em condições de viveiro. Nomeadamente, utilizando uma quantidade de substrato superior aquela onde naturalmente ocorrem e foram recolhidas.

Verificou-se que, ao longo destes 5 meses, estas plantas evidenciavam uma boa adaptação (Figura 38), com uma taxa de sobrevivência bastante elevada. Para além disso, verificou-se ainda crescimento e algum aumento de área foliar em algumas espécies vegetais nomeadamente na *Reichardia picroides* e *Centranthus ruber*. Algumas das plantas recolhidas e para as quais se testou a sobrevivência, foram posteriormente rejeitadas, por não se encontrarem dentro do grupo das plantas autóctones de Portugal e da região de Lisboa.

Com estes dados validámos a hipótese inicial, na qual se supunha que plantas autóctones, naturalmente encontradas em telhados e muros da região de Lisboa, especificamente as testadas, têm uma boa adaptabilidade a um substrato comercial. Concluiu-se que existe uma boa adaptação das plantas retiradas de telhados e muros a este tipo de substrato, não sendo a recolha de plantas encontradas em locais inóspitos uma condição limitante na seleção de espécies vegetais, tendo apenas em conta o fator substrato e a inserção em ambiente de viveiro.

Validando esta hipótese, faltaria ainda testar a adaptabilidade do material vegetal às coberturas verdes na região de Lisboa, assim como as técnicas de implementação mais eficazes. Procedeu-se então, após a validação deste teste, à experimentação que testou a adaptação destas plantas a telhados com coberturas verdes, como descrito nas secções seguintes.



Figura 38 Teste de adaptabilidade das plantas à transplantação em viveiro, comparação entre início (topo a esquerda) e fim do teste (topo à direita e nível inferior).

4.2.Tabuleiros

4.2.1.Teste de adaptação das plantas e o seu desenvolvimento em telhados

A instalação do material vegetal nos tabuleiros foi realizada de acordo com o explicitado em 3.3.2, faseadamente.

Relativamente à plantação do material oriundo de viveiro, foi possível observar uma satisfatória taxa de sucesso, sendo que em 61 plantas instaladas apenas se observou a mortalidade de 3 (2 *Centranthus ruber*, e 1 *Asphodelus fistulosus*) após dois meses da instalação. No final da amostragem, foi possível contabilizar uma mortalidade de 10 plantas (16,39% mortalidade). Contabilizando a taxa de mortalidade por espécie vegetal, apresentamos primeiramente o *Asphodelus fistulosus*, onde 6 em 7 plantas morreram ou perderam a parte aérea (85,71%), no caso do *Centranthus ruber* 3 em 15 plantas morreram (20%). Segue-se o *Antirrhinum linkianum*, onde 1 planta em 21 morreu (4,76%). No caso do *Sedum sediforme*, nenhum exemplar dos 18 morreu, apresentando uma taxa de mortalidade nula. De referir, o sucesso na sobrevivência da maioria das espécies vegetais, sem que

tenham sido sujeitas a qualquer tipo de manutenção, conforme defendido por Madre et al. (2014) para coberturas extensivas.

A Tabela 4 esquematiza a taxa de mortalidade obtida neste estudo para o material vegetal plantado.

Tabela 4 Tabela que relaciona espécie vegetal com a taxa de mortalidade em determinada data.

	12 abril 2018	21 setembro 2018
<i>Antirrhinum linkianum</i>	0%	4,76%
<i>Asphodelus fistulosus</i>	14,29%	85,71%
<i>Centranthus ruber</i>	13,33%	20%
<i>Sedum sediforme</i>	0%	0%

Nas plantas com transplantação direta os resultados obtidos diferem, tendo sido possível realizar com sucesso a transplantação quer de *Reichardia picroides*, quer de *Phagnalon saxatile*. Não se obteve, no entanto, nenhum sucesso respeitante à transplantação de *Centranthus calcitrapae*. Uma vez que estas plantas foram instaladas com o intuito de obter uma maior cobertura do substrato e que não temos exemplares plantados inicialmente oriundos do viveiro, não é possível retirar conclusões comparativas relativamente ao seu desenvolvimento. É de salientar o reduzido valor estético apresentado ao longo da observação, tendo as plantas perdido gradualmente grande parte da sua parte aérea, ficando com aspeto seco no decorrer dos registos, apesar de se manterem vivas. No entanto, será esperada uma melhor qualidade estética, no futuro, dado tratarem-se de plantas perenes, com novo crescimento na primavera (Figura 39).



Figura 39 Comparação entre uma planta transplantada, *Reichardia picroides*, à esquerda imediatamente após transplantação, e à direita em 21 de setembro

Ainda com o objetivo de obter uma cobertura do substrato satisfatória, procedeu-se à sementeira direta nos tabuleiros. Foi possível observar germinação quer na situação com rega reduzida, quer na situação com rega moderada (Figura 40). À data de término deste trabalho não foi possível contabilizar ou comparar as diferenças germinativas e de crescimento/desenvolvimento entre as diferentes misturas.



Figura 40 Pormenor de germinação de plântulas em tabuleiro.

4.2.2. Floração, produção de sementes e cor das plantas

Para uma melhor visualização e compreensão, organizámos os dados obtidos com o procedimento descrito em 3.4.2 em gráficos representativos das épocas e picos de floração de cada espécie, intercalando a informação de cada espécie plantada com a produção ou não de sementes, e a cor apresentada. Os valores utilizados na elaboração dos gráficos são mostrados nas tabelas mostradas.

Podem ser observados pormenores fotográficos das plantas no anexo III – registo fotográfico (pormenores por espécie vegetal).

4.2.2.1. Comparação entre florações em geral

Considerando a variável “floração total” a soma de todas as médias registadas para determinada espécie vegetal (valor entre parenteses) durante o período analisado (19 de fevereiro a 21 de setembro de 2018), verificamos através do gráfico da Figura 4 e da Tabela 5 que a planta que apresentou maior floração nas condições de rega reduzida foi o *Antirrhinum linkianum* (55) que registou um maior pico de floração em junho, seguida do *Sedum sediforme* (47). A planta que apresentou menor floração foi o *Centranthus ruber* (1), seguindo-se pelo *Asphodelus fistulosos* (6). A Figura 42 relaciona estes valores (Tabela 6),

também na condição de rega reduzida, mas especificamente apenas para o primeiro e quinto tabuleiro, onde se utilizou também musgos, *Pleurochaete squarrosa*.

Iremos neste caso excluir o *Asphodelus fistulosus*, por apenas possuímos um exemplar, e que se apresentou morto, na observação de 1 de junho. Objetivamente, é possível observar para o *Antirrhinum linkianum* um pico de floração inferior ao encontrado na outra situação de rega reduzida, assim como uma menor floração total (25). Também no caso do *Sedum sediforme* se apresenta um decréscimo na floração total (28). No caso do *Centranthus ruber*, é possível observar um total de floração superior (15) do que quando não se utiliza os musgos no tabuleiro.

Tabela 5 Média de floração para a situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4)

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	0	0	0	0
12/04/2018	0	0	0	0
24/05/2018	10	0,33	0,2	0,17
01/06/2018	13	1,67	0,2	4,33
15/06/2018	11,67	0	0,2	4,83
23/06/2018	4,17	1,5	0,2	7,83
03/07/2018	2,83	1	0	8,17
10/07/2018	6	1	0	10,83
24/07/2018	4,5	0	0	10,83
20/08/2018	3	0	0	0,17
31/08/2018	0	0	0	0
14/09/2018	0,2	0	0	0
21/09/2018	0	0	0,2	0
SOMATÓRIO	55,37	5,5	1	46,67

Tabela 6 Média de floração para a situação de rega reduzida com musgos (tabuleiros 1 e 5)

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	0	0	0	0
12/04/2018	0	0	0	0
24/05/2018	1,22	0	0,33	0
01/06/2018	3,89	Morte	0,67	0,17
15/06/2018	10,44	Morte	0,67	2,5
23/06/2018	3,67	Morte	1	5,6
03/07/2018	2,56	Morte	2	6,4
10/07/2018	2,38	Morte	2	7,75
24/07/2018	1,14	Morte	2	6
20/08/2018	0	Morte	1,5	0
31/08/2018	0	Morte	2	0
14/09/2018	0	Morte	1,5	0
21/09/2018	0	Morte	1	0
SOMATÓRIO	25,30	0	14,67	28,42

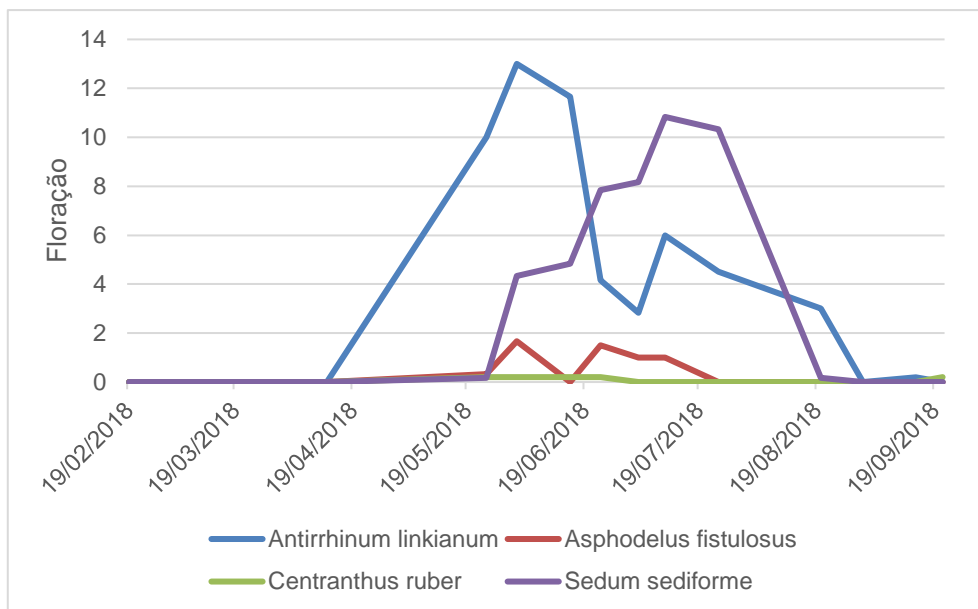


Figura 41 Valores médios de floração para cada espécie vegetal em análise, para diferentes datas, no caso da situação de rega reduzida para os tabuleiros 2 a 4.

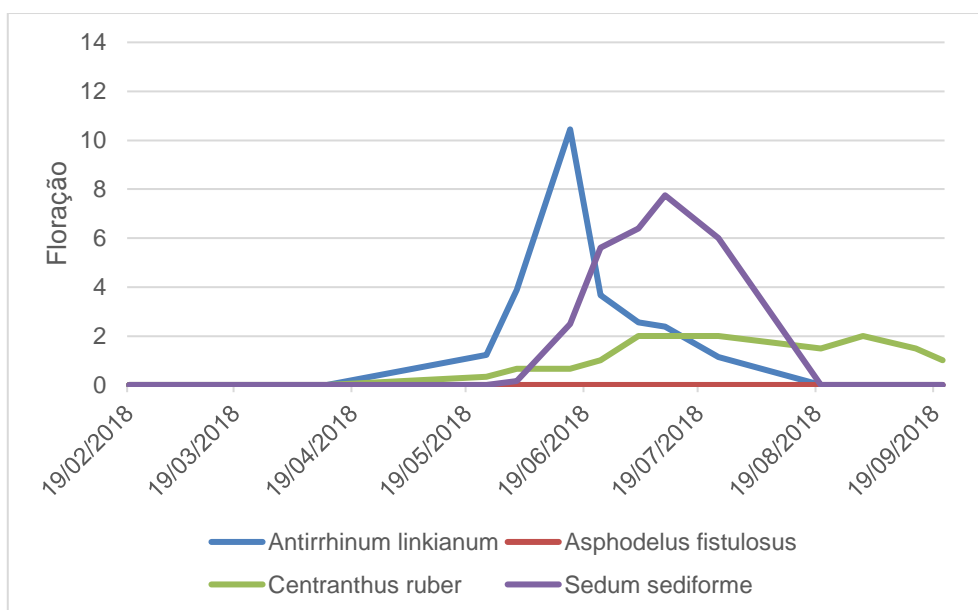


Figura 42 Valores médios de floração para cada espécie vegetal em análise para diferentes datas, no caso da situação de rega reduzida (tabuleiro 1 e 5)

A Figura 43 e a Tabela 7 apresentam os dados relativos às plantas em condições de rega de conforto, para posterior comparação de dados com os obtidos para as plantas submetidas a um nível de rega reduzido.

Tabela 7 Média de floração para a situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10)

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	0	0	0	0
12/04/2018	0	0	0	0
24/05/2018	3,5	0	0,4	4
01/06/2018	11,67	0	0,6	3,83
15/06/2018	8,5	0	0,8	4,16
23/06/2018	4,33	0	0,4	4
03/07/2018	1,83	0	0,4	4,33
10/07/2018	3,33	0	1,5	4,5
24/07/2018	5,83	0	1,75	5,5
20/08/2018	0,5	0	1,25	0,33
31/08/2018	0	0	0,75	0
14/09/2018	0	0	1	0
21/09/2018	0	0	2	0
SOMATÓRIO	39,5	0	10,85	30,67

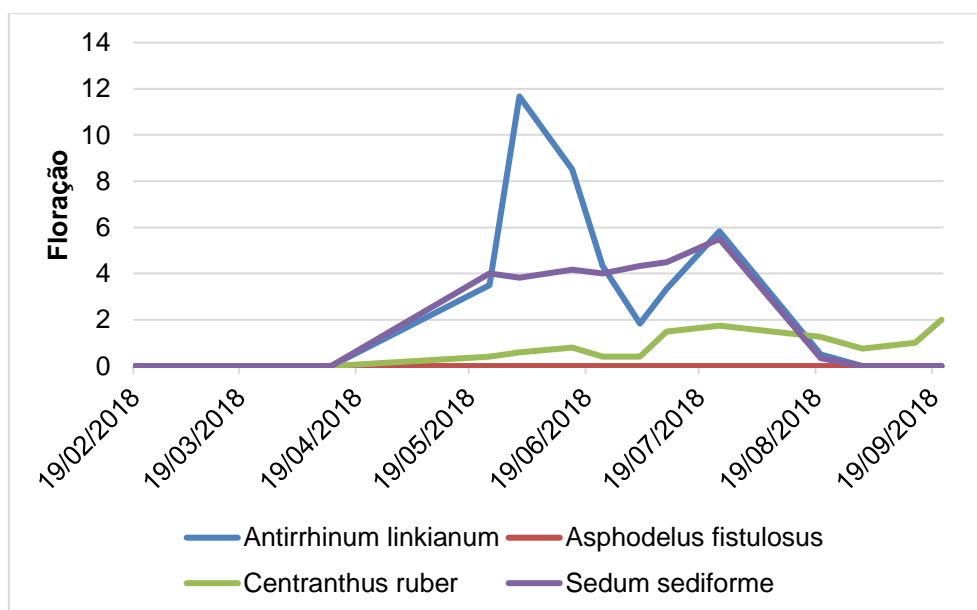


Figura 43 Valores médios de floração para cada espécie vegetal em análise para diferentes datas, no caso da situação de rega de conforto

Considerando os tabuleiros sujeitos a rega de conforto é verificável que o maior pico da floração se deu para o *Antirrhinum linkianum*, sendo que neste caso foi também este que apresentou maior floração (40). Seguidamente temos o *Sedum sediforme* (31) e o *Centranthus ruber* (11).

Em relação ao *Antirrhinum linkianum*, é possível verificar ainda que o pico da floração foi superior no caso da rega reduzida, quando comparada com a rega de conforto. No entanto, na situação rega reduzida, a floração mantém-se por mais tempo, não apresentando um segundo pico de floração tão acentuado como no caso da rega de conforto, onde se verificam dois picos claros de floração.

Os resultados da floração do *Asphodelus fistulosus* são atípicos por não apresentarem valores significativos de floração nas condições de rega de conforto. Esta questão será abordada com mais detalhe em 4.2.2.

O *Centranthus ruber* demonstrou, na situação de rega reduzida, valores de floração bastante baixos, tendo esta sido bastante próxima do valor zero. Este valor foi mais elevado na situação de rega de conforto, tendo-se observado também uma floração mais continua ao longo do período analisado, havendo um pico no final de julho.

Por fim, relativamente ao *Sedum sediforme* observamos que ele apresentou um aumento significativo da floração em situação de rega reduzida, quando comparada com a rega de conforto, apresentando um pico de floração no início de julho. Mais especificamente observamos que a floração, nesta situação de rega reduzida, se iniciou mais tardiamente em comparação com a rega de conforto, onde a floração iniciou mais cedo e com valores mais constantes, não tendo apresentado um pico de floração tão evidente.

4.2.2.2.Comparação entre florações, épocas de sementeiras e cor por espécie vegetal

Apresentamos primeiramente os dados organizados sob a forma de tabela, relativos à produção de sementes (Tabela 8, 9 e 10), onde essa produção está organizada por valores da moda resultante, 1 (presença); 0,5 (moda intermédia entre presença e ausência) e 0 (ausência), para uma maior facilidade de observação dos dados nos gráficos seguidamente mostrados.

Tabela 8 Moda de desenvolvimento de sementes, rega reduzida, tabuleiros 2 a 4 (1 presença, 0,5 moda intermédia, 0 ausência).

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
12/04/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
24/05/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
01/06/2018	0,0	0,5	0,0	0,0
15/06/2018	1,0	0,5	0,0	0,0
23/06/2018	0,5	1,0	0,0	0,0
03/07/2018	1,0	0,5	0,0	0,0
10/07/2018	1,0	1,0	0,0	0,0
24/07/2018	1,0	0,5	0,0	0,0
20/08/2018	1,0	0,5	0,0	0,0
31/08/2018	1,0	0,0	0,0	0,5
14/09/2018	1,0	0,0	0,0	0,0
21/09/2018	1,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 9 Moda de desenvolvimento de sementes, rega de conforto, tabuleiros 8 a 10 (1 presença, 0,5 moda intermédia, 0 ausência).

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
12/04/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
24/05/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
01/06/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
15/06/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
23/06/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
03/07/2018	1,0	0,5	0,0	0,0
10/07/2018	1,0	0,0	0,5	0,0
24/07/2018	1,0	1,0	1,0	0,0
20/08/2018	1,0	1,0	0,5	1,0
31/08/2018	0,5	0,0	0,5	1,0
14/09/2018	0,5	0,0	0,0	0,5
21/09/2018	0,5	0,0	0,0	0,0

Tabela 10 Moda de desenvolvimento de sementes, rega reduzida com musgo, tabuleiro 1 e 5 (1 presença, 0,5 moda intermédia, 0 ausência).

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
12/04/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
24/05/2018	0,0	0,0	0,0	0,0
01/06/2018	0,0	morte	0,0	0,0
15/06/2018	0,0	morte	0,0	0,0
23/06/2018	1,0	morte	0,0	0,0
03/07/2018	0,0	morte	0,0	0,0
10/07/2018	0,0	morte	0,0	0,0
24/07/2018	1,0	morte	0,5	0,0
20/08/2018	0,0	morte	0,5	1,0
31/08/2018	1,0	morte	0,5	0,0
14/09/2018	0,0	morte	0,5	0,0
21/09/2018	0,0	morte	0,5	0,0

Indicaremos também as variações de cor nas tabelas 11, 12 e 13, conforme a escala de cor apresentada em 3.4.2.

Tabela 11 Escala de cores para situação de rega reduzida, tabuleiros 2 a 4 (escala de cores: 1 verde vivo; 2 verde; 3 verde amarelado; 4 amarelo; 5 verde amarelado e encarnado; 6verde encarnado; 7 encarnado; 8 verde com zonas secas; 9 verde amarelado com zonas secas; 10 verde avermelhado com zonas secas; 11 verde acastanhado; 12 verde acastanhado com zonas secas; 13 seco)

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	1	1	1	1
12/04/2018	2	2	2	2
24/05/2018	2	2	6	2
01/06/2018	2	2	2	2 e 6
15/06/2018	3 e 6	2	2 e 3	6
23/06/2018	2 e 3	2	2 e 3	2
03/07/2018	2 e 8	2	6	2
10/07/2018	3 e 8	2	2	2
24/07/2018	2 e 3	2	2 e 6	2 e 6
20/08/2018	8	2	2 e 8	2 e 6
31/08/2018	8	2	8	2
14/09/2018	8	2	2	2, 6 e 8
21/09/2018	2	2	2	2, 6 e 8

Tabela 12 Escala de cores para a situação de rega de conforto, tabuleiros 8 a 10 (escala de cores: 1 verde vivo; 2 verde; 3 verde amarelado; 4 amarelo; 5 verde amarelado e encarnado; 6verde encarnado; 7 encarnado; 8 verde com zonas secas; 9 verde amarelado com zonas secas; 10 verde avermelhado com zonas secas; 11 verde acastanhado; 12 verde acastanhado com zonas secas; 13 seco)

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	1	1	1	1
12/04/2018	2 e 6	2	2	2
24/05/2018	2	2	6	2
01/06/2018	2	2	6	2
15/06/2018	2	2	2	3 e 6
23/06/2018	8	2	2	3
03/07/2018	8	2	2	3
10/07/2018	8	2	2 e 6	3
24/07/2018	8	2	2 e 6	3
20/08/2018	8	13	2	8
31/08/2018	8	morte	2 e 8	8 e 9
14/09/2018	8	morte	2	3
21/09/2018	8	morte	2 e 8	3

Tabela 13 Escala de cores para a situação de rega reduzida com musgos, tabuleiro 1 e 5 (escala de cores: 1 verde vivo; 2 verde; 3 verde amarelado; 4 amarelo; 5 verde amarelado e encarnado; 6 verde encarnado; 7 encarnado; 8 verde com zonas secas; 9 verde amarelado com zonas secas; 10 verde avermelhado com zonas secas; 11 verde acastanhado; 12 verde acastanhado com zonas secas; 13 seco)

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
19/02/2018	1	1	1	1
12/04/2018	1 e 6	1	1	1 e 2
24/05/2018	2	2	5	2
01/06/2018	2	morte	5	2
15/06/2018	2	morte	5	2
23/06/2018	2	morte	5	2 e 6
03/07/2018	2	morte	2	6
10/07/2018	2 e 6	morte	3	6
24/07/2018	2 e 9	morte	3	6
20/08/2018	6	morte	6 e 9	6 e 10
31/08/2018	6	morte	3 e 2	2 e 6
14/09/2018	13	morte	9 e 3	6
21/09/2018	13	morte	10 e 6	6

Segue-se a exposição por ordem de espécie, das épocas de floração e picos para cada grupo de tabuleiros, consoante a disponibilidade hídrica, reduzida ou de conforto, relacionando-se esta com a produção ou não de sementes considerando ainda a consociação com musgos na situação de rega reduzida (1 para presença de sementes, 0,5 para quando obtivemos igual existência e inexistência de sementes, e 0 para moda de sementes ausente).

Antirrhinum linkianum

Considerando em primeiro lugar o *Antirrhinum linkianum*, é observável que a produção de sementes se iniciou ligeiramente mais cedo e em maior quantidade, na situação de rega reduzida (Figura 44 e 46) e também na situação de rega reduzida com musgos. No entanto, em ambos os níveis de rega houve produção de sementes. Estes resultados podem suportar a conclusão de Dakin et al. (2013), que defende um aumento da fase reprodutiva e um aumento de competição entre espécies quando sujeitas a situações de *stress*, nomeadamente de stress hídrico, uma vez que a situação com menor disponibilidade hídrica apresentou maior produção de sementes e num maior intervalo de tempo. Em relação à cor predominante nas plantas, foi possível concluir que na rega de conforto, contrariamente ao que seria expectável, obtivemos um amarelecimento e secagem de determinadas zonas, mais antecipado. Desta forma, a partir de 23 de junho, registou-se o nível 8 (verde amarelado, com zonas secas) até ao final da obtenção de dados. Contrariamente, na rega

reduzida, o mesmo apenas se registou a partir de 20 agosto, tendo havido previamente moda 2 e 8, e 3 e 8, ou seja, com alguma secagem do material vegetal a surgir menos intensamente, mas mais cedo.

Comparando agora dentro das situações de rega reduzida, a utilização ou não de musgos, é possível verificar que nos tabuleiros 1 e 5 (com musgos, Figura 45) a produção de sementes de *A. linkianum* foi menor, assim como o pico de floração. Também no que toca à floração total esta foi menor (25) comparativamente à média dos tabuleiros em situação de rega reduzida sem musgos. Relativamente à escala de cores, é possível verificar a manutenção da cor verde durante mais tempo, não se manifestando tanto uma secagem do material vegetal quando se consociou a espécie com o musgo.

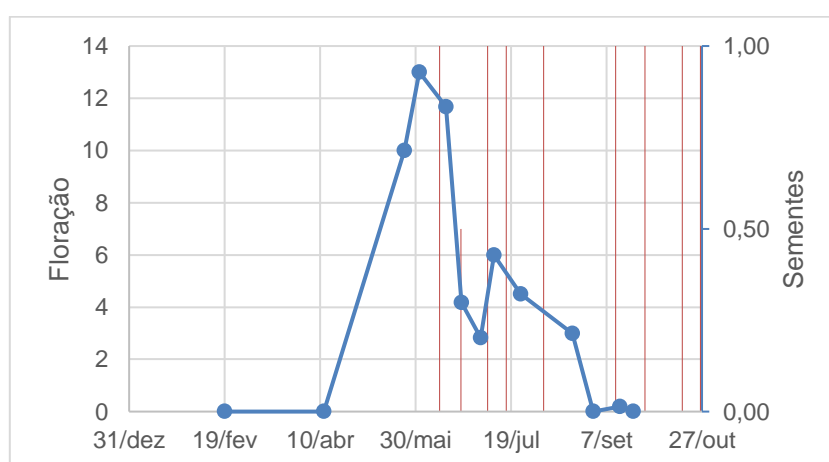


Figura 44 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Antirrhinum linkianum*, na situação de rega reduzida.

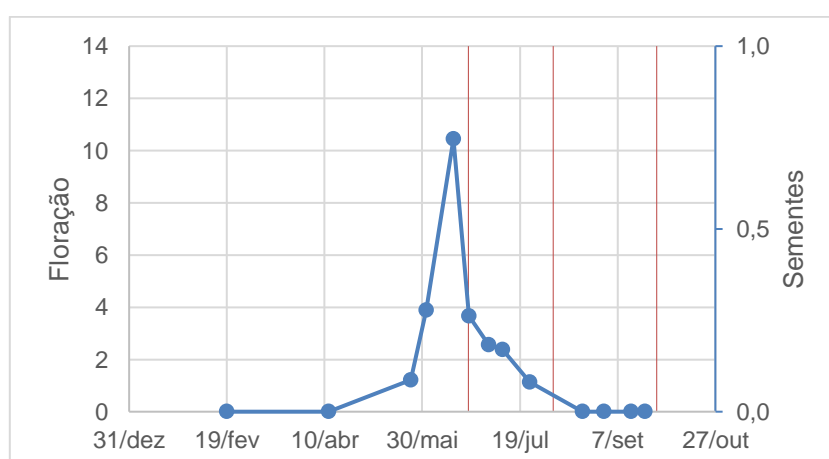


Figura 45 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Antirrhinum linkianum*, na situação rega reduzida com musgos (tabuleiro 1 e 5).

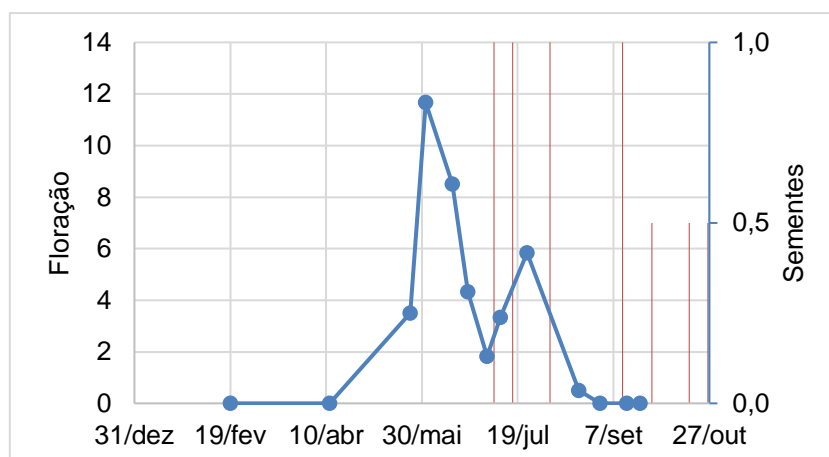


Figura 46 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Antirrhinum linkianum*, na situação rega de conforto (tabuleiro 8 a 10).

Asphodelus fistulosus

Tal como foi referenciado em 4.2.2.1, o *Asphodelus fistulosus* apresentou resultados que consideramos atípicos, principalmente por a produção de sementes se ter revelado nas condições de rega de conforto sem que tenha ocorrido a observação e registo de floração. É importante referir a possibilidade de uma floração rápida que não terá coincido com os nossos registos. No entanto, mesmo ao nível da produção de sementes, em condições de conforto hídrico (Figura 48) registou-se menor ocorrência do que em situação de rega reduzida (Figura 47), sendo que também se verificou a antecipação da produção de sementes, o que vai novamente ao encontro da hipótese de Dakin *et al.* (2013), já referida. Em termos de cor, o verde foi mantido durante praticamente todo o ciclo de vida da planta em ambas as situações.

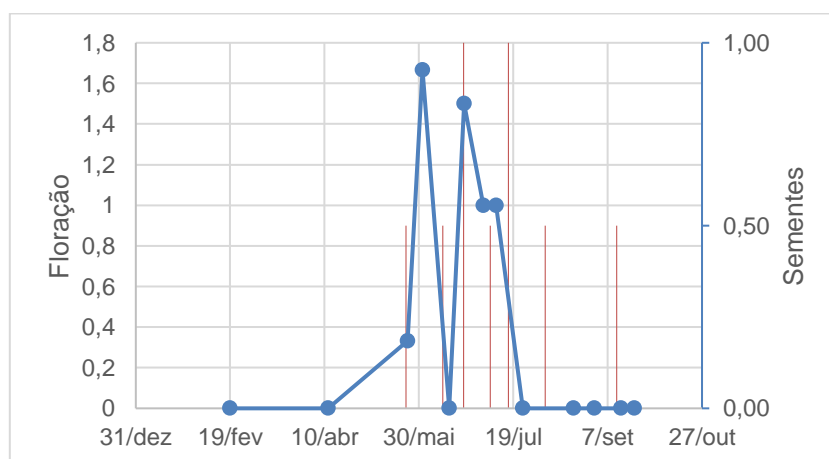


Figura 47 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Asphodelus fistulosus*, na situação rega reduzida (tabuleiros 1 a 5)

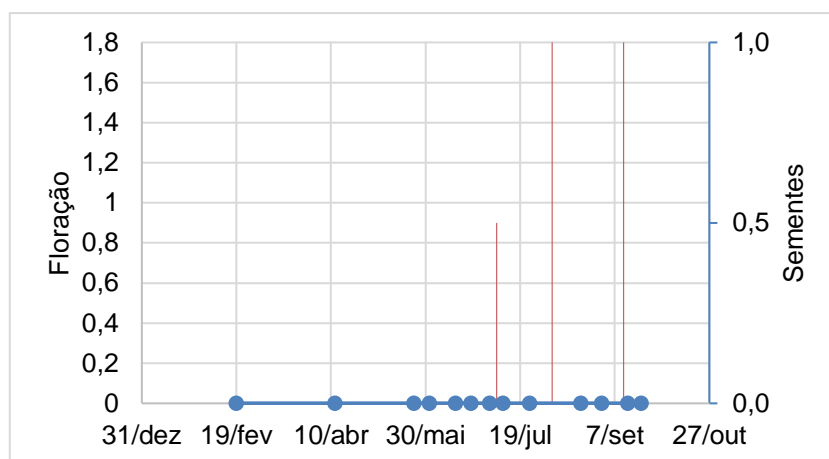


Figura 48 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Asphodelus fistulosus*, na situação rega de conforto (tabuleiro 8 a 10)

Centranthus ruber

Contrariamente aos casos anteriores, o *Centranthus ruber* apenas apresentou sementes nos tabuleiros 1 e 5 (Figura 50), no caso da rega reduzida, e com conforto hídrico (Figura 51), sendo no primeiro caso também a condição onde ocorreu mais floração. Desta forma, poderemos inferir que esta espécie, em condições de rega reduzida, não iria proliferar, excetuando quando utilizada simultaneamente com musgos, acabando possivelmente por se comprometer a sua existência e permanência na cobertura.

Relativamente à cor, considerando a rega reduzida, verificou-se uma mudança do verde para o nível 6 (encarnado) logo no dia 24 de maio, retomando depois o nível 2 (verde). Nos dias 15 e 23 de junho registou-se coloração de nível 2 e 3, correspondente a verde e a verde amarelado. Dia 3 julho registou-se cor verde encarnado (nível 6) retomando novamente o nível 2, verde, em 10 julho. Em 24 de julho registou-se níveis 2 e 6 (verde e verde encarnado), seguindo-se em 20 agosto os níveis 2 e 8 (verde e verde amarelado com zonas secas). Em 31 de agosto o registo foi de nível 8 (verde amarelado com zonas secas), retomando em 14 setembro até ao final o nível 2 (verde). Comparando com a situação de rega reduzida com musgos é observável uma predominância do nível 5 (verde amarelado e encarnado) sendo observável também uma maior secagem do material vegetal nas últimas datas da amostragem.

Considerando a rega de conforto registou-se coloração verde de nível 2 na maior parte do tempo, realça-se ainda o surgimento de coloração de nível 6 (encarnado) no fim de maio e início de junho, bem como coloração de nível 2 e 6 (verde encarnado) nos dias 10 e 24 de julho. Por fim no dia 31 agosto e 21 setembro regista-se coloração de nível 2 e 8 (verde e verde amarelado com zonas secas).

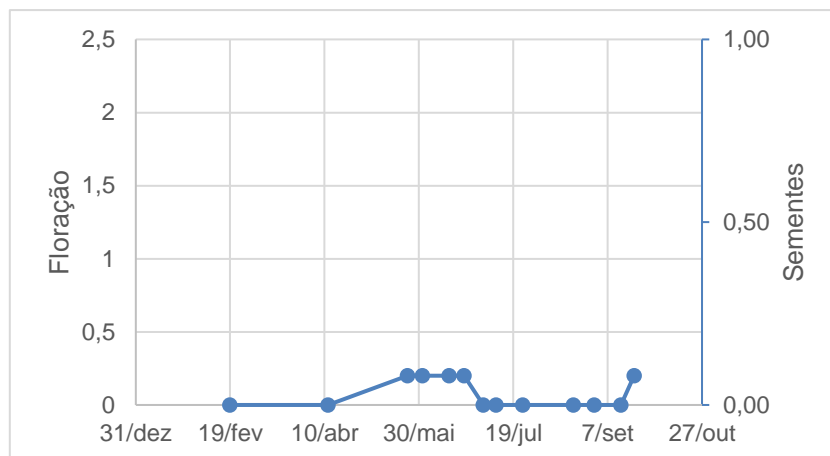


Figura 49 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Centranthus ruber*, na situação rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).

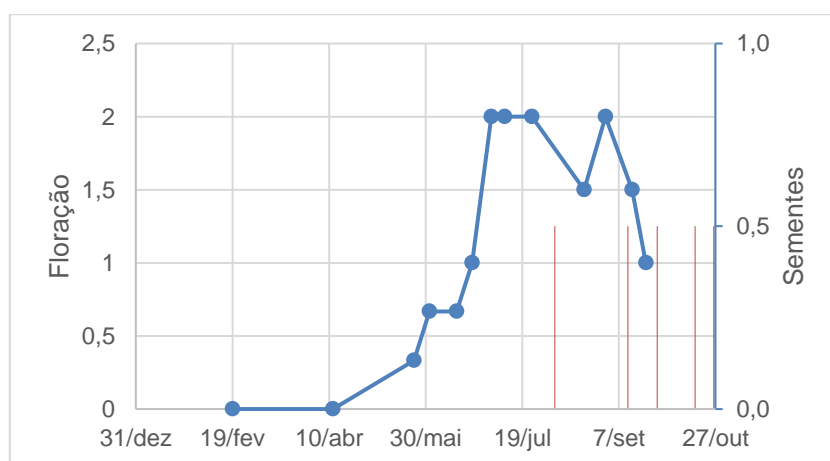


Figura 50 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Centranthus ruber*, na situação rega reduzida (tabuleiro 1 e 5)

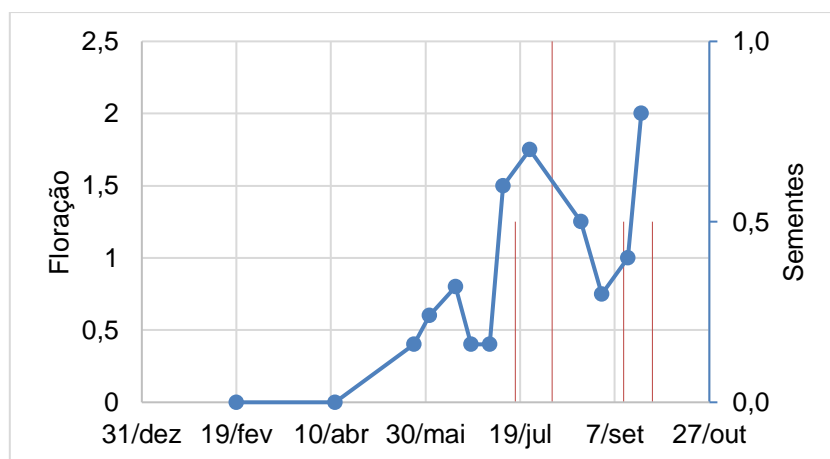


Figura 51 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Centranthus ruber*, na situação rega de conforto (tabuleiros 8 a 10).

Sedum sediforme

Por fim, relativamente ao *Sedum sediforme*, é possível verificar a antecipação da produção de flores na situação de conforto (Figura 54), e da produção de sementes, quando comparado com a situação de rega reduzida (Figura 52 e 53). Desta forma observou-se um maior número de sementes com rega de conforto e mais floração com rega reduzida.

A coloração variou ao longo do período analisado, no entanto, no caso da rega reduzida este oscila maioritariamente entre nível 2 (verde) e nível 6 (encarnado) sendo observável um comportamento semelhante também no caso da utilização conjunta com musgos. Na rega de conforto há uma pequena variação de tonalidades, dando-se a oscilação entre o nível 2, verde, o nível 3, verde amarelado e pontualmente os níveis 6, 8 e 9, encarnado, verde amarelado com zonas secas e verde avermelhado com zonas secas, respetivamente. Assim é notável uma predominância do nível 3, verde amarelado, ao contrário do que se observava nas situações de rega reduzida onde existe uma variação da coloração com tendência para o verde avermelhado (6).

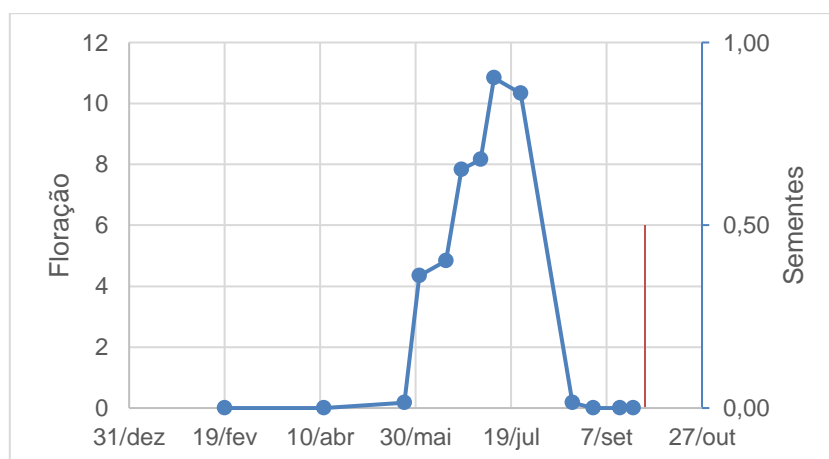


Figura 52 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Sedum sediforme*, na situação rega reduzida (tabuleiros 2 a 4)

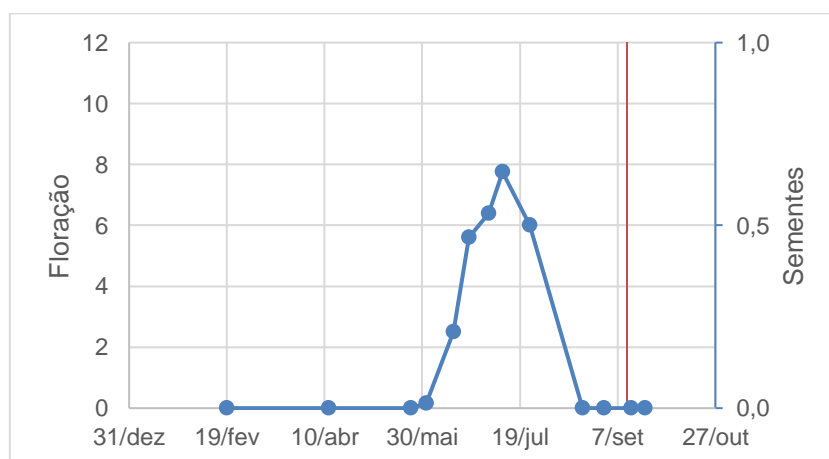


Figura 53 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Sedum sediforme*, na situação rega reduzida (tabuleiro 1 e 5)

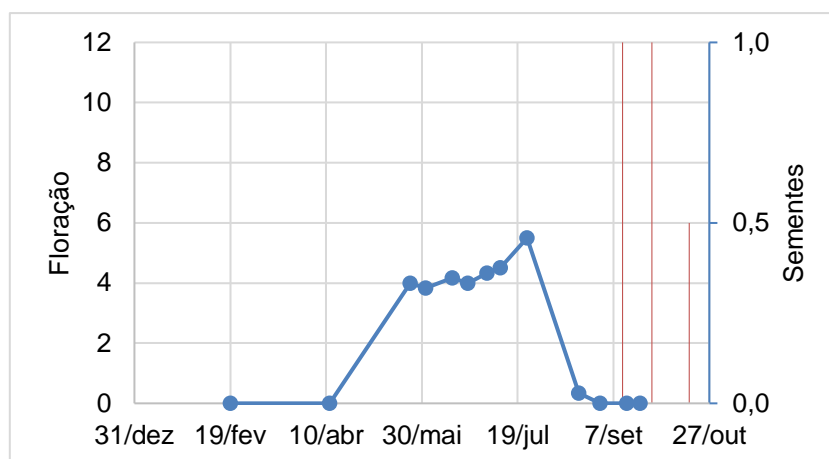


Figura 54 Floração (linha azul) e produção de sementes (barras vermelhas), para *Sedum sediforme*, na situação rega de conforto (tabuleiro 8 a 10)

Após análise destes resultados é possível verificar que, de forma geral, os dados obtidos sugerem um aumento quantitativo da floração com a diminuição da rega fornecida ao sistema, suportando a ideia do estudo prévio onde a diminuição do nível de rega não comprometeu o valor estético do material vegetal (Anico, 2016). De referir a diferença, no caso do *Centranthus ruber*.

Também no que toca à produção de sementes, o aumento da disponibilidade hídrica não se mostrou vantajosa para todas as espécies, nomeadamente para o *Antirrhinum linkianum* e para o *Asphodelus fistulosus*, que apresentaram maior produção de sementes no caso de rega reduzida. Para estas, a diminuição da disponibilidade hídrica não tenderá a diminuir a capacidade de ressementeira das plantas, fator de elevada importância segundo Sutton (2015).

4.2.3.Crescimento vegetativo

A presente secção relaciona o crescimento vegetativo do material vegetal no período de 15 de junho até 21 de setembro de 2018. Tal como previamente explicado em 3.4.2.2, os dados obtidos são relativos à quantificação em quadrículas de 2 por 2 cm do tamanho real apresentado pelas plantas na vista aérea. Apresentam-se seguidamente as tabelas com esses dados, organizados por espécie vegetal e data, segundo as disponibilidades hídricas dos tabuleiros (Tabelas 14, 15 e 16).

Tabela 14 Tamanho em quadrículas para a situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4), entre parêntesis, o número de plantas usados na contabilização de cada valor médio.

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
15/06/2018	84 (6)	2,5 (2)	32,6 (5)	50,3 (6)
24/07/2018	70,2 (6)	3 (2)	34,4 (5)	50 (6)
20/08/2018	58 (6)	2 (2)	44,2 (5)	29,3 (6)
21/09/2018	17 (3)	1	57,3 (3)	24,5 (4)

Tabela 15 Tamanho em quadrículas para a situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10) entre parêntesis, o número de plantas usados na contabilização de cada valor médio.

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
15/06/2018	88,5 (6)	1 (2)	23 (5)	43,5 (6)
24/07/2018	73,5 (4)	0 (0)	30,33 (3)	61,75 (4)
20/08/2018	52,67 (6)	0 (0)	26 (3)	43,17 (6)
21/09/2018	51,67 (6)	0 (0)	60,25 (4)	33,17 (6)

Tabela 16 Tamanho em quadrículas para a situação de rega reduzida (tabuleiros 1 e 5) entre parêntesis, o número de plantas usados na contabilização de cada valor médio.

DATA	ANTIRRHINUM LINKIANUM	ASPHODELUS FISTULOSUS	CENTRANTHUS RUBER	SEDUM SEDIFORME
15/06/2018	64,4 (9)	morte	30 (3)	35,8 (4)
24/07/2018	31,4 (9)	morte	44,5 (2)	33,3 (4)
20/08/2018	13 (9)	morte	48 (2)	26,3 (3)
21/09/2018	7,3 (4)	morte	42,5 (2)	9,3 (3)

Os dados obtidos permitiram ainda relacionar a época e pico de floração com a área verde (dimensão) das plantas. Para uma maior sistematização organizámos os gráficos por espécies vegetais, de forma a facilitar a comparação dos dados consoante as condições nos tabuleiros.

Antirrhinum linkianum

Considerando primeiramente o *Antirrhinum linkianum*, nas Figuras 55 e 56 é possível observar a diminuição de área verde coincidente com os meses de maior calor. Comparando com a situação de rega de conforto (Figura 57) é notório o efeito do *stress* hídrico na manutenção da área verde da espécie. De referir ainda esta diminuição ser superior no caso do tabuleiro 1 e 5 (Figura 56), quando comparado com a situação geral de rega reduzida (Figura 55). Ou seja, a utilização de musgos não beneficiou a manutenção da área verde da espécie quando o *stress* hídrico se verificou com mais intensidade.

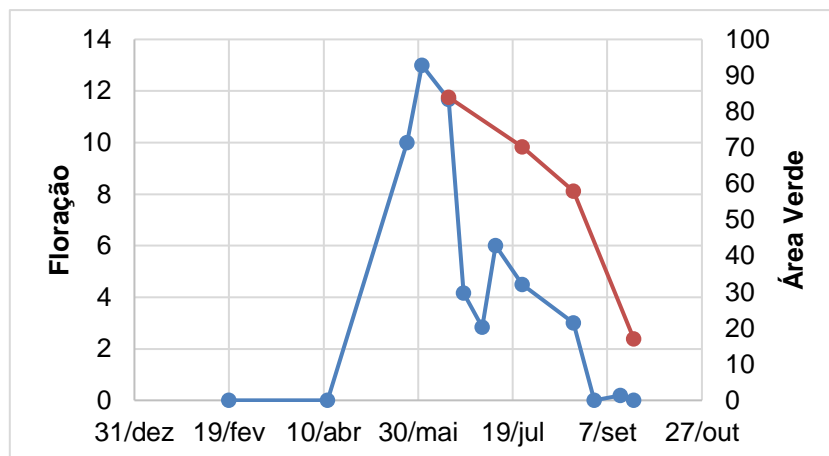


Figura 55 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Antirrhinum linkianum*, na situação rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).

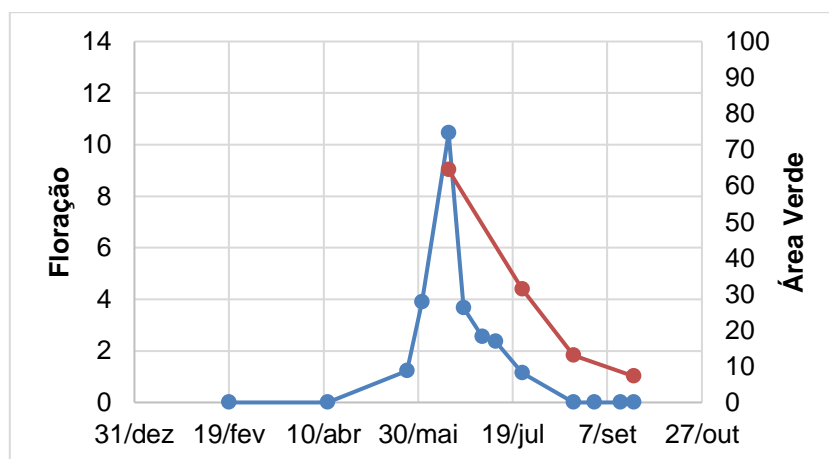


Figura 56 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Antirrhinum linkianum*, na situação de rega reduzida (tabuleiro 1 e 5).

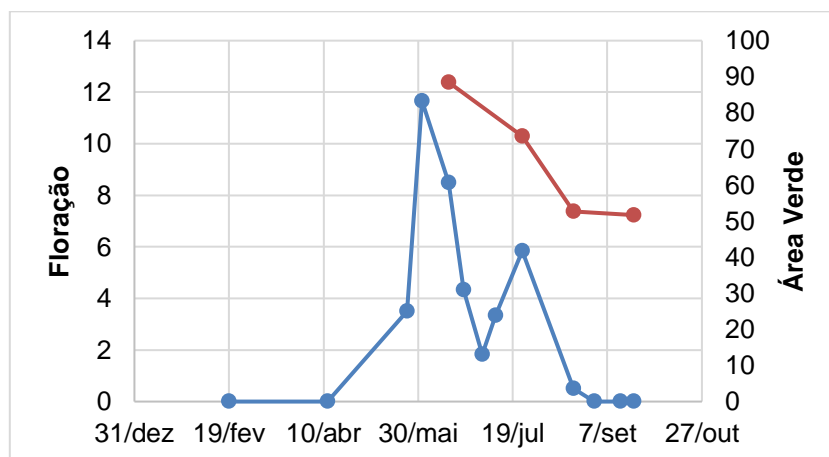


Figura 57 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Antirrhinum linkianum*, na situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10).

Asphodelus fistulosus

O caso do *Asphodelus fistulosus* é de mais difícil comparação, pois a elevada mortalidade na situação de conforto (Figura 59) traduziu-se apenas numa data mensurável para a área verde. Assim sendo, apenas com uma observação não será possível retirar conclusões. No entanto, no caso da rega reduzida (Figura 58), é possível verificar uma redução da área verde após o término da floração.

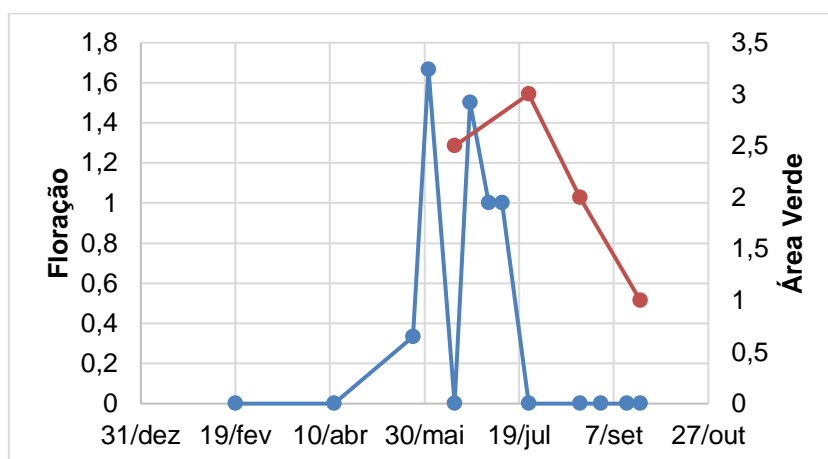


Figura 58 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Asphodelus fistulosus*, na situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).

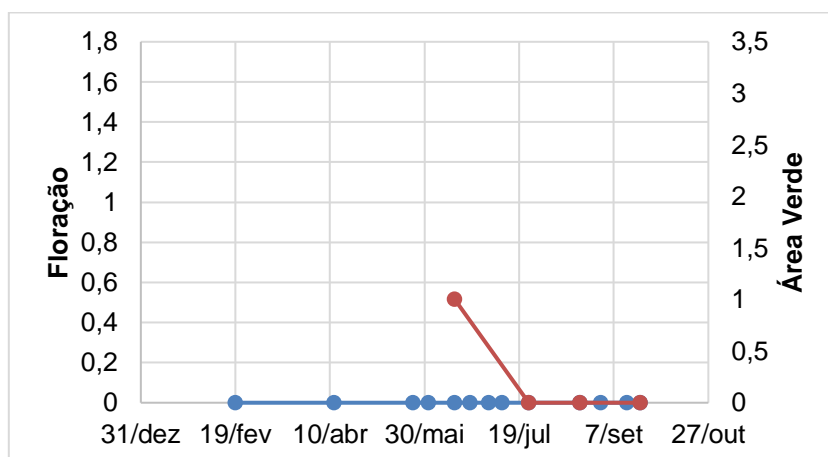


Figura 59 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Asphodelus fistulosus*, na situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10).

Centranthus ruber

Relativamente ao *Centranthus ruber*, é possível observar um aumento da área verde, seja no caso da rega reduzida (Figura 60), seja na rega de conforto (Figura 62). A diferença é pequena, respetivamente à dimensão da planta quando aumentamos a rega do nível reduzido para o nível de conforto. No entanto, como já foi referido anteriormente, existe quebra no total de floração na situação de rega reduzida, quando não são utilizadas consociações de musgos. De referir ainda a maior área verde nas situações de rega

reduzida, quando comparada com a rega de conforto, excetuando no termino das observações, dia 21 de setembro de 2018.

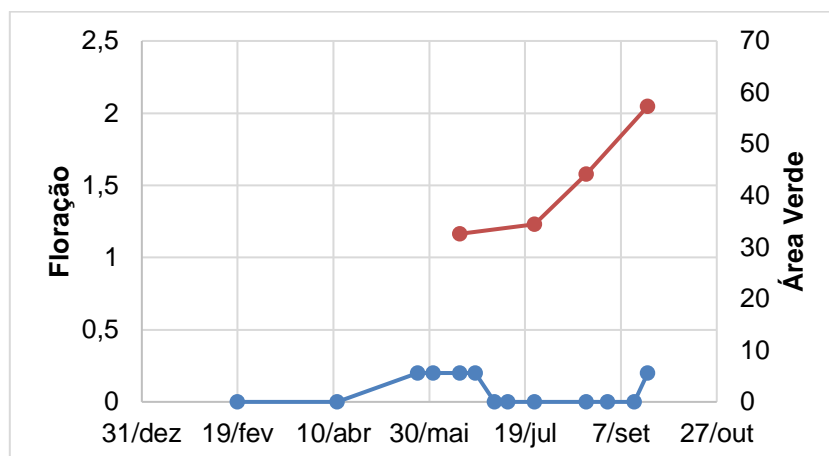


Figura 60 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Centranthus ruber*, na situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).

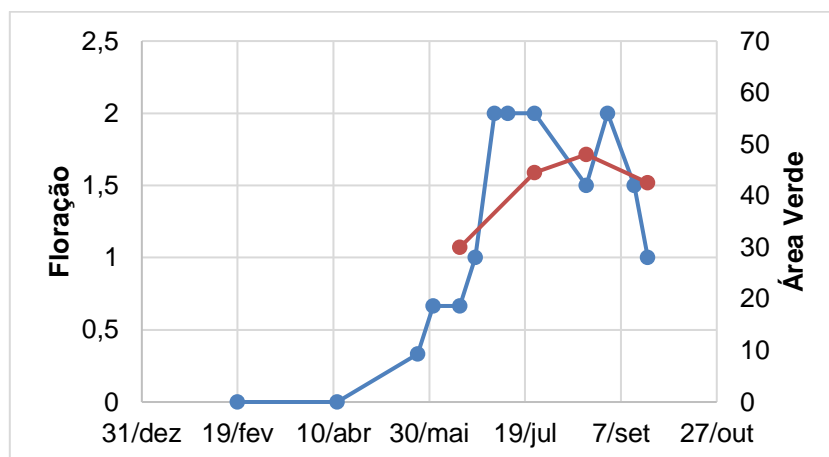


Figura 61 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Centranthus ruber*, na situação de rega reduzida (tabuleiros 1 e 5).

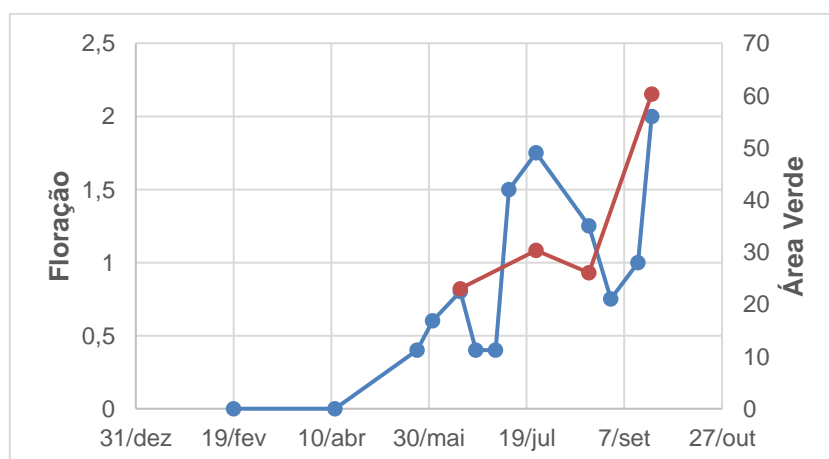


Figura 62 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Centranthus ruber*, na situação rega de conforto (tabuleiros 8 a 10)

Sedum sediforme

Por fim, o *Sedum sediforme*, no caso da rega reduzida (Figura 63), apresenta uma pequena estabilização na sua dimensão, no início da época de maior calor. Contrariamente, no caso da rega de conforto (Figura 65), há um aumento considerável neste mesmo período, seguindo-se uma diminuição quantitativa semelhante à situação de rega reduzida. O comportamento observado quando se utilizou musgos assemelha-se ao comportamento observado nas condições de rega reduzida, sendo no entanto a redução de área verde mais suave (Figura 64).

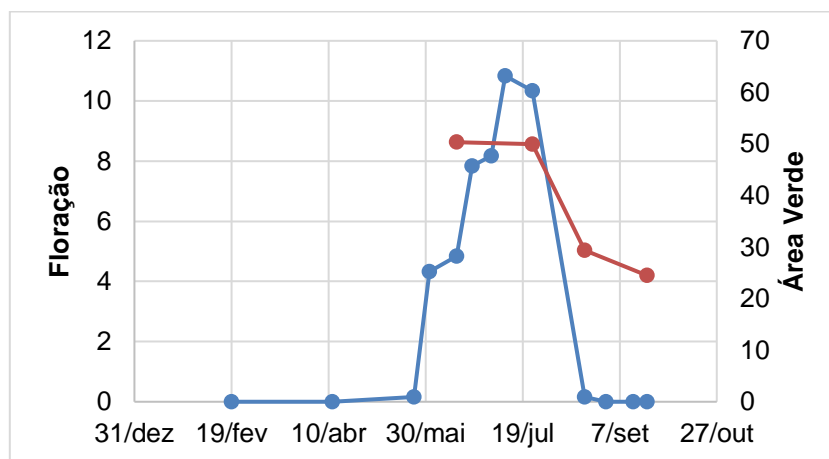


Figura 63 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Sedum sediforme*, na situação de rega reduzida (tabuleiros 2 a 4).

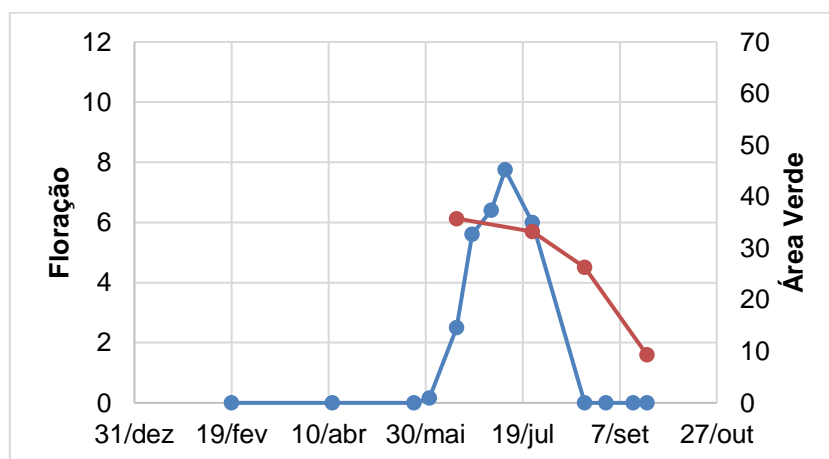


Figura 64 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Sedum sediforme*, na situação de rega reduzida (tabuleiros 1 e 5).

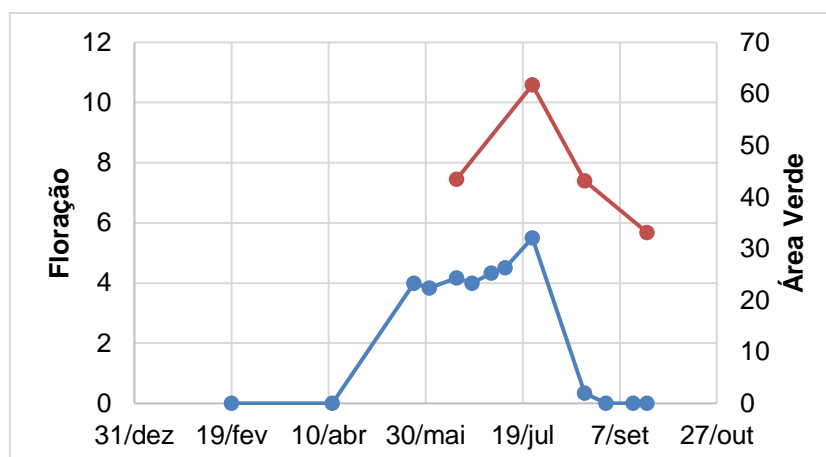


Figura 65 Floração (linha azul) com a dimensão da planta (em quadrículas, linha laranja), para *Sedum sediforme*, na situação de rega de conforto (tabuleiros 8 a 10)

4.3. Tapetes

4.3.1. Ensaio de aderência de sementes

O ensaio de aderência de sementes foi realizado tal como descrito em 3.3.1. Os resultados obtidos são esquematizados de forma simples na Tabela 17:

Tabela 17 Resultados obtidos nas diferentes misturas do ensaio de aderência de sementes

Tipo de mistura	Farinha 1:2 água	Farinha 1:4 água	60 ml água e meia folha de gelatina	Farinha 1:2 água com uma folha de gelatina	Farinha 1:4 água e meia folha de gelatina	Controlo (água)
Resultados	Sem germinação, desenvolvimento de fungos.	Germinação	Germinação reduzida	Sem germinação, desenvolvimento de fungos.	Sem germinação	Germinação

Estes resultados provaram a aderência das sementes com as colas fabricadas. No entanto, estas colas comprometeram a faculdade germinativa das mesmas na maioria dos casos. Apenas as situações mais diluídas se apresentaram viáveis. Assim, considerou-se que o processo que alcançou sucesso foi apenas o caso em que se utilizou farinha 1:4 água, em que se verificou uma germinação comparável com o controlo, onde apenas se colocou água. Reparou-se ainda, no entanto, que após germinação as plântulas acabam por morrer dada a incapacidade de retenção de água do meio (manta orgânica e mistura). Dados os resultados

alcançados e não havendo vantagem clara na utilização da opção farinha 1:4 água, face ao controlo, optou-se por utilizar no ensaio em escala real apenas a manta orgânica e substrato, de forma a manter a humidade necessária para a germinação e sobrevivência das sementes, tal como detalhado em 3.3.3.1.

4.3.2. Instalação dos tapetes

Relativamente à instalação dos tapetes, os resultados obtidos relativos ao material vegetal dizem respeito a uma fase de desenvolvimento inicial, dado que o período de realização da tese não permitiu uma observação mais prolongada. É importante considerar a data de sementeira e associar ao baixo desenvolvimento vegetativo obtido. No entanto é possível retirar algumas conclusões sobre os tapetes, independentemente das plantas que terão contribuído para estes resultados, dado ser difícil a identificação das mesmas no estado inicial de desenvolvimento em que se encontram.

Foi possível verificar a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas, tendo-se observado que a cobertura do substrato pela vegetação foi aproximadamente de 40 %, à data da última observação. Obtiveram-se maioritariamente focos de germinação (Figura 68). É importante referir que não nos foi possível eliminar certos fatores que afetam a germinação, como a presença de aves no espaço, que facilmente procedem ao revolvimento do substrato ou à ingestão de sementes. Como referido, também não nos foi possível proceder à identificação das espécies que de facto germinaram, dado o estado inicial de desenvolvimento e a data para a realização deste trabalho, mas observaram-se as diferenças entre as duas misturas utilizadas (Figura 66).



Figura 66 Pormenor sobre germinação nos tapetes (mistura 1 e 2).

Confirmou-se a aderência das plântulas à manta orgânica, uma vez que o sistema radicular se desenvolveu na sua maioria por baixo desta, tendo a parte aérea por cima da manta e da fina camada de substrato (Figura 67). Mostrou-se possível a remoção do tapete,

mantendo-se o material vegetal aderido à manta. A camada de substrato é parcialmente removida com esta operação, sendo possível uma colocação posterior da manta orgânica sobre a cobertura.

Cerca de um mês após a sementeira, já era possível observar germinação e algum crescimento vegetativo (Figura 66 e 68) e ao fim de dois meses verificou-se o atravessamento do sistema radicular para a zona inferior à manta, tendo-se contabilizado para que tal aconteça um gasto total de água de rega de $0,93 \text{ m}^3/\text{tapete}$ ($0,0150 \text{ m}^3/\text{tapete}/\text{dia}$).



Figura 67 - Pormenor do desenvolvimento radicular nos tapetes.



Figura 68 - Vista aérea dos tapetes, pormenor germinativo.

5. Conclusões

O presente trabalho aborda o estudo da adaptabilidade de algumas plantas autóctones, naturalmente colonizadoras de telhados e muros da região de Lisboa e a sua utilização em coberturas verdes, comparando o seu comportamento quando sujeito a diferentes condições hídricas e avaliando fatores como a época e intensidade de floração, produção de semente e aspeto visual, cor e dimensão. Permitiu também contribuir para a avaliação das técnicas de implementação de vegetação mais adequadas, incluindo aqui os tapetes desenvolvidos, as plantas semeadas, transplantadas e plantadas, assim como os possíveis efeitos na vegetação. Pretendeu-se desta forma encontrar possíveis soluções para o estabelecimento de coberturas verdes em regiões de verões quentes e secos, como o sul da Europa, minimizando as necessidades de rega, nomeadamente através da utilização deste tipo de plantas autóctones, naturalmente adaptadas a meios com recursos escassos e clima exigente.

A análise detalhada dos resultados e a sua discussão permitiu-nos chegar a algumas conclusões que de seguida elencamos:

- As plantas colonizadoras de telhados e muros da região de Lisboa, por nós recolhidas e transplantadas para o viveiro da empresa *Sigmatum*, apresentaram em geral um bom desenvolvimento vegetal, tendo aumentado significativamente a sua dimensão de parte aérea, levando-nos a inferir que plantas recolhidas em locais inóspitos podem apresentar boa adaptação ao substrato comercial e desenvolvimento adequado.
- Relativamente ao material vegetal oriundo do viveiro *Sigmatum* (*Asphodelus fistulosus*, *Centranthus ruber*, *Antirrhinum linkianum*, e *Sedum sediforme*) que foi plantado nos tabuleiros, foi possível verificar também a sua adaptação à utilização em cobertura, tendo-se verificado uma taxa de mortalidade global de 16,39%, sendo a espécie que maior taxa de mortalidade apresentou o *Asphodelus fistulosus* (85,71%), seguindo-se o *Centranthus ruber* (20%), o *Antirrhinum linkianum* (4,78%) e por fim o *Sedum sediforme* (0%).
- Considerando o material vegetal colocado nos tabuleiros através de recolha e transplantação direta, foi possível observar sucesso na transplantação, exceto no caso de *Centranthus calcitrapae*. Contudo o comportamento do material vegetal foi diferente em relação ao observado após recolha e instalação em viveiro, na medida em que não se deu um grande aumento da área verde, tendo-se observado, pelo contrário, um grande decréscimo da área verde aquando do aumento da temperatura, provavelmente relacionado com a exposição a condições ambientais mais exigentes.

- No que diz respeito ao material vegetal semeado, foi possível verificar apenas a germinação, colocando-se a possibilidade de sementeira direta. No entanto, o fraco crescimento relacionado com a época de sementeira não nos permitiu quantificar ou qualificar atempadamente a germinação.
- Em relação aos tapetes vegetais, testaram-se misturas que aderem o material vegetal à manta geotêxtil utilizada, nomeadamente a utilização de farinha 1:4 água, verificando-se, no entanto, a secagem do material vegetal pouco depois da sua germinação, sugerindo que a falta de capacidade de armazenamento de água do meio comprometeu o desenvolvimento vegetativo. Por esta razão, procedemos ao desenvolvimento de tapetes utilizando uma fina camada de substrato sobre a manta. Nesta foi então possível observar uma germinação e manutenção do material vegetal. No entanto, à data de entrega deste trabalho, não foi possível proceder a uma análise quantitativa e qualitativa da germinação, pois o material vegetal ainda apresenta dimensão bastante reduzida. Foi apenas possível determinar o sucesso destes tapetes pois efetivou-se a aderência do material vegetal à manta orgânica, com a passagem do sistema radicular para o plano inferior ao tapete.

Especificamente em relação às plantas introduzidas por plantação, oriundas do viveiro *Sigmatum*, foi ainda possível concluir o seguinte:

- Comparando as situações onde se utilizou rega reduzida, verificou-se que, em geral, a utilização do briófito *Pleurochaete squarrosa*, beneficiou qualitativamente apenas a floração do *Centranthus ruber* sendo a situação do *Asphodelus fistulosus*, não comparável. A nível da produção de sementes verificou-se uma situação favorável, através de uma maior produção de sementes no caso do *Centranthus ruber* e do *Sedum sediforme*. Ao nível da cor também se observam mudanças no *Centranthus ruber*, sendo que este passa de uma cor maioritariamente de nível 2 (verde) na situação sem briófitos, para uma coloração maioritariamente de nível 5 (verde amarelado e encarnado) quando utilizado em consociação. Por fim, relacionando as dimensões das plantas através do somatório por espécie, é possível verificar que, em consociação com o briófito, apenas no caso do *Centranthus ruber* se observou um maior desenvolvimento vegetativo, coincidindo este com a altura mais quente do ano. No resto das espécies não se verificou nenhuma situação benéfica, no que toca à dimensão das plantas, quando foi utilizado o briófito.
- Comparando agora as situações de rega reduzida com a de rega de conforto, é possível verificar quantitativamente maior floração na situação de rega reduzida, excetuando para o *Centranthus ruber*, que, nesta situação, apresentou menor floração. Quanto ao desenvolvimento de sementes, na situação de rega de conforto,

verificou-se o aumento na sua produção no caso do *Sedum sediforme* e *Centranthus ruber*. Nas restantes observou-se diminuição na produção de semente com o aumento da disponibilidade hídrica. No caso das cores manifestadas consoante o nível de rega, não se observou diferença no caso do *Asphodelus fistulosus*. No caso do *Antirrhinum linkianum* observou-se o adiamento na secagem da parte aérea havendo maior manutenção da coloração verde e verde amarelada. O *Centranthus ruber* mostrou uma tendência semelhante ao descrito para o *Antirrhinum linkianum*. O *Sedum sediforme* manifestou no caso da rega de conforto um maior amarelecimento da parte aérea comparativamente com a coloração maioritariamente verde no caso da rega reduzida. Comparando agora as dimensões das plantas, observou-se na maioria das datas observadas um crescimento quando utilizada a rega de conforto para as espécies *Antirrhinum linkianum* e *Sedum sediforme*. Contrariamente o *Centranthus ruber* apresentou maiores dimensões na situação de rega reduzida. Relativamente ao *Asphodelus fistulosus*, devido á elevada mortalidade, não nos é possível comparar as situações.

- Relacionando as épocas de floração detetadas no presente estudo com as encontradas na bibliografia, registou-se que, no caso do *Antirrhinum linkianum*, este apresentou o mesmo pico de floração, independentemente do nível de rega sendo o intervalo de floração também semelhante, estando em concordância com a revisão bibliográfica; no caso do *Asphodelus fistulosus*, registou-se floração apenas na situação de rega reduzida, e numa altura que diverge da encontrada na bibliografia; o nosso estudo apresenta resultados mais tardios comparando com a precocidade de floração registada na bibliografia. No entanto, o nosso insucesso com esta espécie poderá estar relacionado com o período de plantação ser coincidente com a época de floração descrita para a espécie. O *Centranthus ruber* apresentou uma floração em período semelhante à referenciada na bibliografia, mas estendendo-se mais tardiamente, novamente podendo relacionar-se ente fator com a época de plantação. O *Sedum sediforme* foi o que se apresentou mais em concordância com a bibliografia, possivelmente pelo fato de a floração ser descrita como mais tardia, quando comparada com as outras espécies. Observou-se, no entanto, uma pequena antecipação da floração no caso da rega de conforto.

Sintetizando os dados, podemos concluir que a plantação direta foi a que apresentou melhores resultados para o período de tempo analisado, tendo estes sido mais rapidamente observáveis. Comparativamente, os tapetes, a transplantação e sementeira requereriam mais tempo para se obterem conclusões mais detalhadas.

No que toca à escolha vegetal, podemos concluir que estas plantas, recolhidas em telhados e muros apresentam uma boa adaptabilidade a coberturas verdes, para o que contribuirão as condições adversas em que se encontram naturalmente, que são de facto semelhantes às condições em cobertura verde.

Realçamos a impossibilidade de generalização quando se pretende perspetivar as vantagens da utilização de musgos, particularmente da espécie *Pleurochaete squarrosa*, pois os resultados variaram conforme a espécie vegetal analisada. Contudo, é possível indicar uma situação vantajosa quando se consociam musgos com *Centranthus ruber* (aumento de floração, produção de sementes e tamanho).

Consideramos que seria importante, para a obtenção de resultados mais detalhados, continuarem-se, no futuro, estudos que possibilitem a análise de dados dos dispositivos experimentais iniciada com esta investigação, de modo a firmar as conclusões sobre o restante material vegetal utilizado.

Concluindo sobre a água de rega utilizada neste estudo, verificou-se que para a implementação de tapetes vegetais nas nossas condições, foi necessária uma dotação de 6 mm dia^{-1} por cada tapete realizado. Registou-se presença de desenvolvimento radicular na zona inferior à manta orgânica, sensivelmente 2 meses após a sementeira, contabilizando-se neste caso um volume total de água de rega de $0,93 \text{ m}^3/\text{tapete}$ para obtenção do enraizamento bem-sucedido. No caso dos tabuleiros, contabilizamos para cada tabuleiro, quando utilizada rega com 60% ET_0 uma utilização de $1,1 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ de água e de $1,6 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ quando se utilizou 100% do valor de ET_0 .

Com este estudo podemos afirmar que, com base no anteriormente exposto, o futuro das coberturas verdes em Portugal e no clima mediterrâneo, poderá ter a contribuição de plantas autóctones, nomeadamente das que encontramos naturalmente em telhados e muros, dada a sua adequada adaptação às coberturas verdes e capacidade de manutenção do valor estético quando reduzido o nível de rega. De destacar a espécie *Antirrhinum linkianum* que se mostrou bastante promissora.

6.Referencias Bibliográficas

- Anico, A. F. (2016). Plantas autóctones em coberturas verdes: avaliação do desenvolvimento e valor estético vs. rega e tipo de substrato. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.
- Arqout (2008). Plantas autóctones.[On-line]. Retirado de <http://www.arqout.pt/plantas-autoctones.html> [Consultado em Abril 2018]
- Brandão, C., Cameira, M., Valente, F., Carvalho, R. C., & Paço, T. A. (2017). Wet season hydrological performance of green roofs using native species under Mediterranean climate. *Ecological Engineering*, 102, 596-611. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.025
- Butler, C., Butler, E., & Orians, C. M. (2012). Native plants enthusiasm reaches new heights: Perceptions, evidence, and the future of green roofs. *Urban forestry & urban greening*, 11, 1-10. doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.002
- Carbone, M., Garofalo, G., Nigro, G., & Piro, P. (2015). Green roofs in the mediterranean area: interaction between native plant species and sub-surface runoff. *Applied mechanics and materials*, 737, 749-753. Doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.737.749
- Currie, A. B., & Bass, B. (2008). Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosyst*, 11, 409-422. doi.org/10.1007/s11252-008-0054-y
- Dakin, K., Benjamin, L. L., & Pantiel, M. (2013). The professional design guide to green roofs. Portland - London: Timber Press.
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2003). Up on the roof. *Landscape design*, 35-28.
- Flora-ON: Flora de Portugal Interativa (2014). [On-line]. Sociedade Portuguesa de Botânica. Retirado de <http://flora-on.pt> [Consultado em 13-09-2018]
- Francis, R. A. (2011). Wall ecology: A frontier for urban biodiversity and ecological engineering.) *Progress in Physical Geography*, 35 (I), 43-63. doi:10.1177/0309133310385166.
- Fundacio de La Jardineria i el Paisatge (2012). NTJ 11 C Cubiertas Verdes. Catalunha.
- Heim, A., & Lundholm, J. (2014). Species interactions in green roof vegetation suggest complementary planting mixtures. *Landscape and urban planning*, 130, 125-133.doi: org/10.1016/j.landurbplan.2014.07.007
- Heim, A., & Lundholm, J. T. (2017). Green roof thermal and stormwater performance comparisons between native and industry standard plant species. *Cities and the environment (CATE)*, 9. Vol. 9: Iss. 1, Article 6. Retirado de: <http://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol9/iss1/6>
- INIA. (2000). Manual de fertilização das culturas. Lisboa: INIA.
- IPMA. (2018). IPMA. [On-line]. Retirado de www.ipma.pt. [Consultado em 08-08-2018]
- Kendal, D., Zeeman, B., & Ikin, K. (2017). The importance of small urban reserves for plant conservation. *Biological conservation*, 213, 146-153.doi: org/10.1016/j.biocon.2017.07.007

- MacIvor, J., & Lundholm, J. (2011). Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats. *Urban ecosyst*, 14, 225-241. doi: 10.1007/s11252-010-0149-0
- Madre, F., Vergnes, A., Machon, N., & Clergeau, P. (2014). Green roofs as habitats for wild plant species in urban landscapes: first insights from a large-scale sampling. *Landscape and urban planning*, 122, 100-107. doi: org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.012
- Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and urban planning*, 217-226. doi: org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010
- Mickovski, S. B., Buss, K., McKenzie, B. M., & Sökmener, B. (2013). Laboratory study on the potential use of recycled inert construction waste material in the substrate mix for extensive green roofs. *Ecological Engineering*, 61P, 706-714. doi: org/10.1016/j.ecoleng.2013.02.015
- Monteiro, M., Blanusa, T., Verhoef, A., Richardson, M., Hadley, P., & Cameron, R. (2017). Functional green roofs: Importance of plant choice in maximising summertime environmental cooling and substrate insulation potential. *Energy and Buildings*, 141, 56-68. doi: org/10.1016/j.enbuild.2017.02.011
- Oudolf, P., & Kingsbury, N. (2013). *Planting - a new perspective*. Portland, Oregon: Timber Press.
- Rosenzweig, M. (2016). Green roofs: new ecosystem to defend species diversity. *Israel Journal of ecology & evolution*, 62, 7-14. [On-line]. doi:org/10.1080/15659801.2015.1121600
- Schweitzer, O., & Erell, E. (2014). Evaluation of the energy performance and irrigation requirements of extensive green roofs in a water-scarce Mediterranean climate. *Energy and buildings*, 68, 25-32. doi:org/10.1016/j.enbuild.2013.09.012
- Silva, S. A. (2001). *Abordagem ao projecto de zonas verdes em cobertura: Aplicação ao caso prático do edifício FX. Center em Babelsberg*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.
- Sutton, R. K. (2015). *Green roof ecosystems*. Lincoln, USA:Springer. doi:10.1007/978-3-319-14983-7
- Threfall, C. G., Mata, L., Mackie, J. A., Hahs, A., Stork, N., Williams, N. S., & Livesley, S. (2017). Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of applied Ecology*, 54, 1874-1883. doi: org/10.1111/1365-2664.12876
- Vijayaraghavan, K., & Joshi, U. M. (2015). Application of seaweed as substrate additive in green roofs: Enhancement of water retention and sorption capacity. *Landscape and Urban Planning*, 143, 25-32. doi:org/10.1016/j.rser.2015.12.119
- Vijayaraghaven, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and sustainable energy reviews*, 57, 740-752. doi:10.1016/j.rser.2015.12.119
- Yang, J., Yu, Q., & Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, 7266-7273. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003

Anexo I - Vista superior com quadrículas (Tabuleiro 1)



Figura 1 – Tabuleiro 1 (15 junho 2018)

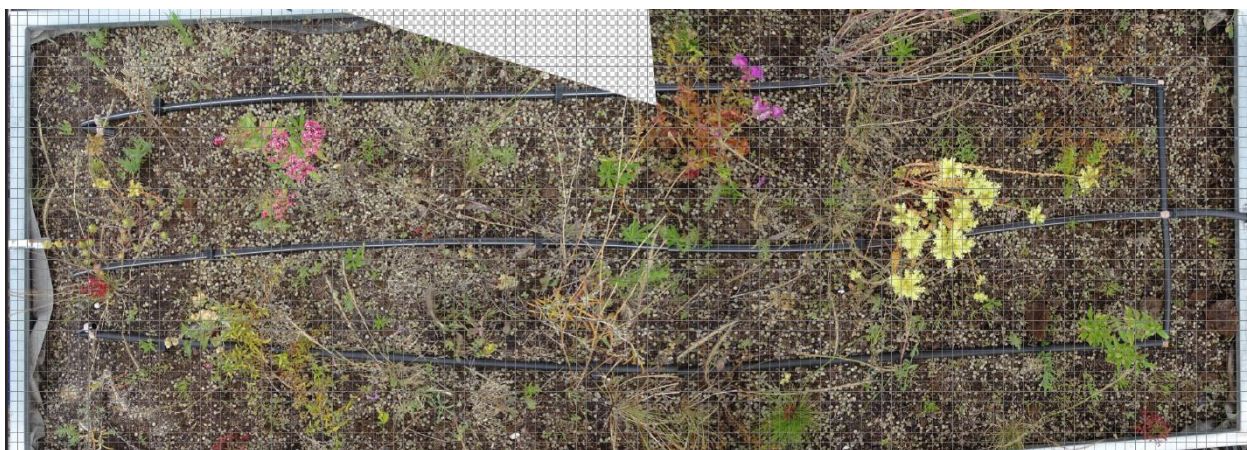


Figura 2 – Tabuleiro 1 (24 julho 2018)

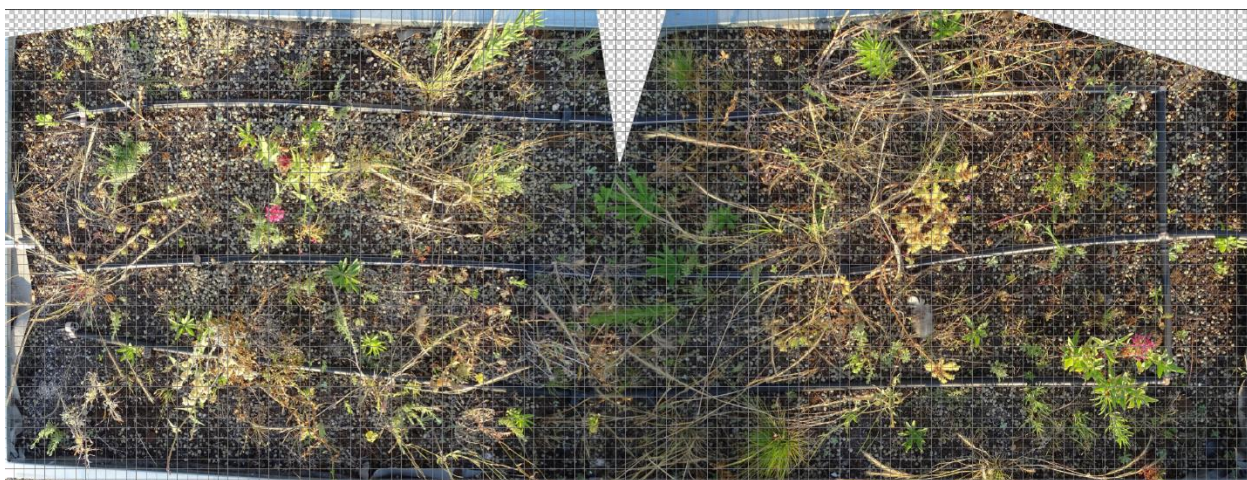


Figura 3 – Tabuleiro 1 (20 agosto 2018)

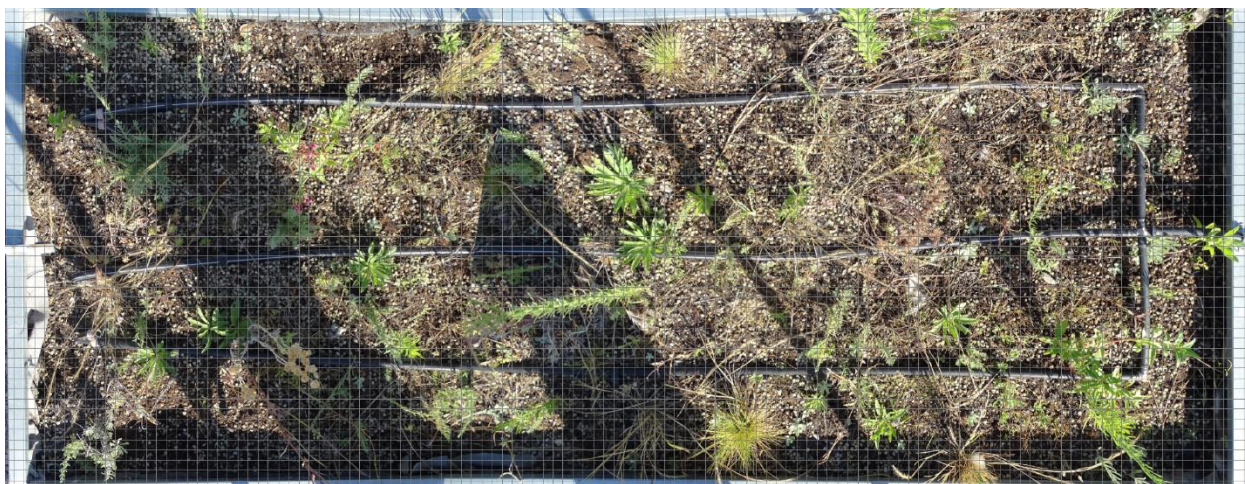


Figura 4 – Tabuleiro 1 (21 setembro 2018)

Anexo II - Registo fotográfico (Tabuleiro 1)



Figura 5 – Tabuleiro 1 (19 fevereiro 2018)



Figura 6 – Tabuleiro 1 (12 abril 2018)



Figura 7 – Tabuleiro 1 (24 maio 2018)



Figura 8 – Tabuleiro 1 (1 junho 2018)



Figura 9 – Tabuleiro 1 (15 junho 2018)



Figura 10 – Tabuleiro 1 (23 junho 2018)



Figura 11 – Tabuleiro 1 (3 julho 2018)



Figura 12 – Tabuleiro 1 (10 julho 2018)



Figura 13 – Tabuleiro 1 (24 julho 2018)



Figura 14 – Tabuleiro 1 (20 agosto 2018)



Figura 15 – Tabuleiro 1 (31 agosto 2018)



Figura 16 – Tabuleiro 1 (14 setembro 2018)



Figura 17 – Tabuleiro 1 (21 setembro 2018)

Anexo III - Registo fotográfico (pormenores por espécie vegetal)

Asphodelus fistulosus

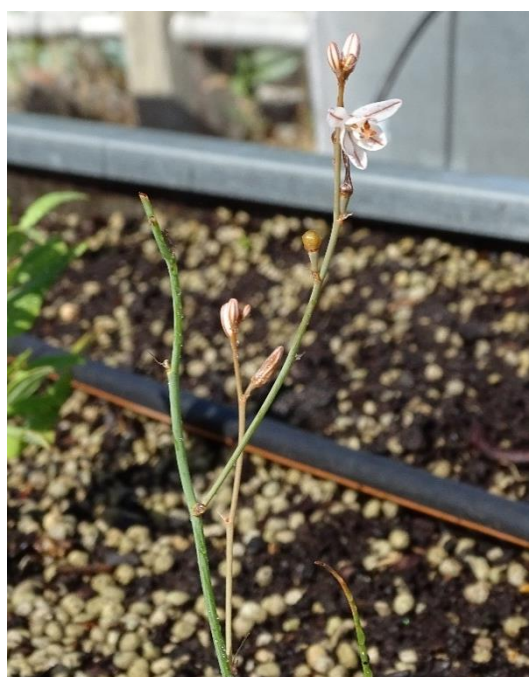


Figura 18 – *A. fistulosus*, floração



Figura 19 – *A. fistulosus*

Antirrhinum linkianum



Figura 20 – *A. linkianum*, floração.



Figura 21 – *A. linkianum*, floração.



Figura 22 – *A. linkianum*, floração



Figura 23 – *A. linkianum*, produção de sementes



Figura 24 – *A. linkianum*, danos por pavões



Figura 25 – *A. linkianum*, mudança de coloração

Sedum sediforme



Figura 26 – *S. sediforme*, floração



Figura 27 – *S. sediforme*, floração e sementes



Figura 28 – *S. sediforme*

Centranthus ruber



Figura 29 – *C. ruber*, floração



Figura 30 – *C. ruber*, floração



Figura 31 – *C. ruber*, floração



Figura 32 – *C. ruber*, floração e sementes