



**Escola Superior  
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

**MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS**

Francisco Mateus Moreira

Avaliação do efeito do agente de controlo biológico  
*Trichilogaster acaciaelongifoliae* no banco de sementes  
de *Acacia longifolia*

Orientadora: Professora Doutora Hélia Sofia Duarte Canas Marchante

Coorientadora: Mestre Liliana Neto Duarte

Coimbra, 2024



**Escola Superior  
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

**MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS**

Francisco Mateus Moreira

Avaliação do efeito do agente de controlo biológico  
*Trichilogaster acaciaelongifoliae* no banco de sementes  
de *Acacia longifolia*

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária  
de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à  
obtenção do grau de mestre em RECURSOS FLORESTAIS

Orientadora: Professora Doutora Hélia Sofia Duarte Canas Marchante

Coorientadora: Mestre Liliana Neto Duarte

Coimbra, 2024

## **Agradecimentos**

Começo por agradecer à professora Hélia Marchante por me ter ensinado e orientado durante o meu percurso na ESAC, e especialmente durante a realização deste trabalho.

À Liliana Duarte agradeço a disponibilidade e paciência a ajudar-me e orientar-me no trabalho partilhando comigo muitos conhecimentos.

Também agradeço aos meus colegas de trabalho Francisco Nuñez e Duarte Costa pela partilha e apoio ao longo das horas de trabalho de campo. Muito obrigado ainda ao Cailson Sampa, Sérgio Uchate, Alexander Simov, Ivelin Zahariev, Maikal Cvetanov, Aleks Ivanov, Vanessa Simeonova, Sílvia Ivanova, Georgi Georgiev, Dimitar Emiliev. Pedro Soares, Tomás Carvalho, Raquel Fernandes e Matias Carvalho que ajudaram a processar as amostras do estudo do banco de sementes. Agradeço também à Ana Sofia Nunes e à Mónica Roldão Almeida pela ajuda nos testes de viabilidade.

Agradeço também aos professores da ESAC que, ao longo do mestrado, me ensinaram e me procuraram compreender, contribuindo assim para a construção do meu futuro.

Finalmente agradeço à minha família (especialmente aos meus pais) que esteve sempre presente a apoiar-me e a transmitir-me confiança nas minhas capacidades.

## Índice

Agradecimentos .....	iii
Índice .....	iv
Resumo .....	viii
Abstract .....	ix
1. Introdução .....	1
1.1. Invasões biológicas .....	1
1.1.1. Espécies exóticas invasoras e os seus impactes .....	1
1.1.2. Plantas exóticas invasoras e a legislação portuguesa .....	3
1.1.3. A acácia-de-espigas ( <i>Acacia longifolia</i> ) .....	6
1.1.3.1. Principais características .....	6
1.1.3.2. Banco de sementes .....	9
1.1.3.3. Viabilidade das sementes e capacidade germinativa .....	10
1.2. Gestão e metodologias de controlo de espécies invasoras .....	11
1.2.1. Controlo físico .....	12
1.2.2. Controlo químico .....	12
1.2.3. Fogo controlado .....	13
1.2.4. Controlo natural ou biológico .....	13
1.2.4.1. <i>Trichilogaster acaciaelongifoliae</i> (Froggatt) (Hymenoptera: Pteromalidae) .....	14
2. Objetivos do estudo .....	16
3. Materiais e métodos .....	17
3.1. Caracterização das áreas de estudo .....	17
3.2. Recolha de amostras do banco de sementes e processamento em laboratório .....	22
3.3. Avaliação da viabilidade das sementes .....	24
3.4. Análise estatística dos dados .....	26
4. Resultados e discussão .....	27
4.1. Quantificação do banco de sementes .....	27
4.2. Viabilidade das sementes .....	29
4.3. Propostas para intervenções futuras: desafios a considerar .....	34
5. Conclusão .....	34
6. Referências bibliográficas .....	36
8. Anexos .....	40
ANEXO 1 - Tabela-Síntese relativa ao registo do número de sementes germinadas ao longo do período de monitorização, nas áreas de estudo .....	41

ANEXO 2- Informação sobre os diferentes métodos de controlo realizados nas áreas de estudo e o número de sementes encontrado no banco de sementes. .... 42

## Índice de figuras

Figura 1- Modelo simples do processo de invasão que descreve as fases pelas quais uma espécie invasora passa, bem como resultados alternativos em cada fase.....	2
Figura 2-Exemplos de espécies de plantas invasoras em Portugal.....	3
Figura 3-Eichhornia crassipes.....	4
Figura 4- Distribuição geográfica da A. longifolia, em Portugal Continental.....	6
Figura 5-Número de observações de Acacia longifolia por áreas segundo a altitude.....	7
Figura 6-Acácia-de-espigas (Acacia longifolia) .....	7
Figura 7- Diagrama fenológico de Acacia longifolia entre 2008 –2011.....	8
Figura 8 - Ciclo de gestão de plantas invasoras .....	11
Figura 9- A. longifolia com população estabelecida de T. acaciaelongifoliae, Dunas de Quiaios, 2024.....	14
Figura 10- Presença ou ausência de T. acaciaelongifoliae em todo o litoral de Portugal em 2023, utilizando uma grelha de 10 x 10 km. ....	14
Figura 11- Vespa-australiana-formadora-de-galhas Trichilogaster acaciaelongifoliae .....	15
Figura 12-Localização das áreas de estudo para avaliação do efeito do agente de controlo natural T. acaciaelongifoliae no banco de sementes de A. longifolia.....	17
Figura 13- Gráficos termopluviométricos das estações meteorológicas, próximas das áreas de estudo, relativos às normais climatológicas 1981-2010 .....	18
Figura 14- A vegetação dominante nas Dunas de S. Jacinto, 26 de maio de 2024, evidenciando elevada densidade de A. longifolia.....	19
Figura 15-A vegetação dominante nas Dunas da Tocha, 22 de maio de 2024, resultado de diferentes eventos que levaram à destruição da vegetação pré-existente. ....	19
Figura 16-A vegetação dominante nas Dunas de Quiaios, 22 de maio de 2024, evidenciado áreas de acácias de porte arbustivo e áreas de árvores de pequeno porte.....	20
Figura 17- A vegetação dominante nas Dunas de S. Pedro de Moel, 29 de maio de 2024, evidenciando a existência de um povoamento contínuo de P. pinaster com manchas de A. longifolia.....	20
Figura 18-Processo de recolha de amostras do banco de sementes, nas diferentes áreas de estudo.....	22
Figura 19-Distribuição das áreas de recolha de amostras nas Dunas de S. Jacinto (A), Tocha (B), Quiaios (C) e S. Pedro de Moel (D). ....	23
Figura 20- Processo de crivagem da folhada e do solo para contagem das sementes de cada amostra. ....	23
Figura 21-Preparação das sementes para o teste de germinação.....	25
Figura 22-Preparação das placas de Petri com as sementes para colocação na estufa.....	25
Figura 23-Estufa a 25 <sup>0</sup> C para germinação das sementes.....	26
Figura 24- Processo de monitorização.....	26
Figura 25-Número de sementes/m <sup>2</sup> , no banco de sementes (folhada e solo), em 2015 e 2024, por tratamento/área de estudo.....	29
Figura 26-Taxa de germinação, por tratamento e por área de estudo, 2024 .....	31
Figura 27-Percentagem de sementes germinadas, não germinadas e não viáveis, por tratamento/áreas de estudo, 2024.....	31

Figura 28-Percentagem acumulada de sementes germinadas, por tratamento, ao longo de seis semanas, nas áreas de estudo, em 2024. ....	33
--	----

## **Índice de tabelas**

Tabela 1- Síntese de Informações relativas às áreas de estudo .....	21
Tabela 2-Informação sobre as amostras e tratamentos, para cada área de estudo. ....	24
Tabela 3- Banco de sementes (nº de sementes/m <sup>2</sup> ), por tratamento, por área de estudo, em 2015 e em 2024.....	28
<i>Tabela 4- Percentagem de sementes germinadas, sementes viáveis não germinadas e sementes não viáveis, por tratamento, por área de estudo, em 2024. ....</i>	<i>30</i>
Tabela 5- Percentagem de sementes germinadas, por tratamento, ao longo de seis semanas, nas áreas de estudo, em 2024. ....	32

## Resumo

As espécies exóticas invasoras constituem uma das principais ameaças ao equilíbrio dos ecossistemas naturais, produzindo vários impactes negativos a nível biológico, económico, social e nos serviços dos ecossistemas. O controlo das espécies exóticas invasoras surge assim como uma prioridade. Em Portugal, *Acacia longifolia* é uma das espécies de plantas invasoras mais frequente ao longo do litoral Centro e Norte. A principal razão do seu sucesso é a sua capacidade de produzir muitas sementes que se acumulam no solo, num grande banco de sementes. Os métodos mais frequentemente aplicados para o seu controlo (mecânico e/ou químico) têm-se revelado pouco eficazes, em parte por falta de continuidade, monitorização e avaliação das ações realizadas, assim como devido ao seu elevado custo.

A introdução em Portugal, em 2015, de *Trichilogaster acaciaelongifoliae*, uma espécie de inseto nativa da Austrália, inimigo natural de *A. longifolia*, foi uma solução encontrada para controlar biologicamente esta acácia, contribuindo para a maior sustentabilidade do seu controlo. A ação de *T. acaciaelongifoliae* ocorre através da oviposição, preferencialmente nas gemas florais, mas também nas gemas vegetativas de *A. longifolia*, permitindo que no lugar das flores se formem galhas, reduzindo a capacidade de produção de sementes e também o seu crescimento.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o impacte da ação do agente de controlo natural *T. acaciaelongifoliae* na produção de sementes de *A. longifolia*, em quatro áreas de estudo (Dunas de S. Jacinto, Dunas de Tocha, Dunas de Quaios e Dunas de São Pedro de Moel), combinado ou não com outros métodos de controlo. Avaliou-se também a viabilidade e a capacidade de germinação das sementes com recurso à escarificação mecânica e a tratamento térmico a 80°C, por 10 minutos. Verificou-se que o banco de sementes entre 2015 e 2024 ainda não apresenta uma redução significativa; por outro lado, o controlo biológico quando combinado com outros métodos revela-se eficaz, na diminuição do número de sementes no solo. Quando o tegumento das sementes foi danificado através da escarificação, a taxa de germinação aumentou de forma significativa, atingindo valores entre 93,4 e 100%. As sementes não sujeitas a tratamentos ou estímulos, têm maior probabilidade de ficar num estado de dormência.

Com base nos resultados obtidos, propõem-se ações de intervenção prioritárias e mais eficazes para o combate de *A. longifolia*, em Portugal.

Palavras-chave: acácia-de-espigas, dunas, gestão de invasoras, planta invasora, viabilidade das sementes, controlo biológico.

## Abstract

Invasive alien species are one of the main threats to natural ecosystems, producing numerous negative impacts on biodiversity, at economic and social levels and ecosystem services. Controlling invasive alien species is therefore a priority. In Portugal, *Acacia longifolia* is one of the most common invasive plant species along the Central and Northern coasts. The main reason for its success is its ability to produce a huge number of seeds that accumulate in a large soil seed bank. The methods most often applied to control it (mechanical and/or chemical) have proved to be ineffective, partly due to the lack of follow-up/monitoring and evaluation of the actions taken, as well as due to their high cost.

The introduction in Portugal in 2015 of *Trichilogaster acaciaelongifoliae*, an insect species native to Australia and a natural enemy of *A. longifolia*, was a solution found to biologically control this acacia, contributing to increase the sustainability of its control. The action of *T. acaciaelongifoliae* occurs through oviposition, preferentially in the flower buds, but also at the vegetative buds of *A. longifolia*, allowing galls to form instead of flowers, reducing seed production and growth.

The main aim of this study was to assess the impact of the biocontrol agent *T. acaciaelongifoliae* on *A. longifolia* seed production in four study areas (Dunas de S. Jacinto, Dunas de Tocha, Dunas de Quiaios and Dunas de São Pedro de Moel), combined or not with other control methods. The viability and germination capacity of the seeds was also assessed using mechanical scarification and heat treatment at 80°C for 10 minutes. Results show that the seed bank between 2015 and 2024 has not yet been significantly reduced; on the other hand, biological control, when combined with other methods, proved to be effective in reducing the number of seeds in the soil. When the seed coat was damaged by scarification, the germination rate increased significantly reaching between 93,4 e 100%. Seeds that are not subjected to treatments or stimuli are more likely to stay dormant.

Based on the results obtained, we propose prioritised and more effective intervention actions to combat *A. longifolia* in Portugal.

Key words: *Acacia longifolia*, dunes, invasive plant management, invasive plant, seed viability, biological control.



# 1. Introdução

## 1.1. Invasões biológicas

### 1.1.1. Espécies exóticas invasoras e os seus impactes

A atual biosfera é o resultado de sucessivas modificações causadas, em larga medida pelo menos nos tempos mais recentes, pela espécie humana. As espécies nativas de uma região, que correspondem às espécies naturais que crescem dentro dos seus limites naturais, têm vindo a ser cada vez mais ameaçadas (Marchante et al., 2014). Estas ameaças (como a exploração excessiva dos solos e outros recursos, o desbaste de florestas, a poluição do ar e da água, etc) (IPBES, 2019), em grande parte, devem-se a interferências do Homem nos ecossistemas, nomeadamente, ao privilegiar espécies que garantem o sustento de uma população crescente e/ou ao manipular geneticamente espécies para serem mais produtivas e rentáveis. Estas ações têm contribuído de forma decisiva para a destruição dos ecossistemas naturais, com a consequente perda de biodiversidade no nosso planeta.

Para estas profundas alterações da biosfera tem contribuído também a introdução de espécies, trazidas de outros territórios – espécies exóticas - de forma acidental ou intencional como resultado da atividade humana (Richardson et al., 2000), com vista à satisfação de necessidades alimentares, ou para fins ornamentais ou outros. Ainda que a movimentação de espécies ocorra há milhares de anos, esta intensificou-se na época dos Descobrimentos, com a troca de centenas de espécies entre territórios longínquos produzindo modificações nas paisagens e também nos hábitos alimentares (Ferrão, 2013). Mais recentemente a movimentação e introdução de espécies em novos territórios tem-se intensificado ainda mais, com a globalização.

Considerando as espécies exóticas introduzidas num dado território, apenas uma parte se naturaliza, ou seja, se estabelece para além do local de introdução inicial, reproduzindo-se persistentemente, formando populações que se mantêm ao longo do tempo, sem a intervenção direta do Homem, mas permanecendo em equilíbrio em habitats seminaturais (Marchante et al., 2014). Destas espécies exóticas que se conseguem estabelecer, uma pequena percentagem apresenta um comportamento invasor. Uma espécie exótica torna-se invasora quando passa por, pelo menos, três fases: *Transporte* da espécie da região de onde é natural para ser libertada na natureza numa área nova; *Estabelecimento/naturalização* em que a espécie estabelece populações autossustentáveis na nova área; *Dispersão*, estando as espécies naturalizadas, dá-se início à expansão geográfica e à progressiva e abundante presença causando impactes, na sua maioria negativos (Lockwood et al., 2007) (Figura 1).

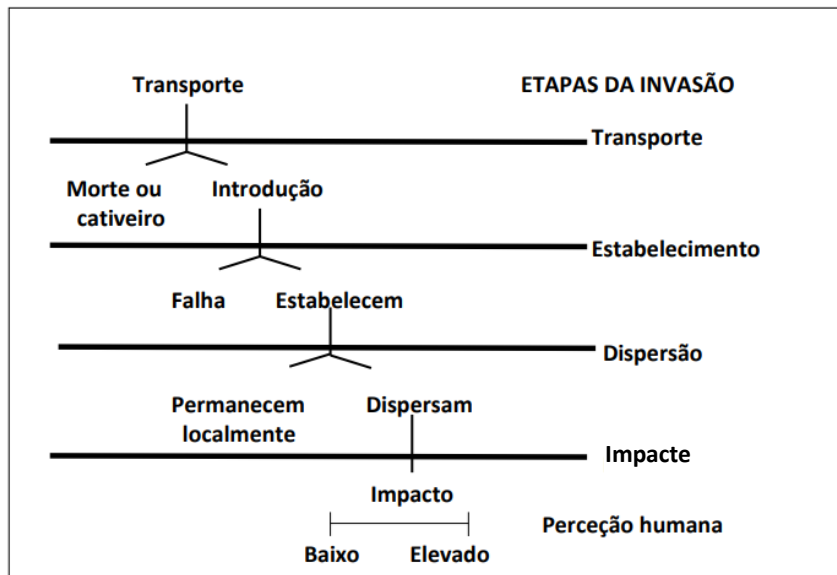


Figura 1- Modelo simples do processo de invasão que descreve as fases pelas quais uma espécie invasora passa, bem como resultados alternativos em cada fase.  
 Fonte: Locwood, Hoopes, & Marchetti, 2007 (Adaptado)

São diversos os fatores que podem estimular os fenómenos de invasão biológica de plantas, após a naturalização, por exemplo: um agente (biológico ou antrópico) que disperse as sementes ou outros propágulos; a intervenção de um agente polinizador; a ocorrência de perturbações que modifiquem a estrutura e/ou conectividade dos ecossistemas, nomeadamente, incêndios e tempestades; perturbações de origem humana (e.g., alteração do uso do solo, construção de sistemas de regadio), entre outros (Vicente et al., 2018).

De forma mais objetiva, uma planta exótica é considerada invasora ao produzir descendentes férteis, frequentemente numerosos, sem intervenção direta do Homem, capazes de dispersar a distâncias consideráveis das plantas-mãe (“superior a 100m, em menos de 50 anos para espécies dispersas por sementes ou outros propágulos; mais de 6 m/3 anos, para espécies com reprodução vegetativa, por estolhos, rizomas, partes de raízes ou outro” (Richardson et al., 2000), atingindo grandes densidades, e com potencial para ocupar extensas áreas, causando alterações significativas, muitas vezes negativas, nos habitats naturais ou seminaturais (Marchante et al., 2014).

Os impactes negativos das plantas exóticas invasoras decorrem das suas próprias características, nomeadamente o seu rápido crescimento, a sua elevada capacidade de dispersão e de atingir grandes densidades. Estes impactes são muito diversos entre espécies e podem traduzir-se, por exemplo, num consumo excessivo de água, na competição pela luz e nutrientes no solo. Adicionalmente, verificam-se desequilíbrios dos ecossistemas decorrentes da sua evolução ao longo do tempo, pois a sua proliferação pode implicar modificação dos ciclos biogeoquímicos, uniformização dos ecossistemas com a perda de biodiversidade, e alteração dos regimes de fogo, tornando os ecossistemas mais vulneráveis à sua propagação. A necessidade de implementação de medidas para controlo e/ou recuperação de sistemas invadidos, dá origem a elevados custos económicos, nomeadamente ao nível da produção agrícola e florestal, etc (Plantas invasoras em Portugal, 2024; Vicente et al., 2018).

Apesar dos impactos negativos, algumas espécies invasoras, introduzidas de forma intencional, podem trazer benefícios para as populações, pelo que o seu controlo/erradicação pode gerar conflitos de interesses.

### 1.1.2. Plantas exóticas invasoras e a legislação portuguesa.

Em Portugal existe uma grande variedade de plantas exóticas tendo-se registado um aumento nos dois últimos séculos. Atualmente no território do continente existem mais de 770 espécies exóticas, correspondendo a mais de 20% da flora autóctone (Marchante et al., 2014; Almeida, 2018). Entre as espécies exóticas podemos destacar o eucalipto (*Eucalyptus globulus*), a acácia-de-espigas (*Acacia longifolia*), a robínia (*Robinia pseudoacacia*), o espantabolos (*Ailanthus altissima*), entre muitas outras. Por exemplo, o interesse pelo eucalipto, importado da Austrália, está relacionado com a produção de madeira (maior expansão a partir de 1960 com as necessidades da indústria de pasta de papel) e para fins medicinais. A introdução de acácias australianas justificou-se, entre outras razões, pelo valor ornamental e também pela extração de taninos da sua casca. Algumas destas espécies, com comportamento invasor, como por exemplo a mimosa (*Acacia dealbata*) e a acácia-de-espigas (Figura 2) foram também utilizadas com o objetivo de mitigar a erosão das serras e dos sistemas dunares do litoral (Queiroz et al., 2018). De salientar que a maioria das espécies exóticas introduzidas em Portugal não se tornaram invasoras, sendo que algumas delas (e.g. batateira - *Solanum tuberosum* - e o milho - *Zea mays*) tiveram grande importância na melhoria da alimentação dos portugueses. Em síntese, razões económicas e/ou estéticas têm sido justificação para a introdução de espécies exóticas invasoras em Portugal.



Figura 2-Exemplos de espécies de plantas invasoras em Portugal.  
A) Eucalipto (*E. globulus*); B) mimosa (*A. dealbata*) e C) acácia-de-espigas (*A. longifolia*)  
Fonte: Jardim Botânico UTAD, Flora Digital de Portugal

A expansão de *A. longifolia* em Portugal, após a sua introdução, deveu-se à sua fácil naturalização, em vastas áreas de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira. No Continente, a facilidade em se adaptar a solos pobres em nutrientes (nomeadamente os existentes nos sistemas dunares do litoral), a um clima de verões relativamente quentes e secos e invernos húmidos com temperaturas amenas, e a frequentes ocorrências do fogo, contribuíram para o seu papel transformador dos ecossistemas (Campos et al., 2002).

Tal como já referido, a proliferação de espécies exóticas invasoras causa profundas alterações, com impactos ambientais e prejuízos económicos, que devem ser preocupação dos dirigentes políticos, nomeadamente ao nível da aprovação de regulamentos que proibam

a introdução de novas espécies com potencial invasor, e que restrinjam os usos de espécies invasoras no território nacional (Marchante et al., 2014).

Durante o Século XIX são conhecidas algumas medidas legais para combater a filoxera, com a publicação do Decreto de 24 de dezembro de 1879, que proibia a importação de cepas secas, plantas vivas com origem em regiões filoxeradas. Mais tarde, no início do século XX foi aprovado o Decreto n.º17576, de 8 de novembro de 1929, para extinção da formiga-argentina (*Linepithema humile*) causadora de grandes prejuízos na agricultura, nomeadamente por inutilizar as árvores de fruto (Queiroz et al., 2018). Em 1937, foi publicado o Decreto-Lei n.º 28039, de 14 de setembro que proíbe, por exemplo, a plantação ou sementeira de eucaliptos, acácias mimosas e ailantos a menos de 30 metros de nascentes e a menos de 20 metros de terrenos cultivados. Após meados do século XX foi dado um alerta relativo ao elevado potencial de invasão de algumas espécies exóticas, em Portugal. Em 1974 são adotadas providências de modo a evitar a propagação e a continuação da existência do jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*) (Figura 3) através da publicação do Decreto-Lei n.º 165/74, de 22 de abril. Em 1999 foi publicado o Decreto-Lei n.º 565/1999, de 21 de dezembro, com o objetivo de regular a introdução, na natureza, de espécies não indígenas da flora e da fauna, em Portugal (ICNF, 2024a) que listou pela primeira vez, de forma abrangente, uma lista de espécies invasoras cuja utilização foi proibida.



Figura 3-Eichhornia crassipes.

Fonte: <https://flora-on.pt>

Em 2018 foi publicada a Resolução de Conselho de Ministros nº 55/2018, de 7 de maio, que aprovou a Estratégia Nacional para a Conservação da Natureza e Biodiversidade 2030 (ENCNB 2030). Na ENCNB2030 é valorizada a necessidade de: conhecer a realidade, mapear, identificar alterações na distribuição e fenologia; elaborar Livros e/ou Listas Vermelhas para determinar prioridades de ação; elaborar e implementar Planos de Ação prioritários; determinar novas áreas a proteger ou alterar as já classificadas, definir permissões e restrições de uso e garantir uma permanente monitorização da aplicação das ações e alterações (ENCNB 2030, 2018).

Ao considerar a proliferação de espécies exóticas invasoras uma ameaça ao equilíbrio dos ecossistemas, dos habitats, e consequentemente à perda de biodiversidade no nosso território, considerou-se fundamental tomar medidas para combater e reforçar a conservação da natureza. Assim, em 2019 foi publicado o Decreto-Lei n.º 92/2019, de 10 de julho, que procedeu à revisão do regime instituído pelo Decreto-Lei n.º 565/99, de 21 de dezembro. Este novo decreto-lei concretiza uma das medidas previstas na ENCNB 2030, permitindo, simultaneamente, transpor para a legislação nacional o Regulamento (UE) n.º 1143/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de outubro de 2014, respeitante à prevenção e gestão da introdução e propagação de espécies exóticas invasoras. Atualmente a legislação portuguesa reflete preocupação em relação aos impactes ambientais e económicos das espécies invasoras (Queiroz et al., 2018).

O artigo 13.º do DL n.º92/2019, de 10 de julho, refere que a introdução na natureza de espécies exóticas está sujeita a autorização do ICNF, I. P., mediante um conjunto de requisitos definidos no artigo 14.º, nomeadamente: “ a) a entidade requerente ter uma licença para a detenção, criação ou cultivo de espécies exóticas, de vigência superior ao prazo previsto para a introdução na natureza da espécie exótica; b) a espécie objeto da pretensão não estar incluída na Lista Nacional de Espécies Invasoras (LNEI)”, constantes no Anexo II do Decreto-Lei acima referido; c) haver vantagens inequívocas para o homem ou para as biocenoses naturais; d) não existirem espécies nativas aptas para o objetivo pretendido; e) o risco de uma nova introdução na natureza deve ser avaliado por uma entidade imparcial, assente em critérios científicos. Está previsto também a concessão de licenciamento excecional para espécies invasoras (DL n.º 92/2019) desde que cumprido o Regulamento (UE) n.º 1143/2014.

Ainda de referir que, no artigo 19.º do DL n.º 92/2019 são enumerados um conjunto medidas relativamente às espécies listadas na LNEI, nomeadamente: 1) a proibição de introdução na natureza ou repovoamento; 2) adoção de medidas adequadas de gestão e, 3) as espécies constantes da Lista Nacional de Espécies Invasoras, cuja ocorrência seja registada em território nacional, devem ser objeto de planos (locais ou nacionais) de forma a garantir o seu controlo, contenção ou erradicação. Nestes planos podem ser abarcados grupos de espécies com características semelhantes, e são definidas as prioridades de ação em função da gravidade da ameaça (DL n.º 92/2019).

Ainda, ao abrigo deste DL 92/2019, o ICNF fica responsável pelo “desenvolvimento, manutenção e funcionamento de um sistema de vigilância” com o intuito de evitar a propagação de espécies invasoras, detetando precocemente a sua presença em novas áreas. O ICNF criou a plataforma SIVEEI (Sistema de Informação e Vigilância de Espécies Exóticas Invasoras), que à data se encontra em fase final de testes (ICNF, 2024b).

Existem também projetos, p. ex. a EASIN - Rede Europeia de Informações sobre Espécies Exóticas (serviço científico da Comissão Europeia) que permite a partilha de informações para combate à ameaça das espécies exóticas na Europa (European Alien Species Information Network, 2024) e a plataforma “INVASORAS.PT”, que em Portugal procura alertar para o problema das invasões biológicas, disponibilizando informação sobre as espécies invasoras de modo a promover a participação ativa do público, quer no mapeamento/localização de espécies invasoras, quer no desenvolvimento de atividades de controlo e divulgação (Plantas invasoras em Portugal, 2024).

A Agenda 21, adotada na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, reconhece os ecossistemas dunares, entre outros, como vulneráveis e contém várias propostas para lidar com o impacto de espécies invasoras (Shine et al., 2000). Estes ecossistemas são considerados prioritários para ações de conservação da biodiversidade, fortemente ameaçada pela introdução de espécies exóticas invasoras, nomeadamente *A. longifolia* (Marchante et al., 2010a). As áreas deste estudo estão localizadas em ecossistemas dunares, com forte presença de *A. longifolia*, onde é urgente realizar uma eficaz gestão.

### 1.1.3. A acácia-de-espigas (*Acacia longifolia*)

#### 1.1.3.1. Principais características

A acácia-de-espigas (alvo do presente estudo), cujo nome científico é *Acacia longifolia* (Andrews) Willd., pertence à família *Fabaceae*, e é uma espécie nativa do Sudeste da Austrália. Em Portugal, esta espécie está classificada desde 1999 (DL 565/99) como espécie invasora. Atualmente integra a Lista Nacional de Espécies Invasoras (anexo II do DL 92/2019, de 10 julho).

*A. longifolia* é uma planta de porte arbustivo ou pequena árvore (até 8 metros), que se encontra distribuída pelo Arquipélago da Madeira e em Portugal Continental (Figura 4) com maior incidência nas regiões do litoral: dunas costeiras, alguns cabos e nas margens de linhas de água. Apesar de menos frequente, surge também ao longo das vias de comunicação e em regiões montanhosas do interior (Marchante et al., 2014). Relativamente ao tipo de solos é pouco exigente, disseminando-se quer em solos incipientes, derivados de rochas arenosas e areníticas não consolidadas, quer em solos mais evoluídos.

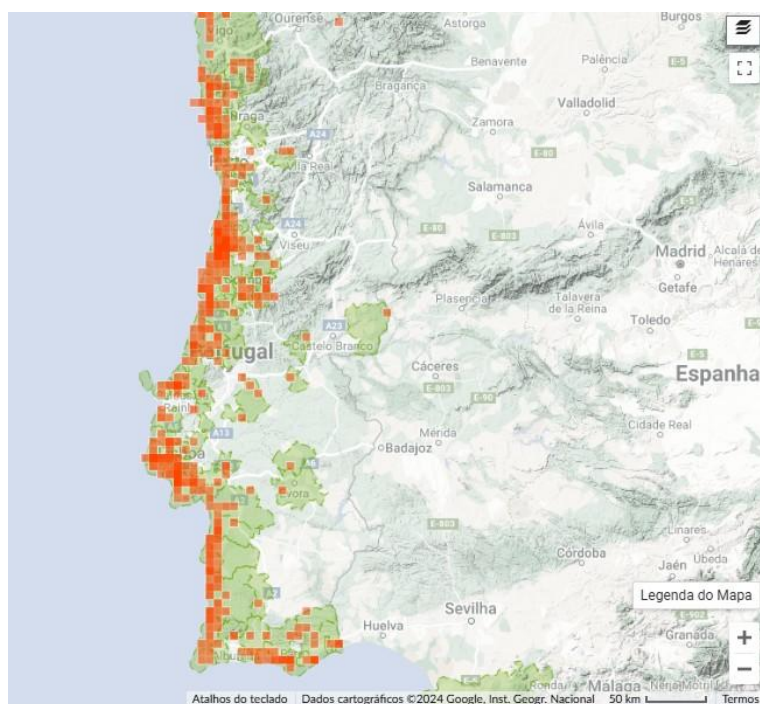


Figura 4- Distribuição geográfica da *A. longifolia*, em Portugal Continental.

Fonte: [projeto.invasoras.pt](https://projeto.invasoras.pt) no BioDiversity4All (iNaturalist).

Bem adaptada às regiões de clima mediterrâneo, *A. longifolia* está mais estabelecida nas regiões de altitude inferior a 200 metros (Figura 5).

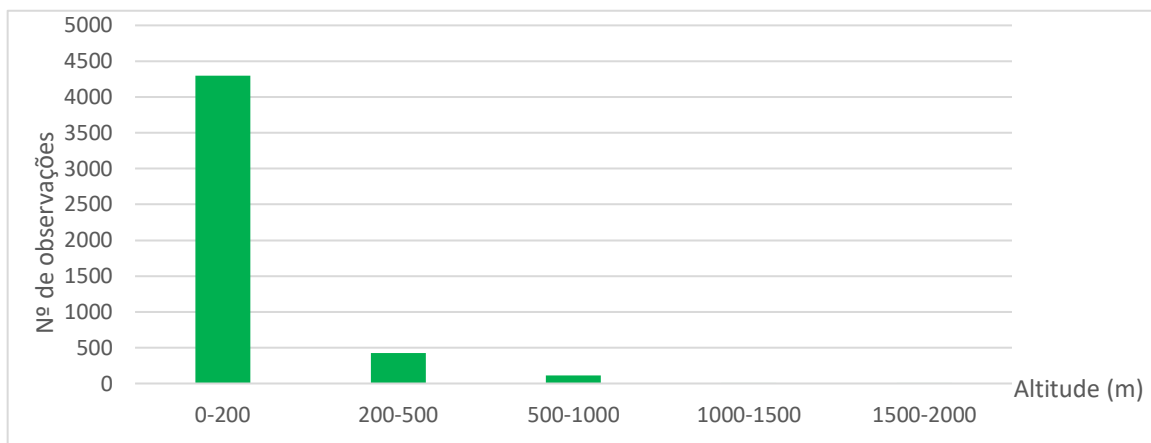


Figura 5-Número de observações de *Acacia longifolia* por áreas segundo a altitude.

Fonte: [https://identify.plantnet.org/pt/k-world-flora/species/Acacia%20longifolia%20\(Andrews\)%20Willd./data](https://identify.plantnet.org/pt/k-world-flora/species/Acacia%20longifolia%20(Andrews)%20Willd./data) (Adaptado)

*A. longifolia* é uma planta de folhas perenes, reduzidas a filódios laminares, oblongo-lanceolados, com várias nervuras longitudinais, que tem flores reunidas em espigas axilares de cor amarelo-vivo (Figura 6A e 6B). Os frutos apresentam-se em vagens cilíndricas (Figura 6C), contorcidas na fase de maturação (Figura 6D), e as sementes são castanhas escuras/pretas brilhantes e achatadas com arilo curto, esbranquiçado (Figura 6E).

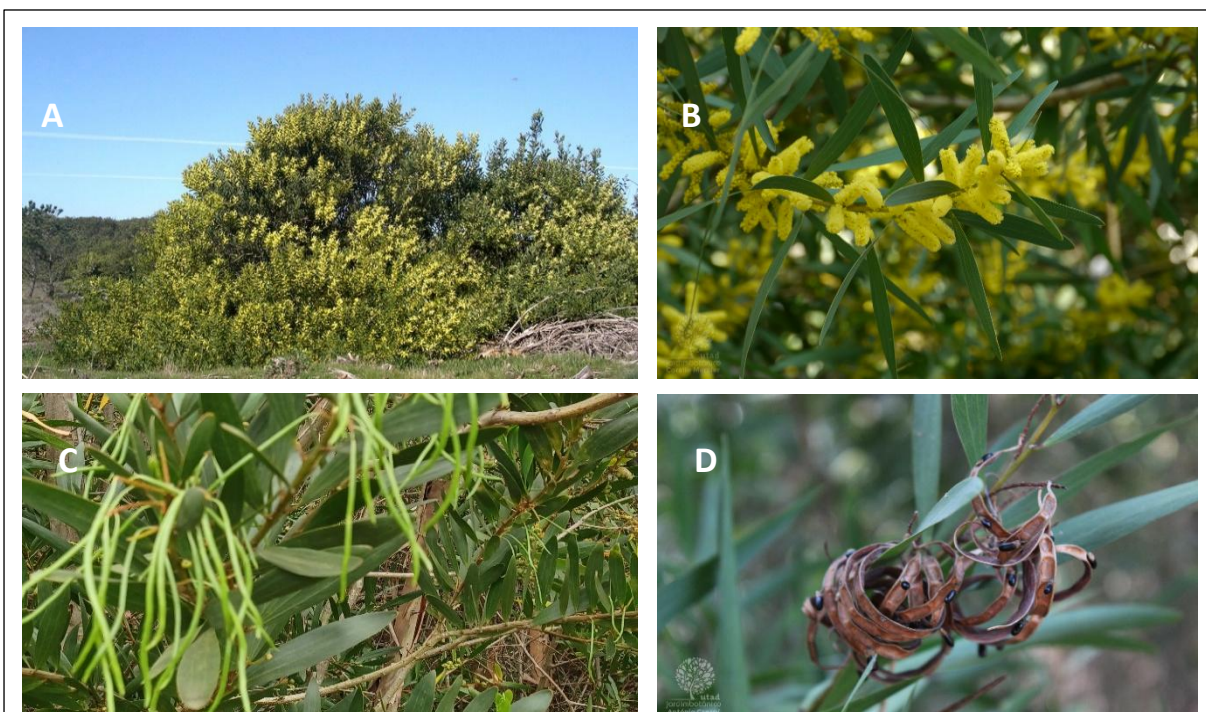


Figura 6-Acácia-de-espigas (*Acacia longifolia*)

A) Aspeto geral da árvore (Fonte: [invasoras.pt](http://invasoras.pt)); B) - Flores amarelas reunidas em espigas (Fonte: Coralie Mercier do Jardim Botânico UTAD, Flora Digital de Portugal); C) Vagens jovens (Fonte: FMM) ; D) Vagens maduras a dispersar as sementes (Fonte: António Crespi do Jardim Botânico UTAD, Flora Digital de Portugal); E) Sementes da *A. longifolia* (Fonte: [www.invasoras.pt](http://www.invasoras.pt))



Esta planta tem um crescimento muito rápido e reproduz-se essencialmente por via seminal. Apesar de menos frequente nesta espécie, o rebentamento da touça, após o corte, pode ocorrer, assim como a propagação vegetativa, contribuindo para o aumento da resiliência dos povoamentos (Duarte et al., 2024).

O ciclo fenológico de *A. longifolia* é condicionado especialmente pelos valores da temperatura e precipitação que exercem uma maior influência na brotação e floração da espécie (Morais et al., 2015). Em Portugal, a floração ocorre de dezembro a abril (o pico das flores abertas ocorre frequentemente em fevereiro) e a abertura das vagens ocorre entre maio e agosto, estendendo-se pontualmente até janeiro (pico em julho) (Figura 7).

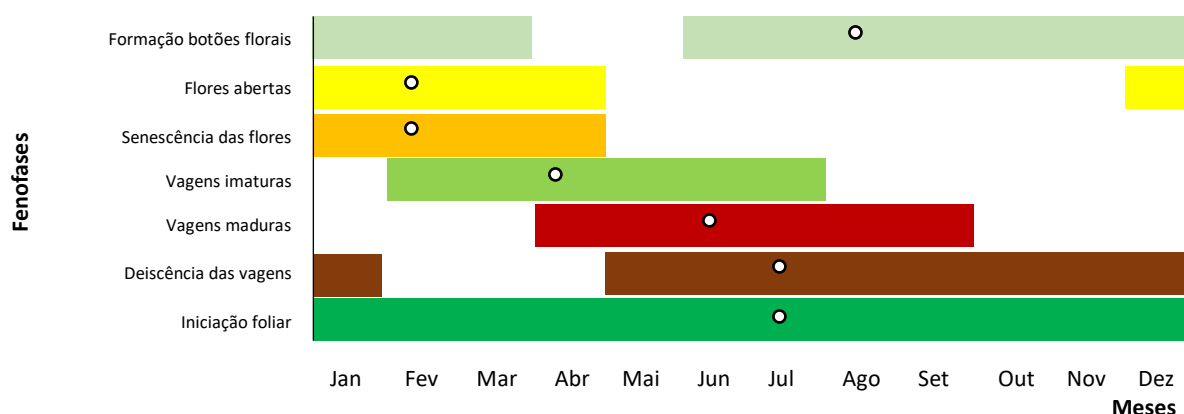


Figura 7- Diagrama fenológico de *Acacia longifolia* entre 2008 –2011.  
 ○ - Pico de cada uma das fases. Fonte: Adaptado de Morais & Freitas, 2015.

Também o facto de *A. longifolia* produzir uma grande quantidade de flores (condicionada, nomeadamente, pelas condições ambientais), o facto de o período de abertura das flores ser longo e ocorrer antes da maioria das espécies nativas (meses da primavera), e também por a libertação de pólen ocorrer a meio do dia, quando existe maior abundância de insetos polinizadores em atividade, pode conferir-lhe vantagem sobre as plantas nativas. As flores das acácias atraem grupos de polinizadores semelhantes às das espécies nativas (p.ex *Apis mellifera*) (Plantas invasoras em Portugal, 2024). Existem estudos que permitem demonstrar que a floração precoce e o seu período longo, e a consequente produção de muitas sementes, podem estar relacionadas com o potencial invasor (Pysek et al., 2009). É possível concluir que a polinização generalista facilita o processo de invasão, ainda que não seja o único fator a explicar o sucesso das diferentes acácias australianas (Gibson et al., 2011).

Várias características de *A. longifolia* ajudam a compreender o seu sucesso enquanto espécie invasora. A maturidade reprodutiva das espécies invasoras é atingida em menos tempo, relativamente às não invasoras, devido à sua capacidade de reprodução mais precoce (Gibson et al., 2011). No caso de *A. longifolia*, a produção de sementes pode começar a partir dos dois anos de idade (Duarte et al., 2023; Milton et al., 1981).

As sementes de *A. longifolia* apresentam um conjunto de características da sua adaptação ao fogo, tais como: a produção de grandes quantidades de sementes de

revestimento duro; a elevada tolerância ao calor; a capacidade de dormência prolongada; e o estímulo da germinação pelo calor e/ou fumo (Gibson et al., 2011). O clima de Portugal (Clima Mediterrâneo, em grande parte do território) caracterizado por verões quentes, secos e prolongados, é propício a incêndios rurais frequentes. As sementes de *A. longifolia* quando expostas a elevadas temperaturas, o seu tegumento fissura levando à quebra de dormência das sementes e à provável germinação, o que favorece o comportamento invasor da espécie, relativamente a outras espécies menos resistentes ao fogo.

O sucesso invasivo das acácias australianas também se deve à sua capacidade de dispersão a maiores ou menores distâncias da planta-mãe (Richardson et al., 2000), através da ação de transporte das suas sementes por aves e por formigas e ainda por ação de cursos de água, da gravidade e do vento, causando o aparecimento de novos focos de invasão (Gibson et al., 2011), mais ou menos dispersos. As formigas contribuem para a dispersão a uma escala local ao remover e enterrar no solo, as sementes de *Acacia* spp. em ninhos subterrâneos (Holmes, 1990). As formigas estão identificadas como um dos agentes de dispersão de *A. longifolia* em Portugal (Marchante et al., 2010b), enquanto as aves são importantes agentes dispersores a longa distância.

Também a ação humana contribui de forma decisiva para a dispersão das espécies invasoras, nomeadamente de *A. longifolia*, ao longo das vias de comunicação, sistemas dunares, entre outros.

*A. longifolia* é uma das espécies com maiores impactes nos ecossistemas ao formar povoamentos de elevada densidade (ocupando o espaço e limitando a luz que chega ao solo, consumindo água e nutrientes e acumulando folhada) o que impede o desenvolvimento da vegetação nativa e diminui o caudal dos cursos de água. Ao nível do solo causa alterações na sua microbiologia e na sua composição (Marchante et al., 2008a). Adicionalmente, esta é uma espécie que fixa o azoto no solo, alterando as suas características, causando impacte indiretos noutras espécies, nomeadamente nas espécies nativas dos sistemas dunares, facilitando o processo invasor da própria espécie e diminuindo a resiliência dos ecossistemas. Estudos referem alterações no metabolismo da comunidade microbiana do solo após a invasão por *A. longifolia* com implicações no ciclo de nutrientes e processos ao nível dos ecossistemas, favorecendo a espécie invasora (Marchante et al., 2015; Marchante et al., 2008b).

#### 1.1.3.2. Banco de sementes

O comportamento invasor de *A. longifolia* está em grande parte associado à elevada produção de sementes que se acumulam ao longo do tempo no solo (principalmente, nos 10 cm superiores do solo), formando extensos bancos de sementes (Marchante et al., 2010b).

A dimensão do banco de sementes armazenadas no solo de acácias australianas depende, nomeadamente, da produção anual de sementes, da idade do povoamento, da densidade do povoamento (Richardson et al., 2008) e da longevidade das sementes no solo (em dormência, mantêm-se viáveis durante muitos anos). A germinação das sementes, a sua decomposição e a ação dos predadores de sementes (que as podem danificar ficando inviáveis

e/ou que as transportam para outras áreas mais ou menos distantes) são outros fatores que influenciam o tamanho dos bancos de sementes (Marchante et al., 2010b).

A produção média anual de sementes de *A. longifolia* pode atingir 12000 sementes/m<sup>2</sup> (Gibson et al., 2011), que, por ação da gravidade, concentram na sua grande maioria no solo sob a copa. A quantidade de sementes no solo tende assim a diminuir com o aumento da distância à planta-mãe. Por outro lado, a quantidade de sementes acumuladas no solo tende a ser maior nos povoamentos estabelecidos há mais anos (1500 sementes/m<sup>2</sup> num acacial mais antigo nas Dunas de S. Jacinto) e apresenta uma menor quantidade em áreas invadidas mais recentemente (500 sementes/m<sup>2</sup>). Também nas Dunas de S. Jacinto (Marchante et al., 2010b) ainda que possa variar muito de local para local, conforme a microbiologia do solo e as perturbações (p. ex. incêndios) que ocorrerem.

#### 1.1.3.3. Viabilidade das sementes e capacidade germinativa

A dormência das sementes durante muitos anos permite manter uma elevada viabilidade e uma germinabilidade reduzida ao longo do tempo, garantindo a existência de bancos de sementes que podem persistir durante décadas (Gibson et al., 2011).

As sementes de *A. longifolia*, à semelhança das restantes acácias australianas, têm uma longevidade de vários anos que se deve à impermeabilidade do tegumento à água e ao ar. O tegumento permite que uma semente viável não germine, mesmo em condições ótimas de luz, temperatura, água e oxigénio, quando a probabilidade de sobrevivência é baixa. Esta situação pode ser modificada caso as condições ambientais se tornem favoráveis e o tegumento seja danificado, provocando a quebra da dormência física (Marques, 2014).

A germinação da maioria das sementes de acácia pode resultar de diferentes estímulos, nomeadamente pela ação do fogo, pelo corte/limpeza dos povoamentos ou pela escarificação química causada pela ingestão dos agentes dispersores (Richardson et al., 2008).

As sementes de acácia são pirófilas, logo o seu tegumento, à passagem do fogo, é danificado podendo ser quebrada a dormência (Gibson et al., 2011). O fogo origina uma abundante germinação das sementes, e nas áreas afetadas por incêndios, favorece estas espécies que crescem rapidamente sem a competição de outras espécies de crescimento mais lento (Richardson et al., 2008).

A germinação das sementes pode também ser favorecida pela perturbação feita nas operações de controlo da vegetação que, ao mobilizar o solo, remover a folhada e/ou ao realizar corte/arranque para reduzir a densidade do povoamento podem abrir fissuras nas sementes quebrando a sua dormência (Marchante et al., 2015).

As aves para além de serem importantes agentes dispersores podem contribuir para a quebra da dormência das sementes de acácia, que após serem ingeridas são sujeitas a escarificação química do tegumento ao passar pelo trato digestivo (Richardson et al., 2008). Estes estímulos tornam o tegumento permeável à água, permitindo a germinação das sementes de acácia (Gibson et al., 2011).

O comportamento reprodutivo de *A. longifolia* varia de acordo com o estado de maturação das sementes, tendo-se constatado que a germinação é maior nas sementes mais recentes (Riveiro et al., 2020).

Em Portugal, em solos recentemente invadidos, *A. longifolia* regista elevada germinabilidade e viabilidade total (mais de 85% após 6 anos) (Marchante et al., 2010b). A viabilidade das sementes é mais baixa (cerca de 70 %) em áreas invadidas há muito tempo sendo este valor compensado pelo maior número de sementes no solo (3 vezes mais), o que compensa a perda de viabilidade das sementes com o tempo (Marchante et al., 2010b).

## 1.2. Gestão e metodologias de controlo de espécies invasoras

Atendendo aos impactes negativos decorrentes da dispersão das espécies exóticas invasoras, nomeadamente *A. longifolia*, é importante apostar em estratégias de gestão que incluam prevenção, deteção precoce e resposta rápida atempada (Figura 9) de forma a evitar a colonização por espécies invasoras (Marchante et al., 2014), com especial atenção nos ecossistemas dunares e nas áreas afetadas por incêndios. Os bancos de sementes, presentes mesmo que já não existam acácias vivas, não devem ser ignorados aquando da gestão.

Quando as espécies invasoras se estabelecem e dispersam no território é difícil a sua erradicação. Os objetivos passam a estar direcionados para a mitigação dos impactes nos ecossistemas e a redução das áreas invadidas. O controlo das espécies exóticas invasoras é um processo demorado e muito dispendioso, devendo as áreas invadidas ser alvo de uma gestão muito bem planeada. Tal implica delimitar e conhecer as características da área onde se quer intervir, identificar as características das espécies a combater, identificar as causas da invasão, avaliar os impactes, selecionar as metodologias adequadas à situação em concreto, priorizar e aplicar corretamente as ações de controlo (fases sequenciais: controlo inicial, de continuidade e de manutenção a longo prazo), procedendo à monitorização e avaliação do processo de recuperação (Figura 8) da área afetada ajustando o plano se necessário (Marchante et al., 2014).



Figura 8 - Ciclo de gestão de plantas invasoras

Fonte: <https://invasoras.pt/pt/gest%C3%A3o-de-plantas-invasoras>

Nas ações de controlo de espécies invasoras é essencial garantir a continuidade de tratamentos, caso contrário, tanto o trabalho como os investimentos anteriores tendem a ser perdidos (Duarte et al., 2023), devido à frequente (re)invasão das áreas intervencionadas.

Os métodos de controlo das plantas invasoras podem ser subdivididos em: controlo físico, controlo químico e controlo natural, isolados ou combinados (Duarte et al., 2023).

### 1.2.1. Controlo físico

O controlo físico pode ser realizado de forma manual, quando implica o uso das mãos e/ou ferramentas auxiliares, ou de forma mecânica, implicando o uso de máquinas e/ferramentas elétricas. O arranque das plantas manual ou com ferramentas auxiliares, como sacholas ou enxadas, deve garantir que não ficam raízes no solo. Este processo é adequado quando existem plântulas e indivíduos jovens provenientes de germinação sendo exequível em plantas um pouco maiores em solos arenosos. Este processo é de operacionalização fácil (apesar de moroso e dispendioso), impede a rebentação e pode não ter impacte ambiental se operacionalizado de forma a preservar espécies de interesse que concorram. No entanto, não é adequado para áreas extensas nem plantas de maiores dimensões (Plantas invasoras em Portugal, 2024; Duarte et al., 2024).

O descasque do tronco que constitui um processo que pode ser utilizado nas acácias australianas que formam rebentos após o corte. No entanto, no caso de *A. longifolia* não compensa o investimento pois esta espécie rebenta pouco após o corte e apresenta frequentemente porte arbustivo ramificado desde a base. É pouco adequado para povoamentos com plantas de menor porte/idade.

O corte das plantas, tão junto ao solo quanto possível remove a parte aérea da planta impedindo a formação de novas sementes que viriam a incorporar o banco de sementes. Pode ser aplicado em *A. longifolia* com algum sucesso, pois esta espécie não tem como ponto forte a formação de rebentos na touça, após o corte. Quando aplicado no final do outono/início de inverno a formação de rebentos é ainda menor (Duarte et al., 2024). Este método, se realizado de forma manual ou motomanual, não causa perturbação do solo. No entanto ao aumentar a luz recebida ao nível do solo pode haver a germinação de sementes e consequente (re)invasão. Logo deve ser um método acompanhado por outros tratamentos, nomeadamente a continuidade do controlo físico, ou combinado com métodos de controlo biológico ou até mesmo, como última alternativa, químicos (Duarte et al., 2023).

Os métodos mais frequentemente utilizados pelos gestores proprietários são o corte mecânico e motomanual (Marchante et al., 2023).

### 1.2.2. Controlo químico

O controlo químico é um método controverso pois recorre à aplicação de herbicidas (p.ex. pincelagem da touça, pulverização foliar ou injeção no tronco) pelo que há riscos de efeitos indesejados em espécies não-alvo e contaminação do meio ambiente. No entanto,

pode para algumas espécies de plantas ser muito eficaz quando combinado com outros métodos. No caso concreto de *A. longifolia*, uma vez que esta espécie nem sempre rebenta após o corte, a pulverização com herbicida realizada algum tempo depois do corte das plantas, quando as sementes germinam em grande quantidade (Plantas invasoras em Portugal, 2024) contribui para a redução do banco de sementes no solo, apresentando alguma eficácia no retardamento da (re)invasão (Campos et al., 2002). Nesta espécie, o controlo químico deve ser encarado como última alternativa, dado existirem métodos alternativos igualmente capazes de atrasar, ou reduzir imenso o reabastecimento do banco de sementes.

### 1.2.3. Fogo controlado

O fogo controlado pode, no caso das acácias, ser utilizado com o objetivo de quebrar a dormência das sementes, ativando a germinação do banco de sementes, após corte de plantas adultas, ajudando a diminuir o banco de sementes (Plantas invasoras em Portugal, 2024).

A ineficácia dos métodos de controlo de *A. longifolia* aplicados em Portugal, nomeadamente os métodos físicos e os químicos, está relacionada com a longevidade dos bancos de sementes, que garantem, nas áreas invadidas, a recuperação dos acaciais ao longo de décadas. Adicionalmente o elevado custo das ações de controlo e a falta de continuidade no acompanhamento/monitorização e avaliação das ações realizadas, contribuem para o insucesso das mesmas. Independentemente do método utilizado, a (re)invasão é inevitável se os controlos de continuidade forem negligenciados (Marchante et al., 2023; Duarte et al., 2023).

### 1.2.4. Controlo natural ou biológico

Nas regiões onde as espécies exóticas são introduzidas, não existem (na maior parte das situações) inimigos naturais que se alimentem delas, que lhes causem doenças, ou afetem a sua expansão de alguma forma. Este facto contribui em grande medida para o seu comportamento invasor. O controlo natural de plantas exóticas invasoras surge como uma alternativa mais sustentável (nomeadamente a nível dos impactes ambientais, financeiros e de recursos humanos) relativamente aos outros métodos de controlo (físico e químico), dado que recorre a inimigos naturais das regiões de onde as espécies invasoras são nativas, para diminuir o seu potencial invasor. Os agentes de controlo natural, também designados como agentes de controlo biológico na assunção da definição de Controlo Biológico Clássico, não exterminam completamente as plantas hospedeiras, mas auxiliam a diminuir a densidade, o vigor e/ou o potencial reprodutivo das espécies exóticas invasoras, retirando-lhes vantagem competitiva. Os agentes de controlo natural são introduzidos em novos territórios depois de testes rigorosos que garantam, tanto quanto possível, que os seus efeitos se vão limitar à planta invasora alvo (Plantas invasoras em Portugal, 2024).

Os agentes de controlo natural utilizados no combate à invasão por acácias australianas incluem, p. ex., gorgulhos que se alimentam das sementes, insetos que formam galhas em botões florais, larvas que comem folhas ou ainda fungos formadores de galhas.

Estes agentes podem causar um impacto significativo ao contribuir, nomeadamente, para a redução da produção de sementes (Strydom et al., 2017).

#### 1.2.4.1. *Trichilogaster acaciaelongifoliae* (Froggatt) (Hymenoptera: Pteromalidae)

*A. longifolia* possui, entre outros, um inimigo natural específico na Austrália, *Trichilogaster acaciaelongifoliae*, uma pequena vespa galhadora, eficaz no controlo desta espécie invasora. Fora da região de origem, o inseto *T. acaciaelongifoliae* é utilizado desde 1982 na África do Sul, com sucesso. Em Portugal os primeiros exemplares deste agente de controlo natural foram libertados em novembro de 2015 em oito locais invadidos por *A. longifolia* ao longo da costa portuguesa, entre Esposende e São Pedro de Moel (Figura 9). As primeiras galhas formadas por este agente de controlo natural foram detetadas na primavera seguinte em cinco dos oito locais de libertação inicial: Dunas de São Jacinto, Tocha, Quiaios, São Pedro de Moel e Coimbra (López-Núñez et al., 2021) sendo atualmente possível observar estas galhas, um pouco por todo o litoral do país (Figura 10) (Marchante et al., 2024).



Figura 9- *A. longifolia* com população estabelecida de *T. acaciaelongifoliae*, Dunas de Quiaios, 2024.  
Fonte: FMM

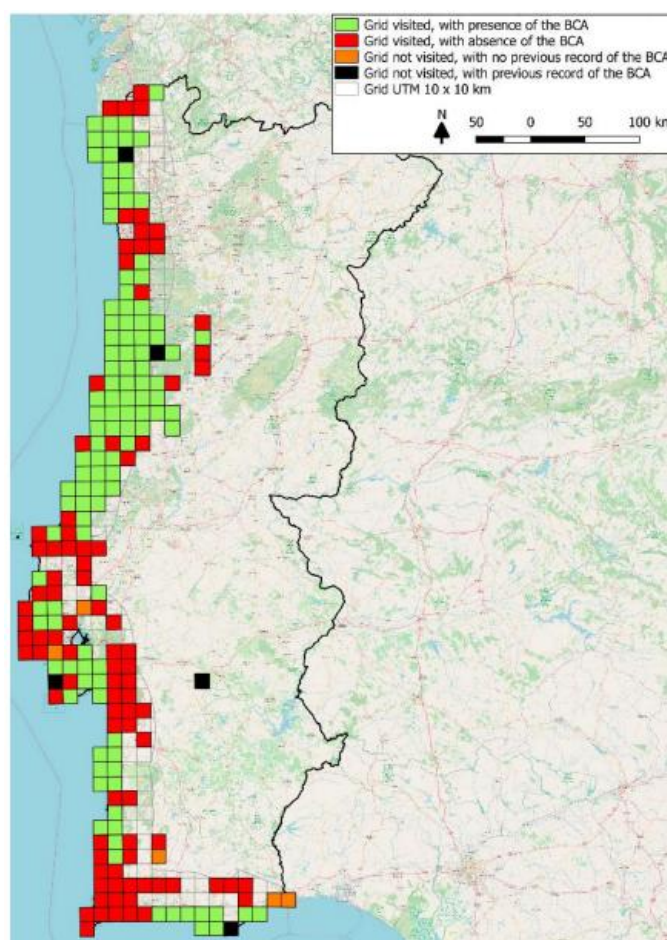
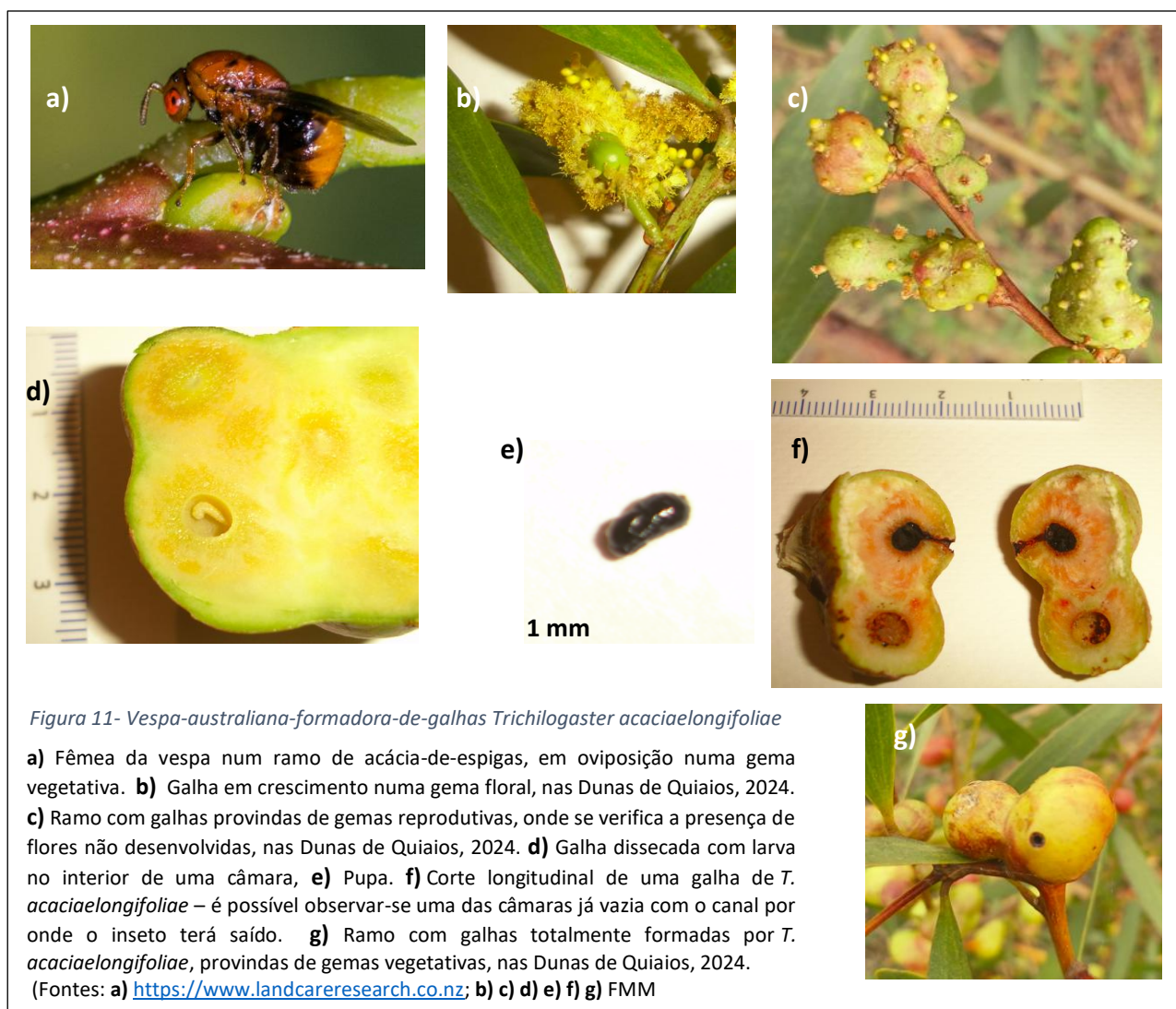


Figura 10- Presença ou ausência de *T. acaciaelongifoliae* em todo o litoral de Portugal em 2023, utilizando uma grelha de 10 x 10 km.  
Fonte: (Marchante, et al., 2024)

A vespa-australiana-formadora-de-galhas *T. acaciaelongifoliae* tem um ciclo de vida univoltino, isto é, uma geração por ano. No entanto, há alguns fortes indícios deste agente poder, em Portugal, completar o seu ciclo de vida em menos de um ano. A maior parte do

ciclo de vida anual é passado como ovo, larva e pupa dentro das galhas<sup>1</sup> em desenvolvimento (Nunes et al., 2024).

As fêmeas, após emergirem da galha fazem a oviposição preferencialmente nas gemas florais e, não as encontrando, nas gemas vegetativas de *A. longifolia*, morrendo passados dois a três dias. Nas gemas florais, onde são depositados os ovos do inseto, em lugar das flores formam-se galhas (Shaw et al., 2017) (Figura 11) chegando a impedir a formação de até 95% das sementes (López- Núñez et al., 2021).



Estudos de monitorização realizados em Portugal sobre o estabelecimento, propagação e impactes decorrentes da introdução do agente de controlo natural *T. acaciaelongifoliae*, demonstram que o estabelecimento foi lento nos primeiros anos (pois houve necessidade de a espécie ajustar o seu ciclo de vida anual, do hemisfério sul para o hemisfério norte), mas teve sucesso. Em 2019 e 2020 foram medidos os impactes decorrentes da sua introdução evidenciando uma redução do número de vagens (84,1%), sementes (95,2%) e ramos secundários (menos 33%) (López-Núñez et al., 2021) nas árvores avaliadas.

<sup>1</sup> - “Excrescência nos vegetais, causada pela ação de certos insetos, fungos ou bactérias.” (Árvores e Arbustos de Portugal, s.d.)

Este agente de controlo específico continua a ser alvo de monitorização, e até à data não apresenta efeitos em espécies não-alvo (Marchante et al., 2024).

Este agente de controlo natural reduz significativamente a produção de flores e vagens, reduzindo consequentemente a produção de sementes, o que impede a conclusão do ciclo de vida de *A. longifolia*. Assim, evita-se o aumento do banco de sementes e reduz o risco de (re)invasão das áreas após a intervenção (Plantas invasoras em Portugal, 2024). Adicionalmente, também há a considerar o facto de a formação de galhas ser um consumidor de nutrientes que induzem stress e afetam o crescimento da planta hospedeira podendo, em situações mais pontuais de plantas em stress e produção elevada de galhas, levar à sua morte.

## 2. Objetivos do estudo

Sendo *A. longifolia* uma das espécies exóticas com maior dispersão em Portugal e o uso de um agente de controlo natural ser recente no país, a avaliação do seu efeito é da maior relevância no que se pretende ser uma prática de controlo eficaz, exemplar e sustentável no tempo. O principal objetivo deste trabalho é compreender a relação entre *T. acaciaelongifoliae* e a dimensão e longevidade do banco de sementes, bem como a sua viabilidade após oito anos de estabelecimento do agente de controlo natural, considerando também as ações de controlo mecânico implementadas assim como o efeito do fogo na quebra da dormência das sementes.

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- 1) Determinar se o agente de controlo natural está a contribuir para a estabilização ou redução do banco de sementes de *A. longifolia*
- 2) Avaliar a eficácia da integração do controlo natural com outros métodos de controlo, na redução do banco de sementes;
- 3) Avaliar a viabilidade das sementes mediante diferentes estímulos: escarificação e tratamento térmico a 80<sup>0</sup> C, por 10 minutos para simular, respetivamente, controlo físico e fogo.

### 3. Materiais e métodos

#### 3.1. Caracterização das áreas de estudo

Este estudo foi realizado em quatro áreas distintas: Dunas de São Jacinto (SJD), Dunas da Tocha (TOC), Dunas de Quiaios (QUD) e Dunas de S. Pedro de Moel (SPM) (Figura 12) que têm em comum a libertação do agente de controlo natural, *T. acaciaelongifoliae* em novembro de 2015.

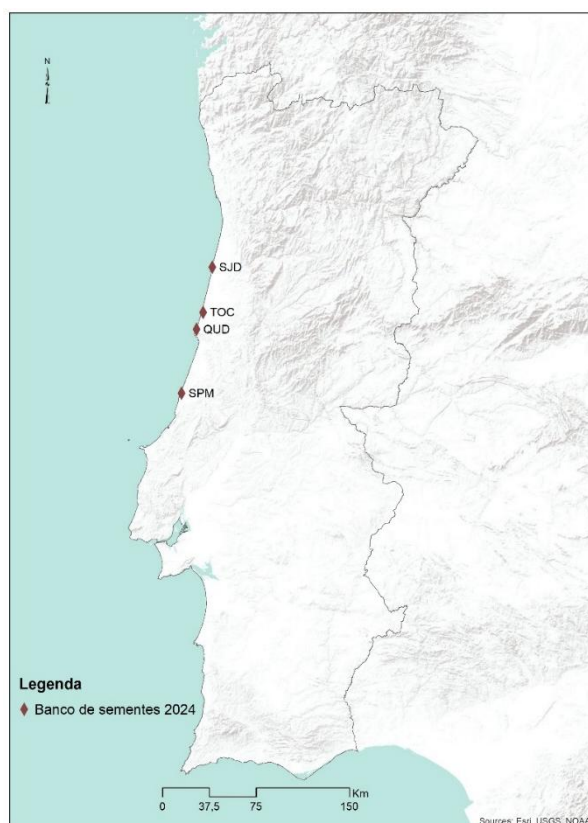
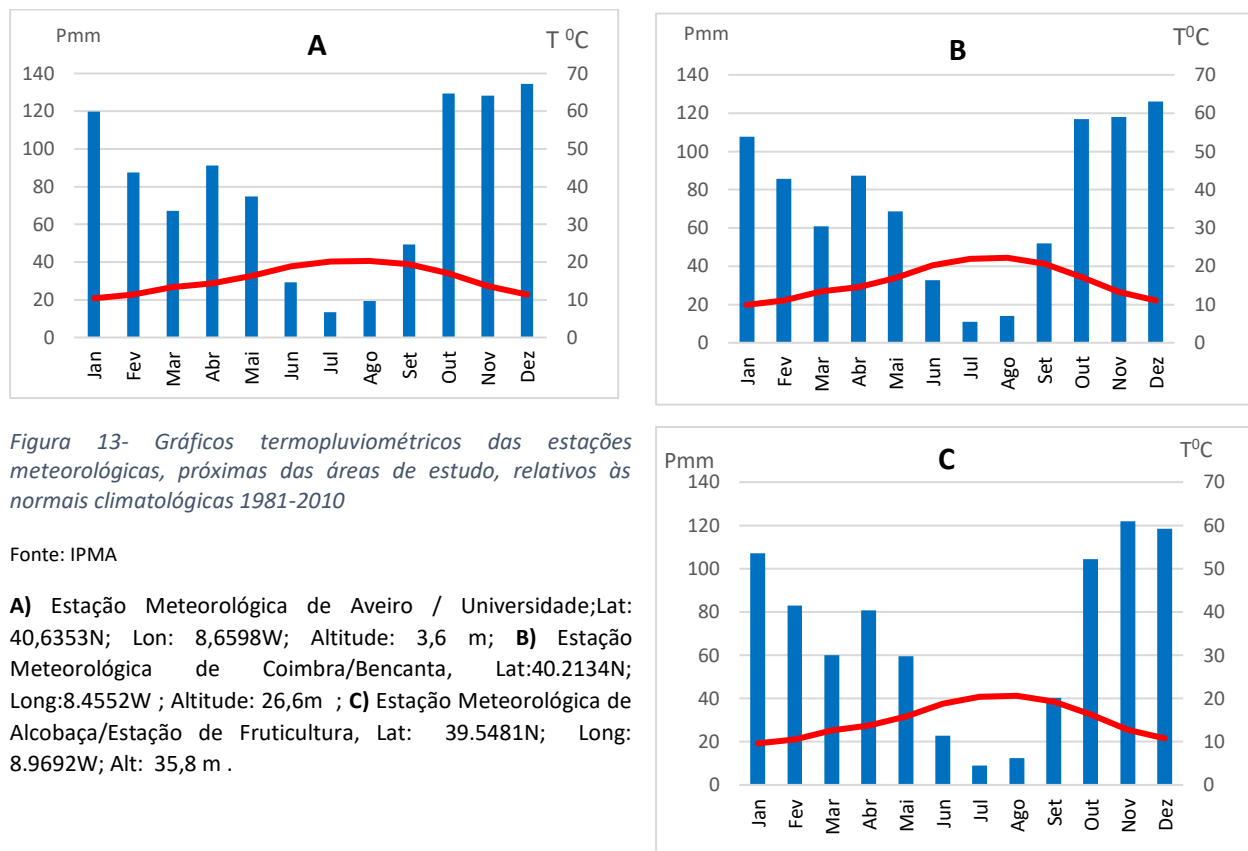


Figura 12-Localização das áreas de estudo para avaliação do efeito do agente de controlo natural *T. acaciaelongifoliae* no banco de sementes de *A. longifolia*.

A área de estudo nas Dunas de S. Jacinto está localizada na Reserva Natural com o mesmo nome, situada na restinga norte, que separa o Oceano Atlântico (a oeste) da Ria de Aveiro (a este) ocupando parte do território da freguesia de São Jacinto, no concelho de Aveiro, distrito de Aveiro. A área de estudo nas Dunas da Tocha está localizada mais a Sul, no concelho de Cantanhede, distrito de Coimbra. A área de estudo das Dunas de Quiaios está localizada no concelho da Figueira da Foz, distrito de Coimbra. A área de estudo das Dunas de

S. Pedro de Moel é a que se localiza mais a sul, de entre as áreas de estudo, situando-se no concelho da Marinha Grande, distrito de Leiria.

Segundo os gráficos termopluviométricos/bioclimáticos das estações meteorológicas mais próximas das áreas de estudo (Dunas de S. Jacinto - Aveiro/Universidade; Dunas da Tocha e Dunas de Quiaios - Coimbra Bencanta e Dunas de S. Pedro de Moel - Alcoaça/Estação de Fruticultura) o clima é Temperado Mediterrâneo, com influência atlântica, que se caracteriza por ter verões quentes e secos, e invernos amenos e húmidos (Figura 13).



De salientar que o verão nas diferentes áreas de estudo apresenta 3 meses secos ( $P < 2 \times T$ ), com temperaturas iguais ou superiores a  $25^{\circ}\text{C}$  (Aveiro 42 dias/ano; Coimbra 117 dias/ano; Alcoaça 41 dias/ano) e, temperaturas máximas acima dos  $39^{\circ}\text{C}$  (Aveiro  $39,3^{\circ}\text{C}$ ; Coimbra  $41,6^{\circ}\text{C}$  e Alcoaça  $41^{\circ}\text{C}$ ). No que respeita aos valores de precipitação anual Aveiro apresenta 994 mm, Coimbra 880 mm e Alcoaça 819 mm (Tabela 1).

No que respeita ao relevo, as áreas de estudo estão localizadas em sistemas dunares (dunas secundárias: S. Jacinto, Tocha e Quiaios; dunas estabelecidas: S. Pedro de Moel).

As áreas de estudo das Dunas de S. Jacinto, Tocha e Quiaios apresentam solos do mesmo tipo: regossolos dístricos, que se caracterizam por ser solos incipientes, resultantes de rochas arenosas e areníticas não consolidadas, e que não apresentam horizontes diferenciados. Na área de estudo das Dunas de S. Pedro de Moel os solos são podzóis órticos, mais evoluídos, com um horizonte superficial mais escuro em resultado da acumulação de matéria orgânica e alumínio e um horizonte B, mais pobre em matéria orgânica. Têm uma textura ligeira com bastante areia (Floresta.pt, 2024; DGADR, 2024; Carta dos Solos de Portugal, 1971).

A vegetação dominante na área das Dunas de S. Jacinto é constituída por um povoamento de *A. longifolia* estabelecida e de grande densidade (Figura 14). Esta área de estudo está integrada na Reserva Natural das Dunas de S. Jacinto (RNDSJ) na Rede Natura 2000 - ZPE “Ria de Aveiro” PTZPE0004 e ZEC “Ria de Aveiro” PTCON0061 (Tabela 1).



FMM

Figura 14- A vegetação dominante nas Dunas de S. Jacinto, 26 de maio de 2024, evidenciando elevada densidade de *A. longifolia*.

As Dunas da Tocha caracterizam-se como área plantada de *P. pinaster* e algumas *A. longifolia* em início de estabelecimento com plantas jovens e baixa densidade (Figura 15). Tal como nas restantes áreas, em 2015 foi libertado *T. acaciaelongifoliae* e verificou-se o estabelecimento logo a partir do primeiro ano (López-Núñez et al., 2021). Porém, a população deste agente de controlo natural foi totalmente destruída durante a passagem do grande incêndio florestal ocorrido em outubro de 2017, que causou a destruição do povoamento de *P. pinaster* e do estrato arbustivo de *A. longifolia* aí existentes à data. Em 2020 houve a remoção das árvores queimadas e em 2023 foi realizada a preparação do terreno e plantação de *P. pinaster*.



FMM

Figura 15-A vegetação dominante nas Dunas da Tocha, 22 de maio de 2024, resultado de diferentes eventos que levaram à destruição da vegetação pré-existente.

As Dunas de Quiaios são dominadas por *A. longifolia* com porte arbustivo (Figura 16A) ou árvores de pequeno porte (Figura 16B) que se desenvolvem com grande densidade na duna secundária com exposição moderada ao vento. As áreas de estudo das Dunas da Tocha e a das Dunas de Quiaios integram ambas a Rede Natura 2000 - ZEC- “Dunas de Mira, Gândara e Gafanha” - PTCO0055.



Figura 16-A vegetação dominante nas Dunas de Quiaios, 22 de maio de 2024, evidenciado áreas de acácias de porte arbustivo e áreas de árvores de pequeno porte.

Na área de estudo das Dunas de S. Pedro de Moel, integrada na Mata Nacional de Leiria, existe um povoamento contínuo de *P. pinaster* com manchas de *A. longifolia* dispersas, no estrato arbustivo (Figura 17). Desde a libertação de *T. acaciaelongifoliae* em 2015, esta área foi sujeita a duas intervenções de corte mecânico com destroçador (controlo físico). A primeira em 2020 procedeu ao corte da mancha contínua de *A. longifolia* existente no subcoberto do povoamento de *P. pinaster*, deixando algumas acácias de porte arbóreo previamente marcadas para a manutenção da população de *T. acaciaelongifoliae*. Em 2023 foi realizado novo controlo da vegetação no subcoberto do pinhal, incluindo o corte de *A. longifolia*, no povoamento de *P. pinaster*.



Figura 17- A vegetação dominante nas Dunas de S. Pedro de Moel, 29 de maio de 2024, evidenciando a existência de um povoamento contínuo de *P. pinaster* com manchas de *A. longifolia*.

Tabela 1- Síntese de Informações relativas às áreas de estudo

ÁREAS DE ESTUDO	Localização	CLIMA	RELEVO/SOLOS	COBERTO VEGETAL (Maio 2024)	EVENTOS/CONTROLO	OBSERVAÇÕES
<b>DUNAS DE S. JACINTO (SJD)</b>	Concelho de Aveiro, Distrito de Aveiro  Long -8,7412692 Lat. 40,6736717 Alt. 9 m	Estação Meteorológica de Aveiro/Universidade Clima Temperado Mediterrâneo com influência atlântica - Tmédia=15,3°C; - TMax=39,3°C; - Tmin = 5°C; - T>=25°C - 42 dias; - T<0°C - 1,1 dias; - 3 meses secos; - Total Anual Prec.=994mm	Dunas secundárias  Regossolos dístricos	Povoamento estabelecido de <i>A. longifolia</i> com grande densidade de plantas.	2015 – Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i>	Rede Natura (Reserva Natural das Dunas de S. Jacinto) -ZPE “Ria de Aveiro” PTZPE0004 e ZEC “Ria de Aveiro” PTCON0061
<b>DUNAS DA TOCHA (TOC)</b>	Concelho de Cantanhede, Distrito de Coimbra  Long -8,8231204 Lat. 40,3460390 Alt. entre 15 e 20 m	Estação Meteorológica de Coimbra/Bencanta  Clima Temperado Mediterrâneo com influência atlântica - Tmédia=15,7°C; - TMax=41,6°C; - Tmin 5,4°C; - T>=25°C - 117 dias; - T<0°C - 5,3 dias; - 3 meses secos; - Total Anual Prec.=880mm	Dunas secundárias  Regossolos dístricos	Plantação de <i>P. pinaster</i> recente com <i>A. longifolia</i> em início de estabelecimento: plantas jovens, com baixa densidade.	2015 - Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i> 2017 - Incêndio em outubro com destruição de povoamento de <i>P. pinaster</i> e do estrato arbustivo de <i>A. longifolia</i> 2020- Remoção das árvores queimadas; 2023- Preparação do terreno e plantação de <i>P. pinaster</i>	Rede Natura 2000 - ZEC-“Dunas de Mira, Gândara e Gafanha” PTCON0055
<b>DUNAS DE QUIAIOS (QUD)</b>	Concelho da Figueira da Foz, Distrito de Coimbra  Long. -8,8862592 Lat. 40,2234437N Alt. entre 13 e 26 m		Duna secundária e Duna estabelecida (superfície aplanada)  Regossolos dístricos	Povoamento de <i>A. longifolia</i> com porte arbustivo ou árvores de pequeno porte que se desenvolvem com grande densidade.	2015 - Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i>	
<b>DUNAS DE S. PEDRO MOEL (SPM)</b>	Concelho da Marinha Grande, Distrito de Leiria  Long. -9,0208314 Lat. 39,7588214 Alt. entre 30 e 40 m	Estação Meteorológica de Alcobaça/Estação de Fruticultura  Clima Temperado Mediterrâneo com influência atlântica - Tmédia=14,8°C; - TMax=41°C; - Tmin =6,4°C; - T>=25°C - 78,1 dias; - T<0°C - 20,8 dias; - 4 meses secos; - Total Anual Prec.=819mm	Dunas estabelecidas  Solos Podzóis órticos	Povoamento de <i>P. pinaster</i> com manchas de <i>A. longifolia</i> dispersas, no estrato arbustivo.	2015 - Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i>  2020 - Corte de <i>A. longifolia</i> (mancha contínua) no povoamento de <i>P. pinaster</i>  2023 - Corte de <i>A. longifolia</i> no povoamento de <i>P. pinaster</i>	Mata Nacional de Leiria

### 3.2. Recolha de amostras do banco de sementes e processamento em laboratório

A recolha das amostras para avaliação do banco de semente de *A. longifolia*, relativa às áreas de estudo, foi realizada durante o mês de maio de 2024, antes do início da queda da semente de 2024. No banco de sementes avaliado estão incluídas as sementes presentes ao nível do solo e da folhada associada. A recolha de cada uma das amostras foi realizada sob a copa, junto à planta-mãe, onde a maior parte das sementes se concentram (Marchante et al., 2010a). Selecionado o local, para a recolha de uma amostra foi retirada a folhada, num círculo de 17 cm de diâmetro, e colocada num saco fechado devidamente etiquetado. De seguida foi colhida a amostra de solo, com recurso a um cilindro (7,5 cm de diâmetro X 10 cm de altura; 44 cm<sup>2</sup>), para a recolha de 3 amostras contíguas de solo (amostra composta). Após breve crivagem, para extrair as partículas de solo inferiores a 2 mm, a amostra foi colocada em saco fechado também devidamente identificado (Figura 18). Em cada uma das quatro áreas de estudo foram recolhidas 40 amostras, à semelhança do que foi feito em 2015, antes da libertação de *T. acaciaelongifoliae*.



Figura 18-Processo de recolha de amostras do banco de sementes, nas diferentes áreas de estudo.

A) Aspecto após retirada da folhada; B) Material utilizado para recolha das amostras; C) Retirada de solo dentro do cilindro; D) Solo para crivar de forma a retirar as partículas de menor dimensão; E) colocação do solo em sacos para posterior tratamento; F) Aspecto do solo após retirada de uma amostra.

De modo às amostras serem representativas do efeito do agente de controlo natural, a recolha privilegiou as árvores de libertação inicial do agente ou que tem evidência de galhas há mais tempo. Posto isto, nas Dunas de S. Jacinto a recolha das 40 amostras foi realizada

paralelamente à linha da costa; nas Dunas da Tocha a recolha foi feita em duas áreas distintas, paralelas à linha da costa (20 amostras em cada área); nas Dunas de Quiaios a recolha das amostras foi realizada na diagonal NNO/SSE (22 amostras) e na perpendicular à linha da costa (18 amostras) e nas Dunas de S. Pedro de Moel foi realizada a recolha de modo aleatório em função da localização das manchas das plantas de *A. longifolia* (Figura 19) que germinaram após a última intervenção de corte. Esta distribuição permite estabelecer comparação com as amostras recolhidas num estudo da equipa, realizado em 2015 (dados ainda não publicados).



Figura 19-Distribuição das áreas de recolha de amostras nas Dunas de S. Jacinto (A), Tocha (B), Quiaios (C) e S. Pedro de Moel (D).

### Trabalho de laboratório

Após a recolha em campo, as amostras foram levadas para laboratório, distribuídas por pratos de plástico e colocadas a secar numa estufa com ar forçado a 38°C durante 12-36h.

Em laboratório, as amostras foram caracterizadas e crivadas primeiro passando por uma malha de 5mm (apenas as de folhada) e depois 2mm (Filtro Vibracion, Espanha, e Retsch, Haan, Alemanha, respetivamente) para posterior separação manual, remoção e contagem das sementes (Figura 20).

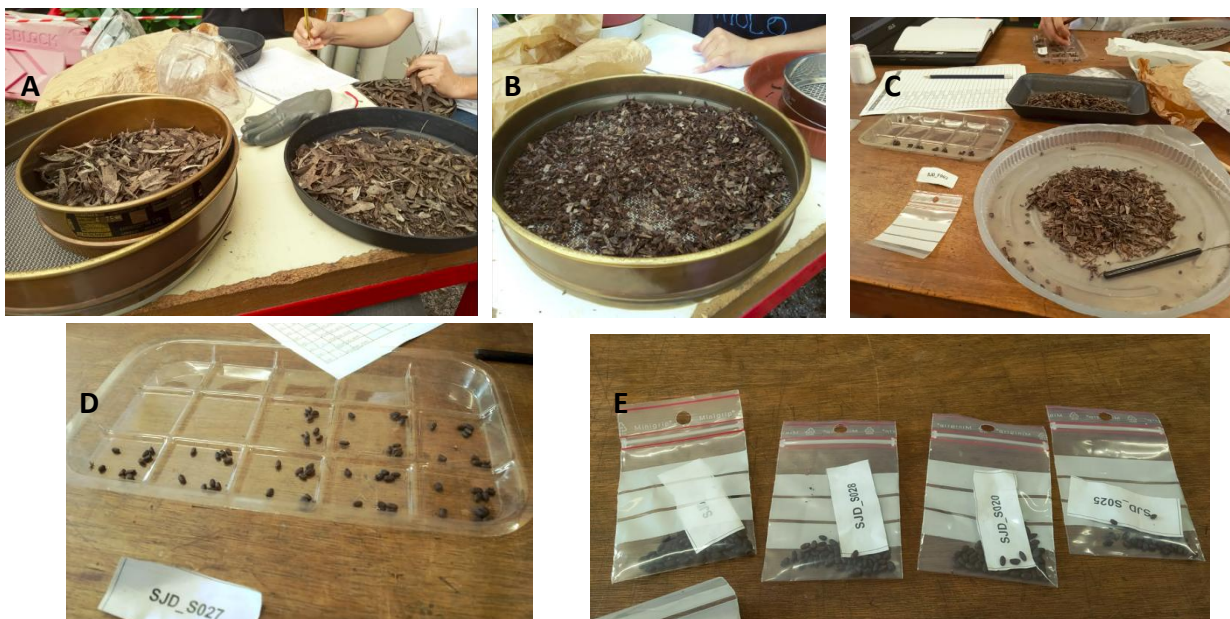


Figura 20- Processo de crivagem da folhada e do solo para contagem das sementes de cada amostra.

A) Folhada para crivar; B) Solo no crivo; C) Recipiente para contagem das sementes; D) Sementes contadas; E) Sementes contadas por amostra identificada.

### 3.3. Avaliação da viabilidade das sementes

Para cada área de estudo e tipo de tratamento (controle, 80°C e escarificação), foram separadamente, colocadas 100 sementes maduras provenientes do solo e outras 100 da folhada, exceto nos casos pontuais em que o número de sementes disponíveis era menor: na Tocha, no solo (76 sementes) e S. Pedro de Moel, na folhada (45 sementes) (Tabela 2).

Tabela 2- Informação sobre as amostras e tratamentos, para cada área de estudo.

ÁREAS DE ESTUDO	TRATAMENTOS	BANCO DE	Nº DE SEMENTES
<b>SJD</b>	Controlo (V1)	Folhada	100
		Solo	100
	80°C, 10 minutos (V2)	Folhada	100
		Solo	100
	Escarificação (V3)	Folhada	100
		Solo	100
<b>TOC</b>	Controlo (V1)	Folhada	100
		Solo	76
	80°C, 10 minutos (V2)	Folhada	100
		Solo	76
	Escarificação (V3)	Folhada	100
		Solo	76
<b>QUD</b>	Controlo (V1)	Folhada	100
		Solo	100
	80°C, 10 minutos (V2)	Folhada	100
		Solo	100
	Escarificação (V3)	Folhada	100
		Solo	100
<b>SPM</b>	Controlo (V1)	Folhada	45
		Solo	100
	80°C, 10 minutos (V2)	Folhada	45
		Solo	100
	Escarificação (V3)	Folhada	45
		Solo	100

De seguida, numa câmara de fluxo laminar, procedeu-se à desinfeção das sementes, mergulhando as sementes em álcool etílico a 96% durante 30 segundos após escorridas as sementes foram mergulhadas em lixívia a 4% durante 2 minutos e por fim foram lavadas em água destilada durante 30 segundos (Crisóstomo et al., 2007) (Figura 21A).

A germinação das sementes recolhidas no banco de sementes das quatro áreas de estudo foi testada em situação de controlo (V1) e em dois tratamentos para a quebra da dormência: escarificação mecânica, cortando o tegumento numa das extremidades da semente com um bisturi (V2) (Figura 21B); e o tratamento a 80°C, durante 10 minutos (V3) (Figura 21D). A escarificação mecânica foi realizada com o objetivo de simular o possível dano do tegumento, na natureza. O tratamento a 80°C foi selecionado por ser a combinação de temperatura e tempo que, simulando o efeito do fogo, representa outro estímulo, favorecendo a germinação de sementes desta espécie de acácia (são necessárias temperaturas entre 80°C a 110°C por não mais de 10 minutos) (Riveiro et al., 2020).

As sementes foram distribuídas em placas de Petri (Figura 21C) previamente esterilizadas, contendo algodão e papel de filtro, também esterilizados, com réplicas de, no máximo, 50 sementes por placa.

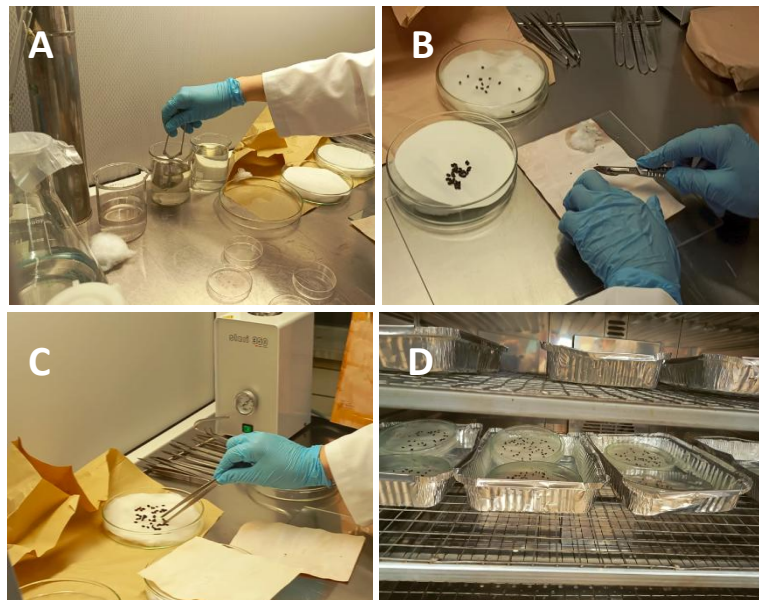


Figura 21-Preparação das sementes para o teste de germinação.

A) Processo de desinfecção das sementes; B) Processo de escarificação mecânica; C) Colocação das sementes nas placas de Petri; D) Sementes na estufa a 80°C, durante 10 minutos.

Após a distribuição das sementes pelas placas de Petri, procedeu-se ao humedecimento do algodão e do papel de filtro, com 20 ml de água destilada. Cada placa foi tapada, selada para evitar a perda de humidade e identificada (Figura 22).

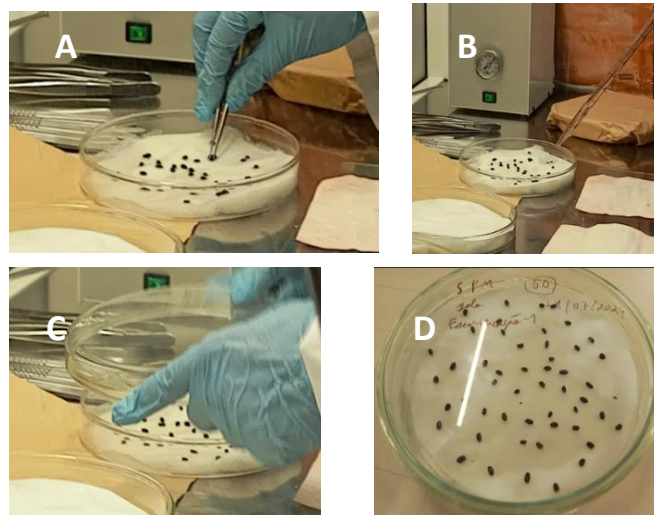


Figura 22-Preparação das placas de Petri com as sementes para colocação na estufa.

A) Distribuição das sementes na placa Petri ; B) Humedecimento com 20ml de água destilada; C) As placas de Petri fechadas e seladas; D) Identificação das placas com as amostras de sementes.

As placas de Petri foram, por fim, colocadas numa estufa a 25°C para germinação das sementes, em ambiente escuro (Figura 23), durante 43 dias, até à maioria das sementes ter germinado, com o objetivo de simular as condições ambientais favoráveis para a germinação das sementes (Marques, 2014).



Figura 23-Estufa a 25°C para germinação das sementes.

Ao longo dos 43 dias foi sendo feita a monitorização, de modo a registar o número de sementes que foram germinando: em média, de dois em dois dias (Anexo 1). As sementes que apresentassem radículas com mais de 2 mm, foram retiradas das caixas e registadas como germinadas (Figura 24). Este critério foi baseado no estudo de López et. al (1999) no qual as sementes são contabilizadas como germinadas quando apresentam uma radícula com, pelo menos, 1 mm de comprimento, e previamente testado por Marchante et al. (2010b) e Duarte et al. (2023).

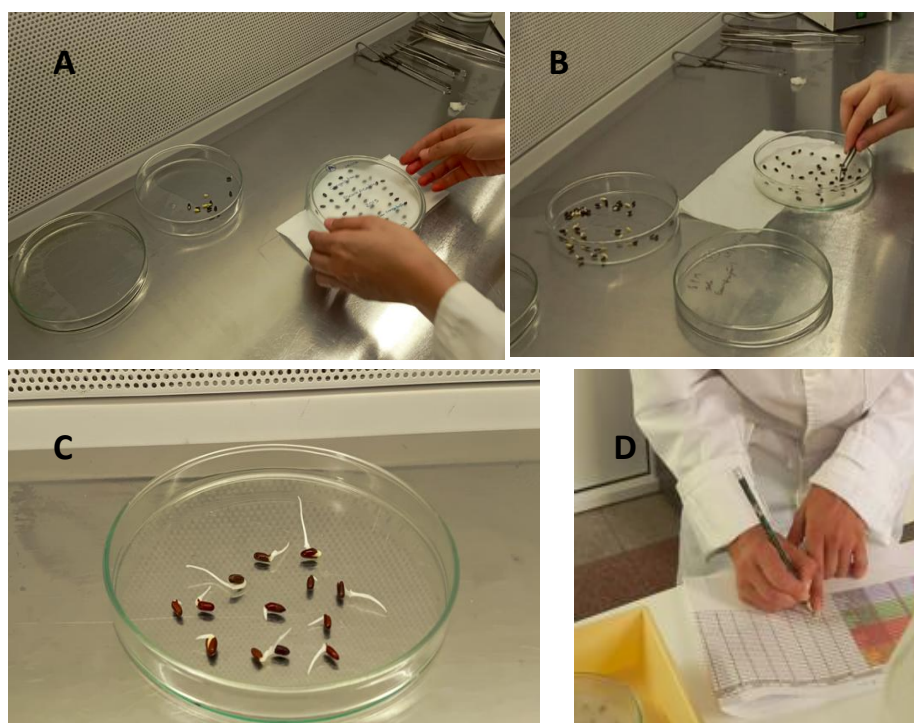


Figura 24- Processo de monitorização.

A) Abertura da placa de Petri; B) retirada das sementes germinadas; C) sementes com radícula; D) Registo das observações.

### 3.4. Análise estatística dos dados

Os dados recolhidos foram organizados em Excel e posteriormente procedeu-se à análise estatística descritiva, de onde obtivemos os resultados e os gráficos. Efetuou-se uma análise de variância (ANOVA) de dois fatores para avaliar o efeito do Ano e do Local sobre o

banco de sementes, incluindo a interação entre os fatores. Esta análise foi efetuada no Excel, utilizando a opção ANOVA de dois fatores com repetição, com um nível de significância de 0,05. Quando se detetaram diferenças significativas entre os locais e/ou anos, estas foram exploradas com o pacote Emmeans (Lenth, 2024) utilizando para tal um Modelo Linear Misto, tendo o número de sementes [com transformação  $\log(x+1)$ ] como variável resposta, a interação entre o Ano e o Local como efeito fixo, e o código da amostra como fator aleatório. Estas análises foram realizadas no R, versão 4.3.1 (R Studio Team, 2023).

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Quantificação do banco de sementes

De acordo com os dados obtidos em 2024, relativos ao banco de sementes (Tabela 3 e Anexo 2), nas áreas de Dunas de S. Jacinto ( $6517,20 \pm 603,85$  sementes/m<sup>2</sup>) e Dunas de Quiaios ( $5442,21 \pm 1158,13$  sementes/m<sup>2</sup>), onde o único método de controlo foi o controlo natural com *T. acaciaelongifoliae* (Tratamento C1), registou-se um número de sementes acumuladas por m<sup>2</sup> significativamente ( $F_3=17,12$ ;  $p<0,001$ ) superior aos valores registados nas Dunas de Tocha ( $1081,16 \pm 270,13$  sementes/m<sup>2</sup>) e Dunas de S. Pedro de Moel ( $1346,80 \pm 192,96$  sementes/m<sup>2</sup>), as quais foram sujeitas a controlos adicionais (Tratamentos: C2 - ocorrência de incêndio seguido de remoção das árvores queimadas e plantação de *P. pinaster* e C3 - dois cortes de *A. longifolia*). Esta diferença pode ainda ser justificada pelo facto, de já em 2015 (dados do projeto INVADER-B), nas Dunas de São Jacinto e nas Dunas de Quiaios, ter sido registado um maior número de sementes acumuladas, relativamente aos bancos de sementes nas Dunas de Tocha e nas Dunas de S. Pedro de Moel, eventualmente relacionado com mais tempo de permanência da invasão por *A. longifolia*.

O número total de sementes por m<sup>2</sup> aumentou de forma significativa ( $F_1 = 5,407$ ;  $p=0,021$ ) entre 2015 e 2024 em todas as áreas de estudo, com exceção nas Dunas de Tocha onde se registou uma diminuição no banco de sementes de  $2087,14 \pm 331,81$  em 2015, para  $1081,16 \pm 270,13$  sementes/m<sup>2</sup> em 2024. Nas Dunas de S. Pedro de Moel verificou-se um aumento do número médio de sementes mais ligeiro ( $915,63 \pm 141,09$  para  $1346,80 \pm 192,96$  sementes/m<sup>2</sup>) enquanto nas Dunas de Quiaios foi registado o maior aumento do número de sementes, de  $2883,64 \pm 415,68$  para  $5442,21 \pm 1158,13$  sementes/m<sup>2</sup> (Tabela 3). O facto de o estabelecimento do agente de controlo ter sido lento, após ter sido introduzido em finais de 2015, possibilitou que durante alguns anos após a sua libertação continuasse a haver uma produção intensa de sementes de *A. longifolia* que se acumularam no solo, onde podem ficar dormentes durante décadas. Por outro lado, o agente de controlo natural *T. acaciaelongifoliae* contribuiu para a diminuição do número de sementes produzidas anualmente, mas não afetou as sementes que já estavam acumuladas no banco de sementes e ainda se foram acumulando desde o estabelecimento do agente de controlo natural. Passados nove anos, ainda que tenha reduzido muito, a produção de sementes não parou completamente (Duarte et al., em preparação). Assim, ainda que a utilização de *T. acaciaelongifoliae* esteja a contribuir para um menor aumento do número de sementes por m<sup>2</sup>, no banco de sementes, espera-se que a diminuição efetiva só ocorra a partir de agora, em que a produção de sementes está de facto muito reduzida.

Tabela 3- Banco de sementes ( $n^{\circ}$  de sementes/ $m^2$ ), por tratamento, por área de estudo, em 2015 e em 2024.

ÁREAS DE ESTUDO (CÓDIGOS)	TRATAMENTOS: Integração do controlo natural com outros métodos de controlo	2015(*)	2024
		TOTAL SEMENTES por $m^2$ ( $\pm$ erro padrão)	TOTAL SEMENTES por $m^2$ ( $\pm$ erro padrão)
D. S. JACINTO (SJD)	2015 - Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i> (Controlo tipo 1 - C1)	4779,27 $\pm$ 665,41	6517,20 $\pm$ 603,85
D. TOCHA (TOC)	2015 - Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i> 2017 - Incêndio Rural 2020- Remoção das árvores queimadas 2023 - Plantação de <i>P. pinaster</i> (Controlo tipo 2 - C2)	2087,14 $\pm$ 331,81	1081,16 $\pm$ 270,13
D. QUIAIOS (QUD)	2015 - Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i> (Controlo tipo 1 - C1)	2883,64 $\pm$ 415,68	5442,21 $\pm$ 1158,13
D. S. PEDRO MOEL (SPM)	2015 - Libertação de <i>T. acaciaelongifoliae</i> 2020 - Corte de <i>A. longifolia</i> 2023 - Corte de <i>A. longifolia</i> (Controlo tipo 3 - C3)	915,63 $\pm$ 141,09	1346,80 $\pm$ 192,96

(\*) Fonte dos dados de 2015: Os valores do banco de sementes 2015 foram avaliados no projeto INVADER-B e facultados pelos investigadores do projeto, em cuja equipa decorreu este estágio.

Entre 2015 e 2024, o número de sementes na folhada não variou de forma significativa ( $F_1=0,004$ ;  $p=0,950$ ), no entanto existem diferenças entre locais ( $F_3=11,959$ ;  $p<0,0001$ ). Nas Dunas de S. Jacinto, de Quiaios e Tocha não se observaram diferenças significativas, enquanto nas Dunas de S. Pedro de Moel o número de sementes na folhada diminuiu de forma significativa (Figura 25). Por outro lado, o número de sementes de solo por  $m^2$  variou de forma significativa entre 2015 e 2024 ( $F_1=9,862$ ;  $p=0,002$ ), e entre locais ( $F_3=23,732$ ;  $p<0,0001$ ). No período entre 2015 e 2024, observou-se uma tendência para aumento do número de sementes no solo que apenas foi significativa em S. Pedro de Moel, com exceção das Dunas de Tocha, onde houve uma redução significativa (Figura 25).

De um modo geral, o número de sementes acumuladas na folhada é inferior ao número de sementes no solo, na maioria das áreas de estudo. Esta situação pode ser justificada pelo facto de no solo existirem sementes de há mais anos e/ou até décadas, que se acumulam à medida que “deslizam” ao longo da camada de folhada, permanecendo na folhada principalmente as sementes mais recentes. Uma das exceções foi nas Dunas de Tocha em 2024, em que o número de sementes na folhada superou o do solo. A ocorrência de um incêndio em 2017 terá eliminado muitas sementes (quer ao incrementar a germinação devido a quebra da dormência, quer por as ter queimado completamente), tanto do solo como da folhada, do qual ainda não recuperou. No entanto, como *A. longifolia* pode começar a produzir sementes aos 2 anos de idade (Milton et al., 1981), as acácias que germinaram após o incêndio terão produzido, entretanto, sementes que começaram a acumular-se na folhada.

A outra exceção ocorreu nas Dunas de São Pedro de Moel, cujo número de sementes da folhada também diminuiu entre 2015 e 2024. Esta redução poderá dever-se ao efeito cumulativo da redução de produção de sementes por ação do agente de controlo natural e das duas operações de corte de *A. longifolia*, em 2020 e 2023 (Tabela 3). As ações de corte do acacial e a perturbação aliada a estas intervenções causada pela deslocação de máquinas,

pode por um lado ter provocado dano às sementes acumuladas na folhada, favorecendo a sua germinação, e por outro, pode ter facilitado a transferência de sementes da folhada para o solo. Como o solo recebe sementes da folhada, a redução da produção de sementes não teve efeito imediato no abastecimento do solo, o que explica porque é que o número de sementes por m<sup>2</sup> do solo, ainda aumentou entre 2015 e 2024 (Zhang et al., 2017).

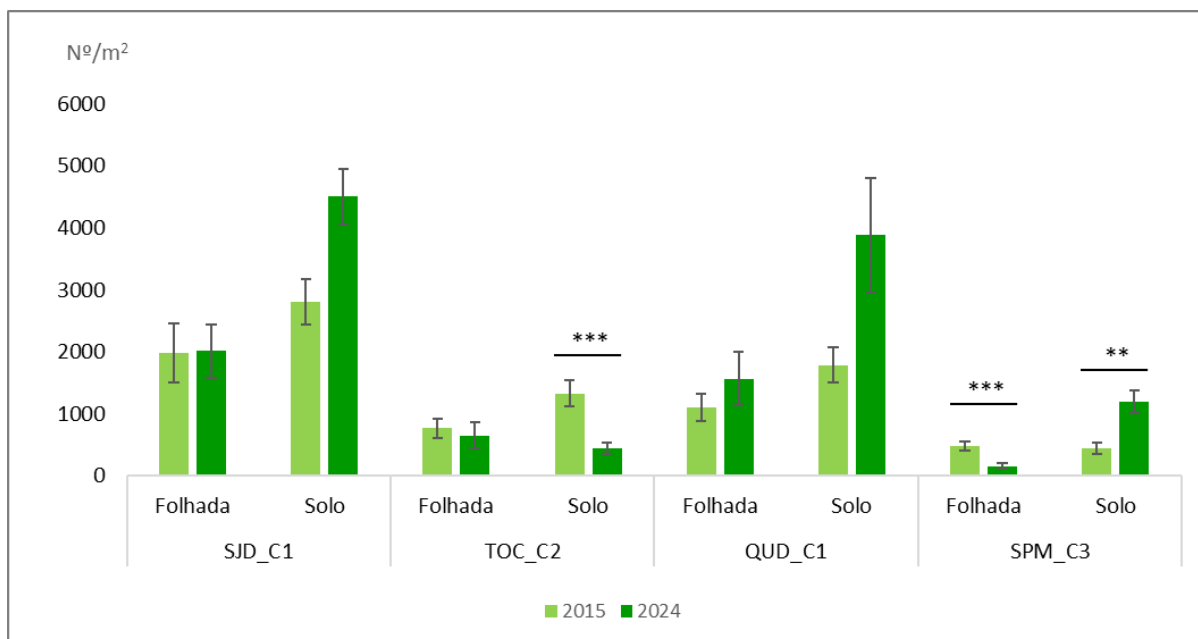


Figura 25-Número de sementes/m<sup>2</sup>, no banco de sementes (folhada e solo), em 2015 e 2024, por tratamento/área de estudo.

Os asteriscos indicam as diferenças significativas entre anos com base nas comparações realizadas com o Modelo Linear Misto (pacote emmeans) para cada local

Os bancos de sementes armazenados nos solos dificultam a remoção efetiva e sustentada das espécies invasoras (Strydom et al., 2017). O conhecimento da extensão e resiliência dos bancos de sementes não podem ser dissociados dos programas de gestão/controlo dos povoamentos de cada espécie invasora (Marchante et al., 2010b). Foi observado que o uso simultâneo e organizado de vários métodos de controlo é mais eficaz do que usar um único método (Duarte et al., 2023), no combate à invasora *A. longifolia*.

#### 4.2. Viabilidade das sementes

De acordo com a Tabela 4 e as Figuras 26 e 27, no que respeita à viabilidade das sementes e à sua taxa de germinação, há a registar que as sementes controlo (V1) apresentam uma taxa de germinação inferior, variando entre 11,8% e 46,0%, seguidas pelas sementes sujeitas a 80°C por 10 minutos (V2), com viabilidades entre 82,9 e 99% e, por fim, com taxas entre os 93,4 e 100% as sementes que foram sujeitas a escarificação mecânica (V3).

O grupo de sementes de controlo (V1) registou a maior percentagem de sementes em estado de dormência, já que não foram sujeitas a qualquer tratamento ou estímulo, e por isso permaneceram num estado de dormência que pode durar décadas (Marchante et al., 2010b; Marchante et al., 2014), até morrerem ou serem sujeitas a algum estímulo. De acordo com as Figuras 26 e 27, há a registar que a taxa de germinação das sementes de controlo das Dunas de S. Jacinto é superior às taxas de germinação das sementes de controlo das três áreas de estudo.

O valor mais elevado da taxa de germinação das sementes sujeitas a 80°C, relativamente às sementes do grupo de controlo, é justificado pelo facto de *A. longifolia* ser uma espécie pirófila, ou seja, a sujeição ao calor resulta num estímulo para a quebra da dormência e consequente germinação das suas sementes (Plantas invasoras em Portugal, 2024). A taxa de germinação mais elevada foi registada nas sementes sujeitas a escarificação mecânica. Este facto deve-se ao dano causado no tegumento que reveste a semente, o que facilitou a entrada de água, e consequentemente a germinação observada através da saída da radícula.

O grupo de sementes sujeitas a escarificação mecânica foi aquele que registou maior taxa de sementes não viáveis, devido ao apodrecimento, possivelmente porque o dano feito ao tegumento (que permite a entrada de água e facilita a germinação), deixou simultaneamente essas sementes mais vulneráveis a fungos e outros agentes decompositores.

Tabela 4- Percentagem de sementes germinadas, sementes viáveis não germinadas e sementes não viáveis, por tratamento, por área de estudo, em 2024.

ÁREAS DE ESTUDO (CÓDIGOS)	TRATAMENTOS VIABILIDADE (V)	BANCO DE SEMENTES	SEMENTES GERMINADAS (%)	SEMENTES NÃO GERMINADAS (%)	SEMENTES NÃO VIÁVEIS (*) (%)
D. S. JACINTO (SJD)	Controlo (V1)	Folhada	40	60	0
		Solo	46	54	0
	80°C (V2)	Folhada	99	1	0
		Solo	92	8	0
	Escarificação (V3)	Folhada	97	0	3
		Solo	100	0	0
D. TOCHA (TOC)	Controlo (V1)	Folhada	29	71	0
		Solo	11,8	88,2	0
	80°C (V2)	Folhada	83	16	1
		Solo	82,9	10,5	6,6
	Escarificação (V3)	Folhada	94	0	6
		Solo	93,4	0	6,6
D. QUIAIOS (QUD)	Controlo (V1)	Folhada	27	71	2
		Solo	29	71	0
	80°C (V2)	Folhada	96	3	1
		Solo	88	11	1
	Escarificação (V3)	Folhada	97	0	3
		Solo	95	0	5
D. S. PEDRO MOEL (SPM)	Controlo (V1)	Folhada	20	80	0
		Solo	29	71	0
	80°C (V2)	Folhada	95,6	4,4	0
		Solo	92	8	0
	Escarificação (V3)	Folhada	97,8	0	2,2
		Solo	99	0	1

(\*) - Sementes que apodreceram durante o processo

Com a exceção das sementes sujeitas a 80°C de Dunas de Tocha, todos os grupos de sementes sujeitos a 80°C ou a escarificação mecânica registam taxas de germinação entre 88 a 99%. De referir que não foram registadas grandes diferenças entre as taxas de germinação das sementes de folhada e de sementes do solo.

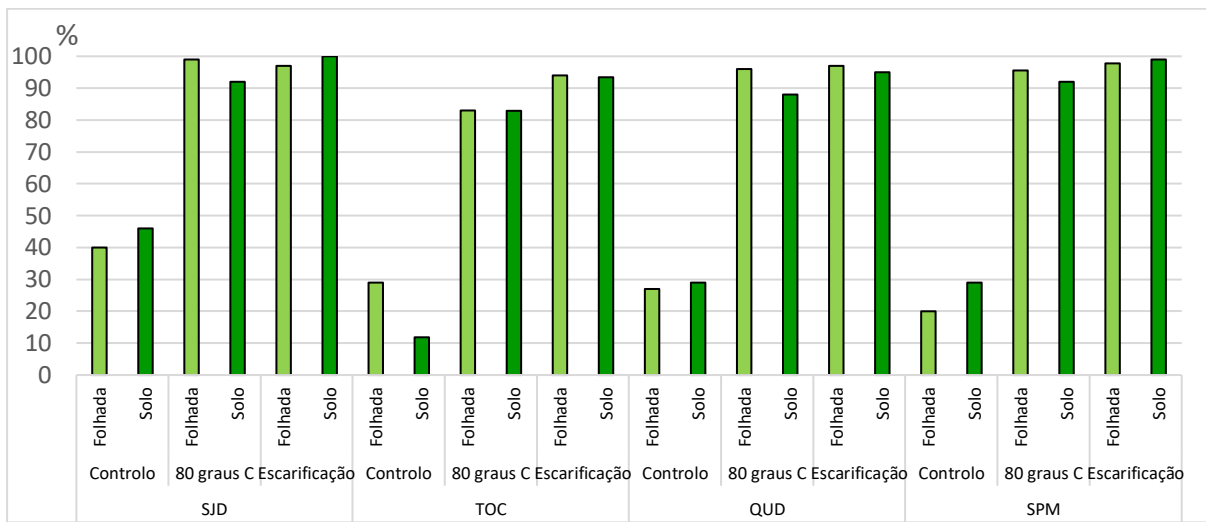


Figura 26-Taxa de germinação, por tratamento e por área de estudo, 2024

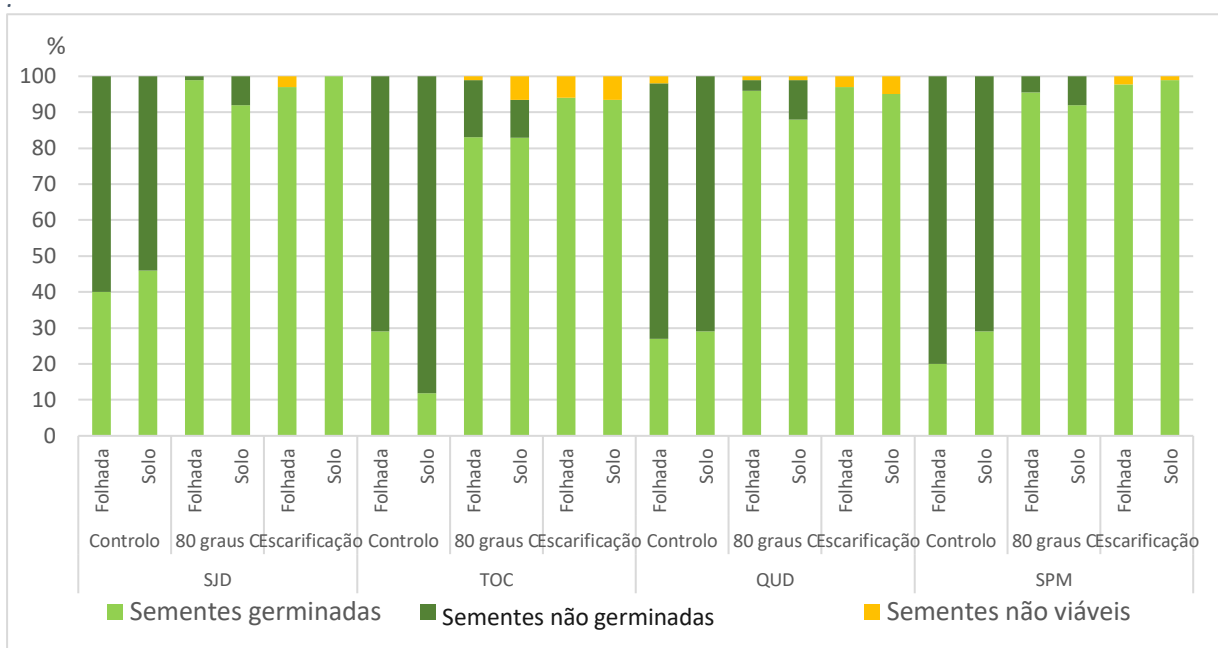


Figura 27-Percentagem de sementes germinadas, não germinadas e não viáveis, por tratamento/áreas de estudo, 2024.

De acordo com a Tabela 5 e Figura 28, o ritmo de germinação das sementes é diferente consoante os tratamentos aplicados nas quatro áreas de estudo. A maioria das sementes, sujeitas a escarificação mecânica, germinaram na primeira semana de monitorização, em todos os locais o que demonstra que, quando o tegumento é danificado, é favorecida uma germinação rápida. Nas Dunas de Quaios, Tocha e S. Pedro de Moel a taxa de germinação no grupo das sementes de controlo (V1) estabilizou por volta dos 20%, na segunda semana de monitorização. Em contraste, nas Dunas de S. Jacinto a taxa de germinação das sementes de controlo (V1) estabilizou em 40% na terceira semana de monitorização. O facto de a germinação das sementes nas dunas de São Jacinto ter ocorrido mais lentamente (atraso de uma semana) poderá significar que se trata de sementes mais novas do que as sementes das outras áreas de estudo, cujas sementes com maior maturidade, germinaram mais depressa (Riveiro et al., 2020, Arán et al., 2017). Observa-se que a taxa de germinação das sementes de controlo das Dunas de S. Jacinto (40%) é superior á da taxa de germinação das sementes de

controlo das outras áreas (20%), o que sugere que os tegumentos das sementes das Dunas de S. Jacinto estejam mais danificados do que nas outras áreas.

Em relação às sementes sujeitas a 80°C, nas Dunas de S. Jacinto, Quiaios e Tocha, a taxa de germinação estabilizou nos 90% na quarta semana, enquanto nas Dunas de S. Pedro de Moel a taxa de germinação estabilizou mais cedo, na segunda semana, nos 90%. Esta situação pode eventualmente atribuir-se ao facto de as sementes de S. Pedro de Moel estarem mais intactas, por serem sujeitas a menos perturbações e estímulos devido à proteção dos pinheiros, reagindo mais rapidamente aos estímulos do que as sementes sujeitas a uma temperatura de 80°C, nas outras áreas de estudo.

Os grupos de sementes sujeitas a escarificação das quatro áreas de estudo, mostraram padrões semelhantes relativamente à velocidade de germinação entre sementes da folhada e sementes do solo. Nos grupos de sementes sujeitas a 80°C, as diferenças foram maiores, mas no geral, as sementes de folhada e sementes de solo mantiveram velocidades semelhantes (embora a rapidez de germinação das sementes da folhada de S. Jacinto tenha sido inicialmente lenta).

Nos grupos de sementes de controlo, o padrão de germinação entre as sementes de folhada e sementes de solo é muito semelhante em Quiaios, e apresenta ligeiras diferenças nos outros locais, mas com padrões também semelhantes, sendo um pouco mais acentuada na Tocha, onde as sementes de folhada germinaram mais depressa na segunda semana.

Tabela 5- Percentagem de sementes germinadas, por tratamento, ao longo de seis semanas, nas áreas de estudo, em 2024.

ÁREAS DE ESTUDO	TRATAMENTOS VIABILIDADE (V)	BANCO DE SEMENTES	SEMANA 1 31/7 a 5/8		SEMANA 2 6/8 a 12/8		SEMANA 3 13/8 a 19/8		SEMANA 4 20/8 a 26/8		SEMANA 5 27/8 a 2/9		SEMANA 6 3/9 a 9/9	
			%	%	% Acumulada	%	% Acumulada	%	% Acumulada	%	% Acumulada	%	% Acumulada	
SJD	Controlo (V1)	Folhada	13,0	15,0	28	9,0	37	0,0	37	2,0	39	1,0	40	
		Solo	25,0	12,0	37	8,0	45	1,0	46	0,0	46	0,0	46	
	80°C (V2)	Folhada	13,0	18,0	31	45,0	76	16,0	92	2,0	94	5,0	99	
		Solo	35,0	32,0	67	15,0	82	8,0	90	2,0	92	0,0	92	
	Escarificação (V3)	Folhada	91,0	6,0	97	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Solo	96,0	4,0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOC	Controlo (V1)	Folhada	5,0	22,0	27	2,0	29	0,0	29	0,0	29	0,0	29	
		Solo	5,3	5,3	10,6	0,0	10,6	1,3	11,9	0,0	11,9	0,0	11,9	
	80°C (V2)	Folhada	22,0	30,0	52	18,0	70	8,0	78	2,0	80	3,0	83	
		Solo	27,6	23,7	51,3	23,7	75	2,6	77,6	2,6	80,2	2,6	82,8	
	Escarificação (V3)	Folhada	89,0	5,0	94	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Solo	90,8	2,6	93,4	-	-	-	-	-	-	-	-	
QUD	Controlo (V1)	Folhada	10,0	13,0	23	2,0	25	2,0	27	0,0	27	0,0	27	
		Solo	9,0	11,0	20	4,0	24	4,0	28	1,0	29	0,0	29	
	80°C (V2)	Folhada	20,0	43,0	63	23,0	86	6,0	92	4,0	96	0,0	96	
		Solo	13,0	33,0	46	24,0	70	17,0	87	1,0	88	0,0	88	
	Escarificação (V3)	Folhada	96,0	1,0	97	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Solo	90,0	5,0	95	-	-	-	-	-	-	-	-	
SPM	Controlo (V1)	Folhada	8,9	4,4	13,3	6,7	20	0,0	20	0,0	20	0,0	20	
		Solo	20,0	6,0	26	3,0	29	0,0	29	0,0	29	0,0	29	
	80°C (V2)	Folhada	64,4	17,8	82,2	4,4	86,6	8,9	95,5	0,0	95,5	0,0	95,5	
		Solo	58,0	27,0	85	4,0	89	2,0	91	1,0	92	0,0	92	
	Escarificação (V3)	Folhada	95,6	2,2	97,8	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Solo	97,0	2,0	99	-	-	-	-	-	-	-	-	

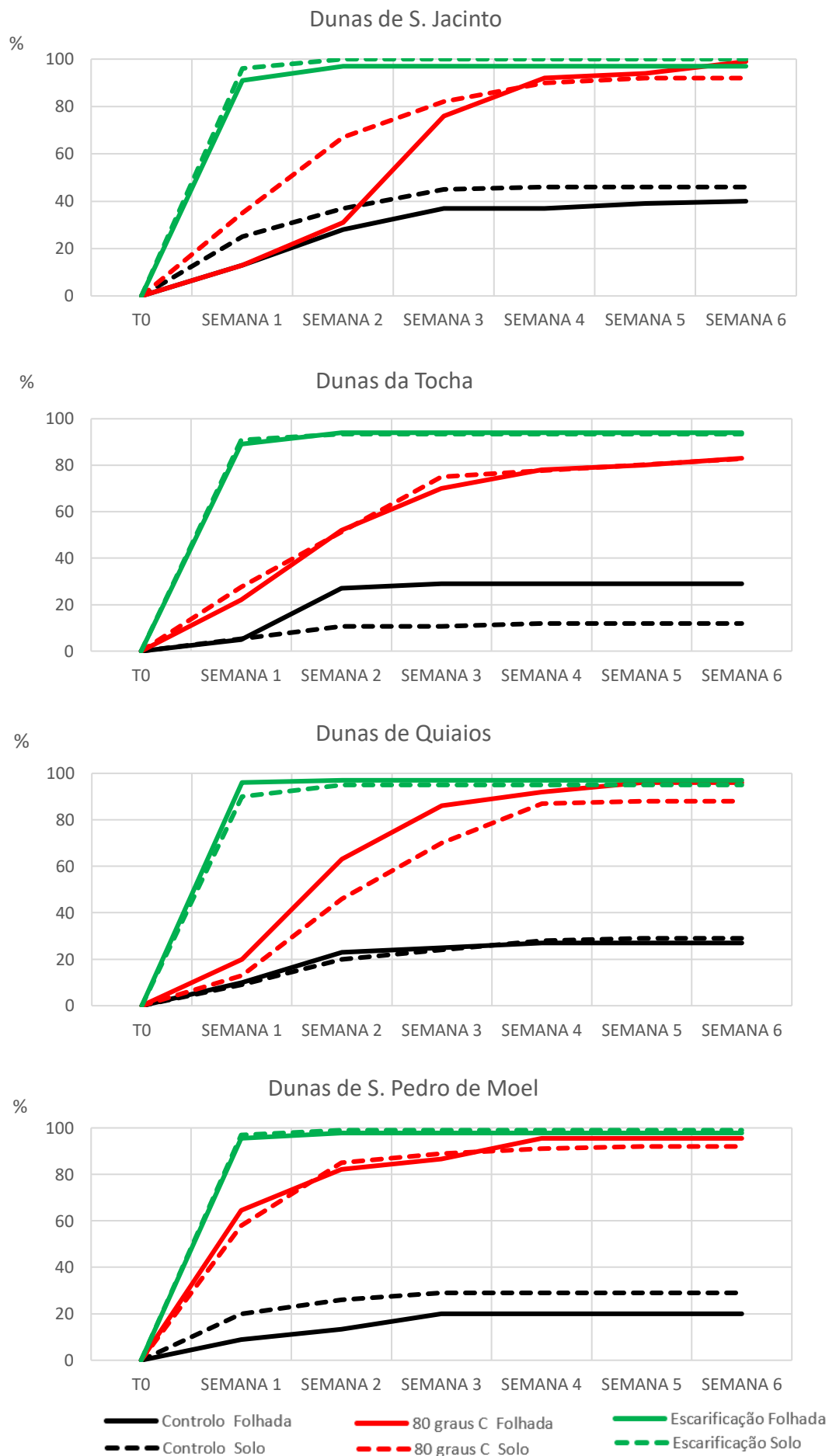


Figura 28-Percentagem acumulada de sementes germinadas, por tratamento, ao longo de seis semanas, nas áreas de estudo, em 2024.

### 4.3. Propostas para intervenções futuras: desafios a considerar

Cada vez mais se reconhece (Marchante et al, 2010b) a importância da realização de uma gestão de espécies exóticas invasoras, no território nacional, que não deve ser mais adiada, pois caso contrário conduz ao agravamento das situações (algumas já irreversíveis), o que leva ao aumento significativo dos custos das intervenções, quer ao nível dos recursos humanos especializados, quer ao nível dos recursos financeiros (Roy et al., 2023). A legislação em vigor criou regras, de modo a evitar novas introduções na natureza e remeteu para a criação de Planos de Ação para permitir um efetivo controlo das espécies com comportamento invasor, que tardam em ser criados e aplicados em larga escala, sendo essencial mudar este cenário. O combate às espécies exóticas invasoras implica também a realização de ações e campanhas de sensibilização e informação destinadas a diferentes públicos (Marchante et al., 2014).

Deste estudo podemos verificar que a introdução de *T. acaciaelongifoliae* em território nacional começa a ter reflexos positivos nos bancos de sementes da planta invasora-alvo e deve continuar a ser apoiado, monitorizando-se o processo de disseminação e estabelecimento nas áreas onde *A. longifolia* está estabelecida, e avaliando-se o impacto do agente no controlo desta espécie invasora. De salientar que o impacto do incêndio de 2017, na diminuição do banco de sementes nas Dunas de Tocha, depois aliado à presença do agente de controlo natural para diminuir a produção de novas sementes, sugere que o fogo controlado pode ser uma boa alternativa para uma intervenção de gestão integrada no futuro. Por outro lado, apesar de ter revelado menor eficácia, o controlo mecânico ocorrido nas Dunas de S. P. Moel, apesar dos custos financeiros associados, pode também ser um método de controlo interessante para conjugar com o controlo natural já que contribui para a redução do banco de sementes de *A. longifolia* acumulado no solo, onde o agente de controlo natural não consegue ter efeito.

## 5. Conclusão

As invasões biológicas são uma das maiores causas das alterações dos ecossistemas, e uma das maiores ameaças à biodiversidade nativa, e por isso identificar os melhores métodos de as controlar é essencial. Um desses métodos é o controlo natural, que quando usado corretamente, é um dos métodos que pode causar menos perturbações ao ecossistema nativo.

É muito difícil erradicar uma população estabelecida de plantas invasoras por diversas razões (crescimento rápido, grande capacidade de propagação, rápida rebentação, rápida produção de sementes, bancos de sementes acumulados, etc). A erradicação de *A. longifolia* é difícil, este facto está relacionado com a sua capacidade de produção de grandes bancos de sementes e não tanto pela sua capacidade de rebentação relativamente baixa (Duarte et al., 2023).

Neste trabalho, foi analisado o impacto do agente de controlo natural *T. acaciaelongifoliae*, nos bancos de sementes da espécie invasora *A. longifolia*, com a

integração de outros métodos de controlo (Tocha e S. Pedro de Moel) ou não (S. Jacinto e Quiaios). Trabalhos paralelos estão a avaliar a produção anual de sementes (Duarte et al., em preparação). Como a principal característica de comportamento invasor desta acácia é a sua capacidade de produzir muitas sementes, que se acumulam depois em bancos de sementes, o facto de *T. acaciaelongifoliae* impedir a produção de sementes ao transformar as “espigas de flores” da acácia em galhas, torna particularmente interessante o seu uso como um agente de controlo em Portugal.

Os resultados sublinham que as áreas sujeitas a mais que um método de controlo (ou sujeitas a incêndio, que pode ser “replicado” com recurso a fogo controlado), resultaram num menor aumento do banco de sementes entre 2015 e 2024, o que ainda não aconteceu nas áreas onde *T. acaciaelongifoliae* atuou sozinho. O uso integrado de vários métodos de controlo (e a garantia de controlos de continuidade) é frequentemente mais eficaz para controlar populações de acácias, uma conclusão suportada por outros estudos. Sublinha-se a importância da manutenção das populações de *T. acaciaelongifoliae* de forma a impedir/diminuir a formação de novas sementes.

Também foi testada a viabilidade das sementes ao sujeitar amostras das quatro áreas de estudo a três tipos de tratamento: controlo, 80°C por 10 minutos e escarificação mecânica. Foi observado que as sementes sujeitas a escarificação (usada *proxy* da perturbação), germinaram mais depressa e tiveram as maiores taxas de germinação, mas também tiveram as maiores taxas de sementes não viáveis. As sementes de *A. longifolia* podem ficar dormentes no solo durante décadas até ocorrer algum tipo de estímulo, e por isso mais de metade das sementes de controlo (não sujeitas a estímulos) não germinaram.

Foi observado que o método de controlo natural costuma ser mais eficaz quando é usado juntamente com outros métodos, por isso a criação de protocolos de monitorização por área de estudo seria útil para avaliar a eficácia de cada método de controlo, registando todos os passos e reações das espécies às intervenções, permitindo comparar resultados ao longo do tempo, e assim identificar qual é o método mais eficaz a integrar com *T. acaciaelongifoliae*, no controlo das populações de acácia-de-espigas.

Decorridos poucos anos (nove) da introdução da *T. acaciaelongifoliae* em Portugal, e atendendo ao seu lento estabelecimento, a sua utilização deverá ser reavaliada, daqui a alguns anos, para melhor avaliar o seu impacto no controlo da *A. longifolia*.

## 6. Referências bibliográficas

- Almeida, J. D. (2018). New additions to the exotic vascular flora of continental Portugal. *Flora Mediterrânea*, 28: 259-278.
- Arán, D., García-Duro, J., Cruz, O., Casal, M., & Reyes, O. (2017). Understanding biological characteristics of *Acacia melanoxylon* in relation to fire to implement control measurements. *Annals of Forest Science*, 74:61. doi: 10.1007/s13595-017-0661-y
- Árvores e arbustos de Portugal (s.d.). *Glossário Botânico*. Obtido em 14 de junho de 2024, de Árvores e Arbustos de Portugal:  
[https://www.arvoresearbustosdeportugal.com/glossario/?dir=1&name\\_directory\\_startswith=G](https://www.arvoresearbustosdeportugal.com/glossario/?dir=1&name_directory_startswith=G)
- Campos, J., Rocha, M., & Tavares, M. (2002). Controlo de Acácias com Fitocidas nas Dunas do Litoral. *Silva Lusitana*, 10: 201-206. Obtido de <https://scielo.pt/pdf/slu/v10n2/10n2a06.pdf>
- Carta dos Solos de Portugal*. (1971). Obtido em 3 maio de 2024 de [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/PT/port\\_x22.jpg](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/PT/port_x22.jpg)
- Crisóstomo, J. A., Freitas, H., & Rodriguez-Echeverría, S. (2007). Relative growth rates of three woody legumes: implications in the process of ecological invasion. *Web ecology*, 7. doi:10.5194/we-7-22-2007
- DGADR (2024). *Nota Explicativa da Carta dos Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo*. Obtido em 27 junho de 2024: <https://www.dgadr.gov.pt/nota-explicativa>
- D.L. n.º92/2019. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/92-2019-123025739>
- Duarte, L. N., Marchante, E., & Marchante, H. (2023). Managing an invasive tree in coastal dunes: The importance of follow-up treatments to improve the recovery of protected habitats. *Frontiers in Environmental Science*. doi:10.3389/fenvs.2023.1113876
- Duarte, L., Marchante, E., & Marchante, H. (2024). *Manual de Boas Práticas para a gestão e controlo de plantas invasoras lenhosas em Portugal Continental*. Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra. 96.
- ENCNB 2030. (2018). Obtido em 23 junho de 2024 de <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/55-2018-115226936>
- European Alien Species Information Network. (2024). Obtido em 20 maio de 2024 de <https://easin.jrc.ec.europa.eu/easin>
- Ferrão, J. E. (2013). Na linha dos descobrimentos dos séculos XV e XVI: Intercâmbio de plantas entre a África Ocidental e a América. *Revista das Ciências Agrárias*, 36 (2), 250-269. Obtido de <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16303/13261>

- Flora-on.pt. (s.d.). Obtido em 27 de maio de 2024, de <https://flora-on.pt/#/1Acacia+longifolia>
- Floresta.pt. (2014). Obtido em 3 junho de 2024 de <https://florestas.pt/saiba-mais/como-e-classificado-o-solo-na-carta-de-solos-de-portugal/>
- Gibson, M. R., Richardson, D. M., Marchante, E., Marchante, H., Rodger, J. G., Pedra, G. N., Wilson, J. U. (Setembro de 2011). Reproductive biology of Australian acacias: important mediator of invasiveness? *Diversity and Distributions*, 17: 911-933. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00808.x>
- Holmes, P. (1990). Dispersal and predation in alien Acacia. *Oecologia*, 83: 288-290. doi:[10.1007/BF00317768](https://doi.org/10.1007/BF00317768)
- ICNF. (2024a). Obtido em 30 de maio de 2024, de Diplomas regulamentadores na legislação nacional e comunitária.: <https://www.icnf.pt/conservacao/especiesexoticas/eelegislacao>
- ICNF. (2024b). Obtido em 17 de junho de 2024 de Sistema de vigilância e rede de alerta: <https://www.icnf.pt/conservacao/especiesexoticas/especiesexoticasinvasoras/eeivigilanciaealerta/eisistemadevigilanciaerededealerta>
- IPBES. (2019). *IPBES. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Germany: IPBES secretariat. doi:[10.1111/padr.12283](https://doi.org/10.1111/padr.12283)
- Lenth, R. V. (2024). Emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means.
- Lockwood, J. L., Hoopes, M. F., & Marchetti, M. P. (2007). *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing, Capítulo 1, 1-299. Oxford, UK. Obtido em 24 junho 2024 de [https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=fgJjSzXjLkC&oi=fnd&pg=PT8&dq=info:SNa4kAI\\_bBOJ:scholar.google.com&ots=QQBW92FLDv&sig=fYuuuOBitF3WKxurs4ENH3s4sA0&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=fgJjSzXjLkC&oi=fnd&pg=PT8&dq=info:SNa4kAI_bBOJ:scholar.google.com&ots=QQBW92FLDv&sig=fYuuuOBitF3WKxurs4ENH3s4sA0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- López, J., Devesa, J., Ruiz, T., & Ortega-Olivencia, A. (1999). Seed germination in Genisteae (Fabaceae) from South-West Spain. *Phyton*, 39: 107-129.
- López-Núñez, F. A., Marchante, E., Heleno, R., Duarte, L. N., Palhas, J., Impson, F., Freitas, H., Marchante, H. (2021). Establishment, spread and early impacts of the first biocontrol agent against an invasive plant in continental Europe. *Journal of Environmental Management*, 290. 112545. doi:[10.1016/j.jenvman.2021.112545](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112545)
- Marchante, E., Colaço, M. C., Skulska, I., Ulm, F., González, L., Duarte, L. N., Neves, S., Gonçalves, C., Maggiolli, S., Dias, J., Águas, C., Fernandes, N., Fernandes, L., Marchante, H. (2023). Management of Invasive Australian Acacia Species in the Iberian Peninsula. Em: Richardson, D.M., Roux, J.J. Le, Marchante, E. (Eds.), *Wattles*. CABI, GB, 438–454. doi:[10.1079/9781800622197.0027](https://doi.org/10.1079/9781800622197.0027)
- Marchante, E., Kjølner, A., Struwe, S., & Freitas, H. (2008a). Invasive Acacia longifolia induce changes in the microbial catabolic diversity of sand dunes. *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 2563–2568. doi:[10.1016/j.soilbio.2008.06.017](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.06.017)

- Marchante, E., Kjølner, A., Struwe, S., & Freitas, H. (2008b). Short and long-term impacts of *Acacia longifolia* invasion on the belowground processes of Mediterranean coastal dune ecosystem. *Applied Soil Ecology*, 210-217. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.04.004>
- Marchante, E., López-Núñez, F. A., Duarte, L. N., & Marchante, H. (2024). Post-release monitoring of the biocontrol agent “*Trichilogaster acaciaelongifoliae*” for the control of the invasive “*Acacia longifolia*” in Portugal. *Seventh Report - 2023*.
- Marchante, H., Freitas, H., & Hoffmann, J. H. (2010a). *The potential role of seed banks in the recovery of dune ecosystems after removal of invasive plant species*. *Applied Vegetation Science*. 1-14. doi:10.1111/j.1654-109X.2010.01099.x
- Marchante, H., Freitas, H., & Hoffmann, J. H. (2010b). Seed Ecology of an Invasive Alien Species, *Acacia longifolia* (Fabaceae), in Portuguese Dune Ecosystems. *American Journal of Botany* 97: 1-11. doi:10.3732/ajb.1000091
- Marchante, H., Marchante, E., Freitas, H., & Hoffmann, J. H. (2015). Temporal changes in the impacts on plant communities of an invasive alien tree, *Acacia longifolia*. *Plant Ecol*, 216: 1481-1498. doi:10.1007/s11258-015-0530-4
- Marchante, H., Morais, M., Freitas, H., & Marchante, E. (2014). *Guia Prático para a Identificação de Plantas Invasoras em Portugal*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Marques, F. A. (2014). *Contribuição para o conhecimento da capacidade e vigor germinativos de sementes de Acacia dealbata Link. e Acacia longifolia (Andr.) Wild.* (I. S. Agronomia, Ed.) Lisboa: Universidade de Lisboa.
- Milton, S. J., & Hall, A. V. (1981). *Reproductive biology of Australian acacias in the south-Western cape province, South Africa*. 44: 463-487. doi:10.1080/00359198109520589
- Morais, M. C., & Freitas, H. (2015). Phenological dynamics of the invasive plant *Acacia longifolia* in Portugal. *Weed Research*, 55(6), 555-564. doi:<https://doi.org/10.1111/wre.12177>
- Nunes, A. S., López-Núñez, F. A., Duarte, L. N., Marchante, E., & Marchante, H. (2024). Phenological alignment of a galling insect used as biocontrol agent for an invasive tree following hemisphere translocation. *Biological Control*, 197. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105598>
- Plantas invasoras em Portugal. (2024) *Acacia longifolia*. Disponível em <https://www.invasoras.pt/pt/planta-invasora/acacia-longifolia>. Consultado em 11 de junho de 2024.
- Pysek, P., Jarosik, V., Pergl, J., Randall, R., Chytrý, M., Kuhn, I., Tichý, L., Danihelka, J., Chrtěk, J., Sádlo, J. (2009). The global invasion success of Central European plants is related to distribution characteristics in their native range and species traits. *Diversity and Distributions*, 15: 891-903.

- Queiroz, A. I., & Macedo, A. M. (2018). Secção 1 - História: 1.1. Bem-me-quer, muito, pouco ou nada. Dimensão cultural das espécies exóticas invasoras. Em J. R. Vicente, A. I. Queiroz, E. Marchante, J. P. Honrado, & L. Silva, *As invasões biológicas em Portugal: História, Diversidade e Gestão*, 28-53. Porto: Arte e Ciência.
- Richardson, D. M., & Kluge, R. L. (2008). Seed banks of invasive Australian Acacia species in South Africa: role in invasiveness and options for management. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 10: 161-177.
- Richardson, D. M., Py eK, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., & West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Em *Diversity and Distributions* 6: 93-107. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Riveiro, S. F., Cruz, O., Casal, M., & Reyes, O. (2020). Fire and seed maturity drive the viability, dormancy, and germination of two invasive species: *Acacia longifolia* (Andrews) Willd. and *Acacia mearnsii* De Wild. *Annals of Forest Science*, 77 (60). doi:<https://doi.org/10.1007/s13595-020-00965-x>
- R Studio Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Roy, H., Pauchard, A., Stoett, P., & Renard Truong, T. (2023). *Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control*. Obtido de IPBES: <https://www.ipbes.net/ias>
- Shaw, R. H., Ellison, C. A., Marchante, H., Pratt, C. F., Schaffner, U., Sforza, R. F., & Deltoro, V. (2017). *Weed biological control in the European Union: from serendipity to strategy*. *Biocontrol*, 63(3), 333-347. doi: 10.1007/s10526-017-9844-6
- Shine, C., Williams, N., & Gündling, L. (2000). *A Guide to Designing Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species* (Vol. XVI). Gland, Switzerland Cambridge and Bonn.: IUCN.
- Strydom, M., Veldtman, R., Ngwenya, M. Z., & Esler, K. (2017). Invasive Australian Acacia seed banks: Size and relationship with stem diameter in the presence of gall-forming biological control agents. *PLoS ONE*, 12(8). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181763>
- Vicente, J. R., Queiroz, A. I., Marchante, E., Honrado, J. P., & Silva, L. (2018). Introdução geral. Em J. R. Vicente, A. I. Queiroz, E. Marchante, J. P. Honrado, & L. Silva, *As invasões Biológicas em Portugal: história, diversidade e gestão*. 16-26. Porto: Arte e Ciência.
- Zhang, R., Hu, X., Baskin, J.M., Baskin, C.C. & Wang, Y. (2017) Effects of Litter on Seedling Emergence and Seed Persistence of Three Common Species on the Loess Plateau in Northwestern China. *Front. Plant Sci.* 8:103. doi: 10.3389/fpls.2017.00103

## **8. Anexos**

**ANEXO 1 - Tabela-Síntese relativa ao registo do número de sementes germinadas ao longo do período de monitorização, nas áreas de estudo.**

ÁREAS DE ESTUDO (CÓDIGOS)	TRATAMENTOS (Vn)	BANCO DE SEMENTES	Nº DE SEMENTES TESTADAS	31/7	2/8	5/8	7/8	9/8	12/8	14/8	16/8	19/8	21/8	23/8	25/8	28/8	30/8	2/9	4/9	6/9	9/8	Nº total de sementes germinadas	Total de sementes não germinadas	Total de sementes podres
SJD	Controlo (V1)	Folhada	100	0	5	8	3	2	10	4	4	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	40	60	0
		Solo	100	0	14	11	8	3	1	4	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	46	54	0
	80°C (V2)	Folhada	100	0	5	8	5	4	9	6	23	16	8	1	7	1	0	1	0	2	3	99	1	0
		Solo	100	0	9	26	11	7	14	4	8	3	5	1	2	2	0	0	0	0	0	92	8	0
	Escarificação (V3)	Folhada	100	0	37	54	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97	0	3
		Solo	100	53	40	3	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	0	0
TOC	Controlo (V1)	Folhada	100	0	3	2	7	10	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	71	0
		Solo	76	0	4	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	67	0
	80°C (V2)	Folhada	100	0	0	22	17	5	8	10	5	3	0	3	5	2	0	0	1	1	1	83	16	1
		Solo	76	0	3	18	3	8	7	3	4	11	1	0	1	2	0	0	0	0	2	63	8	5
	Escarificação (V3)	Folhada	100	0	75	14	3	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	0	6
		Solo	76	0	43	26	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	0	5
QUD	Controlo (V1)	Folhada	100	0	4	6	9	2	2	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	27	71	2
		Solo	100	0	7	2	6	5	0	2	2	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	29	71	0
	80°C (V2)	Folhada	100	0	4	16	13	7	23	8	13	2	4	0	2	2	0	0	0	0	0	96	3	1
		Solo	100	0	3	10	7	7	19	11	8	5	8	4	5	1	0	2	0	0	0	88	11	1
	Escarificação (V3)	Folhada	100	0	86	10	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97	0	3
		Solo	100	0	63	27	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	0	5
SPM	Controlo	Folhada	45	0	2	2	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	36	0
		Solo	100	0	14	6	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29	71	0
	80°C	Folhada	45	0	14	15	5	2	1	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	43	2	0
		Solo	100	0	31	27	9	8	10	2	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	92	8	0
	Escarificação	Folhada	45	8	32	3	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	0	1
		Solo	100	30	63	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	0	1

**ANEXO 2- Informação sobre os diferentes métodos de controlo realizados nas áreas de estudo e o número de sementes encontrado no banco de sementes.**

ÁREAS DE ESTUDO (CÓDIGOS)	Integração do controlo biológico com outros métodos de controlo	BANCO DE SEMENTES	2024	
			SEMENTES Nº	TOTAL SEMENTES
SJD	2015 - Libertação de <i>Trichilogaster acaciaelongifoliae</i> (Controlo tipo 1 - C1)	Folhada	1824	4214
		Solo	2390	
TOC	2015 - Libertação de <i>Trichilogaster acaciaelongifoliae</i> 2017 - Incêndio Rural 2020- Remoção das árvores queimadas 2023 - Plantação de <i>P. pinaster</i> (Controlo tipo 2 - C2)	Folhada	586	817
		Solo	231	
QUD	2015 - Libertação de <i>Trichilogaster acaciaelongifoliae</i> (Controlo tipo 1 - C1)	Folhada	1420	3476
		Solo	2056	
SPM	2015 - Libertação de <i>Trichilogaster acaciaelongifoliae</i> 2020 - Corte de <i>A. longifolia</i> 2023 - Corte de <i>A. longifolia</i> (Controlo tipo 3 - C3)	Folhada	137	771