

GESTÃO DA ACÁCIA-MIMOSA E DA HÁQUEA-PICANTE

RESULTADOS DO PROJETO FOGO E INVASORAS



GESTÃO DA ACÁCIA-MIMOSA E DA HÁQUEA-PICANTE

RESULTADOS DO PROJETO FOGO E INVASORAS



| | |
|--|----|
| FICHA TÉCNICA | 5 |
| INTRODUÇÃO | 7 |
| SECÇÃO I - ACÁCIA MIMOSA | 11 |
| 1. BIOLOGIA E ECOLOGIA | 11 |
| 2. FOGO E INVASORAS | 15 |
| 2.1. Desenho experimental | 15 |
| 2.2. Banco de sementes | 16 |
| 2.3. Efeitos dos tratamentos testados | 19 |
| 3. GESTÃO DA ACÁCIA-MIMOSA | 22 |
| 3.1. Aspetos gerais | 22 |
| 3.2. Técnicas de controlo | 24 |
| 3.2.1. Arranque manual | 24 |
| 3.2.2. Descasque | 25 |
| 3.2.3. Corte com motorroçadora | 27 |
| 3.2.4. Aplicação de herbicidas | 28 |
| 3.2.5. Pastoreio | 30 |
| 3.3. Um exemplo de boas práticas: o caso da Quinta da Moenda | 31 |
| 3.4. Prós e contras das diferentes técnicas | 35 |
| SECÇÃO II - HÁQUEA-PICANTE | 37 |
| 1. BIOLOGIA E ECOLOGIA | 37 |
| 2. FOGO E INVASORAS | 41 |
| 2.1. Desenho experimental | 41 |
| 2.2. Caracterização dos combustíveis | 42 |
| 2.3. Comportamento do fogo | 47 |
| 2.4. Efeitos dos tratamentos testados | 49 |
| 2.5. Efeito do fogo nos folículos e sementes | 52 |
| 2.6. Dispersão de sementes | 55 |
| 2.7. Efeitos do fogo na erosão do solo | 56 |
| 3. GESTÃO DA HÁQUEA-PICANTE | 59 |
| 3.1. Aspetos gerais | 59 |
| 3.2. Técnicas de controlo | 60 |
| 3.2.1. Corte e queima | 60 |
| 3.2.2. Corte de háquea-picante | 63 |
| 3.2.3. Fogo controlado em háquea-picante | 65 |
| 3.2.4. Arranque manual | 67 |
| 3.3. Prós e contras das diferentes técnicas | 68 |
| 3.4. Estimativa da carga de combustível | 69 |
| 3.5. Modelos de combustível | 72 |
| BIBLIOGRAFIA CONSULTADA | 75 |

AUTORES

Joaquim Sande Silva, Ernesto Deus, Elisa Moura, Sam Hagens, Dionatan Gerber, Hélia Marchante, Luís Queirós, Mauro Nereu, Pedro Cortes, Sheila Riveiro, Paulo Fernandes, Oscar Pelayo

PUBLICADO POR

Instituto Politécnico de Coimbra



CONTEÚDOS PRODUZIDOS POR

Escola Superior Agrária de Coimbra e Geoterra



IMPRESSÃO E DESIGN

World Of Printing

FOTOGRAFIAS

Elisa Moura, Ernesto Deus, Luís Queirós, Sam Hagens, Samuel Vieira

REFERÊNCIA SUGERIDA

Silva, J. S., Deus, E., Moura, E., Hagens, S., Gerber, D., Marchante, H., Queirós, L., Nereu, M., Cortes, P., Riveiro, S., Fernandes, P. e Pelayo, O. 2023. Gestão da acácia-mimosa e da háquea-picante – Resultados do projeto Fogo e Invasoras. Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal.

ISBN 978-989-35338-0-2

FINANCIAMENTO

Projeto cofinanciado pela União Europeia, ao abrigo do Fundo Europeu Agrícola para o Desenvolvimento Rural - A Europa investe nas zonas rurais, através do acordo de parceria Portugal2020 - Programa de Desenvolvimento Rural, no âmbito do projeto PDR2020-101-030919 Fogo e Invasoras.



AGRADECIMENTOS

Armando Carvalho, Domingos Patacho, Roel van de Wiel, Samuel Vieira

PARCEIROS DO PROJETO

Associação Florestal do Baixo Vouga, Associação Florestal do Pinhal, GreenClon, SFera, SilvoKoala, Vumba



Portugal tem um problema acrescido, relativamente a outros países da Europa, de invasão por diversas espécies de plantas exóticas. De entre as consequências deste problema, sobressai a substituição dos ecossistemas nativos e a perda de diversidade biológica. Uma das razões para a maior dimensão do problema em Portugal prende-se com o clima ameno sem grandes extremos climáticos. Mas há uma outra razão que nos distingue dos outros países: a elevada ocorrência de fogo numa boa parte do território português. Embora o fogo não promova a expansão de todas as espécies de plantas terrestres com caráter invasor, há algumas espécies particularmente bem-adaptadas ao fogo, que beneficiam diretamente com esta perturbação. De entre essas espécies há duas cuja importância, pela sua elevada taxa de expansão em Portugal e pelo elevado impacto que têm nas áreas invadidas, merecem uma atenção particular por parte dos agentes com intervenção na gestão dos ecossistemas: a acácia-mimosa (*Acacia dealbata*) e a háquea-picante (*Hakea decurrens*).

Estas duas espécies, provenientes da Austrália, apresentam mecanismos regenerativos que lhes permitem aumentar as suas populações após a passagem do fogo. Esses mecanismos podem funcionar quer após os incêndios de verão, quer após práticas de gestão da vegetação com fogo controlado. Se no caso dos incêndios pouco há a fazer, dado serem por definição combustões não controladas e imprevistas, já no caso do fogo controlado é possível tomar medidas que minimizem o risco de invasão. Por outro lado, existem diversas referências na literatura técnica sobre a possibilidade de utilização do fogo controlado como forma de controlo das populações de plantas invasoras, nomeadamente as duas espécies abordadas no presente documento.

Para além da capacidade que estas espécies têm para tirar partido do fogo, as áreas invadidas podem facilitar a propagação do fogo devido à alteração das características estruturais dos combustíveis. Ou seja, a expansão das invasoras poderá promover a ocorrência de fogo, o qual, por sua vez, poderá promover a expansão destas espécies, levando eventualmente a um ciclo fogo - invasoras, autossustentável.

No entanto, muita desta informação não teve até agora a necessária validação científica para poder servir de base à gestão da háquea-picante e da acácia-mimosa. Estas lacunas de conhecimento serviram de base à apresentação de uma candidatura em 2016 ao programa PDR 2020 – Grupos Operacionais, destinada a estudar as relações fogo - invasoras tendo como espécies-alvo a acácia-mimosa e a háquea-picante. Este projeto, que decorreu entre 2017 e 2023, estabeleceu, com o apoio logístico de um conjunto de seis parceiros, uma rede de parcelas experimentais na Região Centro, onde foram aplicados tratamentos com diferentes combinações de corte e queima. O principal objetivo foi perceber se é possível utilizar técnicas de corte e queima para controlar a acácia-mimosa e

a háquea-picante. O projeto pretendeu também avaliar o efeito destas espécies no comportamento do fogo e compreender melhor a sua adaptação ao fogo. Em traços muito gerais, as conclusões apontam para a possibilidade de gestão da háquea-picante através da utilização de técnicas de corte e queima, mas o mesmo parece não ser válido para a acácia-mimososa. Deste modo, o presente manual técnico destina-se a apresentar os resultados e conclusões principais do projeto Fogo e Invasoras, com vista à sua utilização sobretudo pelos técnicos e gestores dos territórios afetados ou em risco de invasão pelas duas espécies aqui abordadas.

O manual está dividido em duas grandes secções, cada uma correspondendo a uma das duas espécies. Cada secção está dividida em três sub-secções: Biologia e ecologia; Fogo e Invasoras; Gestão da espécie. Na primeira sub-secção (Biologia e ecologia), é feita uma descrição geral sobre as características da espécie ao nível da biologia, ecologia e impactos. Na segunda sub-secção (Fogo e Invasoras), são apresentados os principais resultados obtidos com o projeto. Na terceira sub-secção (Gestão), encontra-se a proposta de normas técnicas para a gestão da espécie, quer do ponto de vista da gestão de combustíveis, quer do ponto de vista do controlo das suas populações. No caso da acácia, dado que os resultados do projeto não apontam para o uso de técnicas de corte e queima, são apresentadas alternativas de controlo com base em conhecimento empírico adquirido em algumas propriedades na região centro. Este estudo produziu uma grande quantidade de informação sobre a ecologia do fogo, o comportamento do fogo e o efeito dos tratamentos testados. Nem toda essa informação foi tratada a tempo de poder figurar na presente publicação. No entanto, espera-se que os restantes resultados do projeto Fogo e Invasoras venham a ser divulgados num futuro próximo, sob a forma de publicações científicas.

Através do presente documento esperamos assim contribuir para uma gestão mais sustentável da háquea-picante e da acácia-mimososa. No entanto, muito há ainda a saber sobre as técnicas mais adequadas para lidar com estas duas espécies, sobretudo numa perspetiva de resultados sustentáveis, ou seja, não efémeros, contrariando a tendência de muitas das intervenções realizadas no nosso país. No que toca em particular ao uso do fogo, é importante ponderar se os benefícios ao nível da gestão de combustíveis, compensam os riscos que se correm de promoção dos processos de invasão. A sustentabilidade da gestão da vegetação tem assim de ser encarada de forma abrangente, nas suas vertentes ecológica, económica e de prevenção de incêndios, sendo essa a tónica geral das recomendações apresentadas no presente documento.

SECCÃO I

ACÁCIA MIMOSA

1. BIOLOGIA E ECOLOGIA

A acácia-mimosa (*Acacia dealbata* Link), também vulgarmente chamada de mimosa, acácia-dealбата, ou bichaneiras, é uma planta de porte arbóreo pertencente à família Fabaceae, nativa da Austrália, que ocorre naturalmente nos estados de Nova Gales do Sul, Victoria e Tasmânia (Figura 1) em florestas montanhosas e esclerófilas secas e ao longo de cursos de água. Em Portugal, ocorre em quase todo o território continental, na ilha da Madeira e na ilha de São Miguel nos Açores (Figura 2). A espécie tem comportamento invasor na Europa (Portugal, França, Espanha, Itália, Turquia), África do Sul, Nova Zelândia, oeste dos EUA (Califórnia), Ásia (Índia, Sri-Lanka), América do Sul (Argentina, Chile) e Madagáscar. Os ambientes mais invadidos em Portugal são terrenos frescos dos vales, zonas montanhosas, margens de cursos de água e de vias de comunicação.

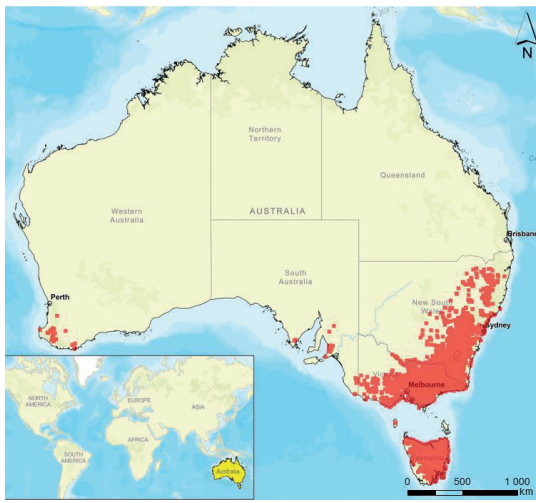


Figura 1 - Distribuição da acácia-mimosa na Austrália (GBIF.org, 2023a).

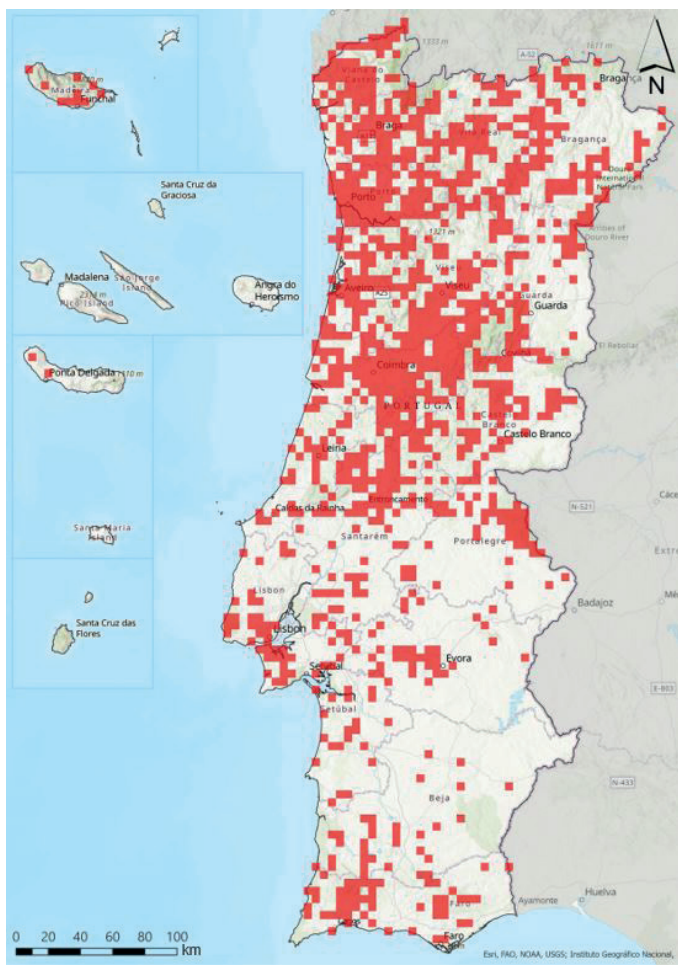


Figura 2 - Distribuição de acácia-mimoso em Portugal. Dados agregados das fontes: GBIF (GBIF.org, 2023b), iNaturalist, Pl@ntNet, Flora-On, Biodiversity4all, EDP Biodiversity Data, Naturalis Biodiversity Center e invasoras.pt.

A acácia-mimosa possui casca de cor castanha a cinza-escura e folhas compostas com 10-20 cm de comprimento, de cor glauca ou verde-azulada. Na Europa, floresce de janeiro a março e apresenta flores amarelas, dispostas em capítulos que se agrupam em panículas (Figura 3). As flores não apresentam morfologia complexa que restrinja a polinização a um grupo específico de polinizadores e por isso há uma grande variedade de insetos que pode fazer a polinização. Os frutos são vagens secas com 4 a 10 cm de comprimento, planas e ligeiramente estreitadas entre as sementes (Figura 3). Estas medem 4-5 x 2,5 mm, são pretas, com tegumento duro e um elaiosoma com cerca de metade do tamanho da semente. O elaiosoma é uma estrutura mole e nutritiva que atrai e alimenta várias espécies de animais, especialmente várias espécies de formigas no caso da acácia-mimosa. As sementes têm dormência física graças ao revestimento duro das suas sementes (tegumento) que impede a sua embebição mesmo em condições ambientais favoráveis.

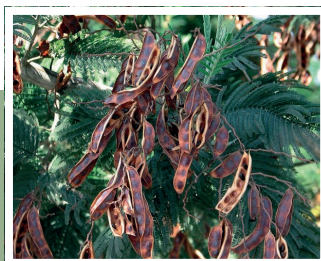


Figura 3 - Flores (esq.) e vagens com sementes (dir.) de acácia-mimosa (banco de imagens de Invasoras.pt, acedido em março 2023).

As sementes podem permanecer viáveis após vários anos ou décadas no solo, formando um banco de sementes no solo. A dispersão das sementes faz-se através da água e do transporte por animais. As sementes podem germinar após muitas semanas de imersão em água, pelo que os rios podem desempenhar um papel importante na dispersão da espécie. As formigas têm um papel importante na dispersão porque, atraídas pelo elaiosoma, transportam as sementes para as colónias, alimentando-se do elaiosoma e descartando a semente. Desta forma, as sementes podem ser deslocadas dezenas de metros e ser depositadas em locais onde podem germinar.

O fogo tem dois efeitos importantes sobre a regeneração da acácia-mimosa. Por um lado, os indivíduos podem sobreviver ao fogo e regenerar vegetativamente através da toça e raízes. Este mecanismo de sobrevivência que adquire desde muito jovem, permite que a acácia-mimosa resista não só ao fogo, mas também a geadas ou técnicas de controlo como o corte mecânico. Por outro lado, o fogo despoleta a germinação do banco de sementes no solo. A expansão e a contração do tegumento causadas pelos choques térmicos produzem fissuras através das quais a água pode chegar ao embrião dentro da semente e estimular a germinação. Sendo heliófila, a espécie beneficia da exposição à luz solar direta no pós-fogo decorrente da eliminação do coberto vegetal. Pode ainda regenerar através de raízes que rebentam após o corte, fogo ou geadas, dando à planta uma alta capacidade de resistir à maioria dos tipos de controle mecânico e facilitando a rápida colonização de novos ambientes.

O rápido crescimento da acácia-mimosa permite uma dominância sobre espécies nativas que competem pelos mesmos recursos, resultando numa pobre biodiversidade vegetal e animal. Depois de estabelecidos, os povoamentos de acácia (Figura 4) desenvolvem uma folhada muito compacta, devido aos folíolos muito finos das folhas compostas que se acumulam no solo. Essa camada compacta forma uma barreira à germinação de sementes de outras espécies. Por outro lado, a invasão por acácia-mimosa afeta diretamente as propriedades químicas do solo devido à sua capacidade de fixação de azoto, típica das leguminosas e à acidificação do solo, que pode reduzir a disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio. São também conhecidos os efeitos alelopáticos negativos da acácia-mimosa sobre outras espécies de plantas, que dificultam a sua germinação e/ou desenvolvimento.



Figura 4 - Áreas densamente invadidas por acácia-mimosa, em Coimbra (esq.) e na Lousã (dir.) (maio 2018).

2. FOGO E INVASORAS

2.1. DESENHO EXPERIMENTAL

Foram instaladas parcelas experimentais com 5x5 m de dimensão em vários povoamentos de acácia-mimosas distribuídos pela Região Centro de Portugal (Figura 5). As parcelas foram sujeitas a diferentes tratamentos para testar o controlo da acácia-mimosas. Os tratamentos incluíram o corte, a queima, diferentes combinações de corte e queima, e cortes consecutivos espaçados no tempo. Em todas as áreas estudadas foram monitorizadas parcelas de controlo, ou seja, parcelas para comparar os tratamentos com a ausência de tratamentos. Nestas parcelas foram monitorizados os efeitos dos tratamentos sobre o banco de sementes no solo, sobre a regeneração seminal e de toíça, e sobre o crescimento, ao longo de três anos. Os povoamentos estudados incluem uma diversidade de condições em termos de posição geográfica, idade e estrutura do povoamento. A idade dos povoamentos variou entre 3 e 13 anos, contada a partir da última grande perturbação (corte ou incêndio) que despoletou a invasão ou regeneração. A altura dos povoamentos variou entre 3,4 e 7,3 metros.

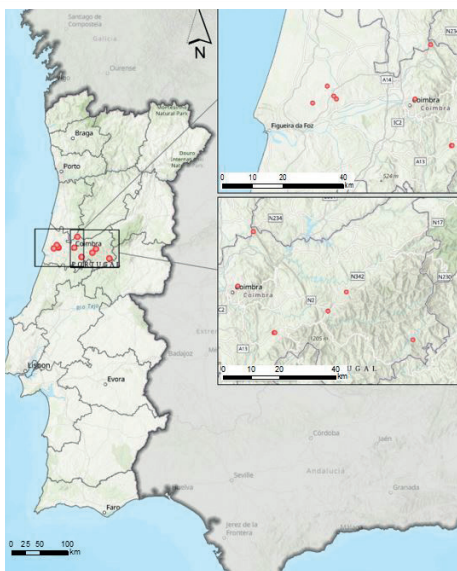


Figura 5 - Distribuição das áreas de estudo de acácia-mimosas.

2.2. BANCO DE SEMENTES

Os povoamentos de acácia-mimosa dão origem a um banco de sementes no solo que vai se acumulando ao longo do tempo, podendo persistir durante décadas. Ao longo do tempo, as sementes vão incorporando o solo, distribuindo-se em profundidade de forma diferenciada. Importa conhecer como se distribuem as sementes no solo para entender o efeito dos tratamentos no banco de sementes e na regeneração dos povoamentos. Assim, em nove áreas de estudo, foram recolhidas amostras do solo em quatro locais antes e depois dos tratamentos. Em cada local, foram recolhidas amostras de três camadas do solo: folhada (camada L), folhada profunda ou em decomposição (camada F) e o solo mineral. Estas amostras foram depois peneiradas para contabilizar as sementes, bem como o volume de solo e material orgânico recolhido em cada amostra. A viabilidade das sementes foi depois testada com tetrazolium.

Foi estimada uma elevada densidade de sementes no solo nos povoamentos de acácia-mimosa estudados, mas a densidade variou bastante entre as áreas de estudo e entre camadas. No geral foi estimada uma média de 10.978 sementes/m², variando entre 1.415 e 19.730 sementes/m². Esta variação pode depender de vários fatores como o histórico de incêndios, a idade do povoamento e a densidade de árvores.

Tentou encontrar-se uma relação entre a abundância do banco de sementes e a idade dos povoamentos de acácia-mimosa. A idade dos povoamentos foi estimada a partir da última perturbação ocorrida nessa área. Na realidade este período temporal pode não corresponder à idade dos indivíduos pois a acácia-mimosa sobrevive à generalidade das perturbações, e o banco de sementes pode remontar a vários anos ou décadas antes da última perturbação. Por este motivo, restringiu-se esta análise à abundância de sementes apenas na folhada, de forma a incluir as sementes dispersas mais recentemente. Através deste critério foi possível estabelecer uma relação linear ($R^2 = 0.74$) entre a idade dos povoamentos (anos) e a abundância de sementes na folhada (sementes/m²) (Figura 6), permitindo assim estimar a quantidade de sementes na folhada.

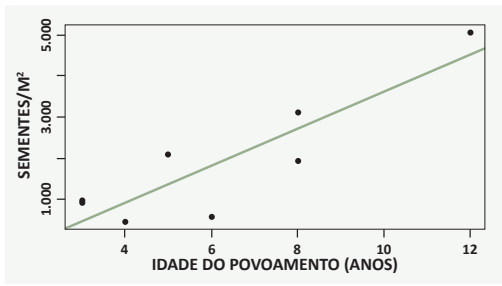


Figura 6 - Relação entre a densidade de sementes na folhada e a idade do povoamento.

Foram estimadas elevadas densidades de sementes de acácia-mimosa em todas as camadas no solo, mas com diferenças consideráveis entre camadas. A folhada apresentou a menor densidade de sementes (2.961 sementes/m²), a folhada profunda apresentou valores intermédios (13.103) e o solo apresentou a densidade mais elevada (16.870) (Figura 7).

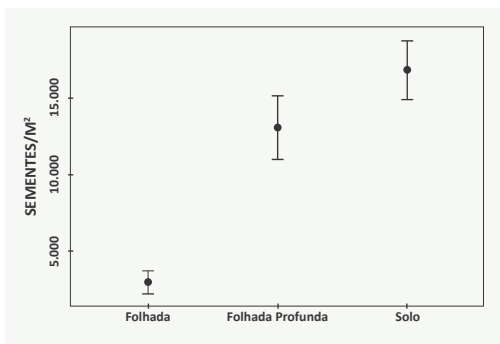


Figura 7 – Distribuição da densidade de sementes por unidade de área (m²) na folhada e no solo. As barras de erro representam o erro padrão.

As camadas de matéria orgânica e o solo têm diferentes profundidades. Por exemplo, a folhada tinha uma profundidade média de 2,4 cm, variando entre 1,3 e 3,8 cm. A folhada profunda tinha uma profundidade média de 2,9 cm, variando entre 1,3 e 5,2 cm. De forma a harmonizar a comparação entre camadas de diferentes espessuras, calculou-se a densidade de sementes por volume (cm³), tendo em consideração o volume da amostra retirado. Neste caso, a maior densidade de sementes encontrou-se na folhada profunda, com uma média de 0,55 sementes/cm³, e a folhada e o solo apresentaram densidades semelhantes (0,13 e 0,17 cm³) (Figura 8). Foi estimada uma elevada viabilidade das sementes em todos os povoamentos estudados, variando entre 71% e 99%, com uma média de 91%. Também as sementes distribuídas nas diferentes camadas no solo

apresentaram viabilidade superior a 90%, embora ligeiramente inferior na folhada (Figura 9).

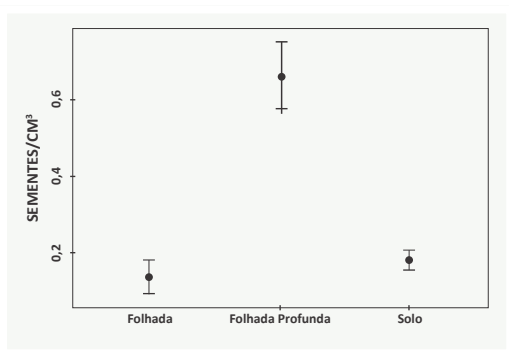


Figura 8 - Distribuição da densidade de sementes por unidade de volume (cm³) na folhada e no solo. As barras de erro representam o erro padrão.

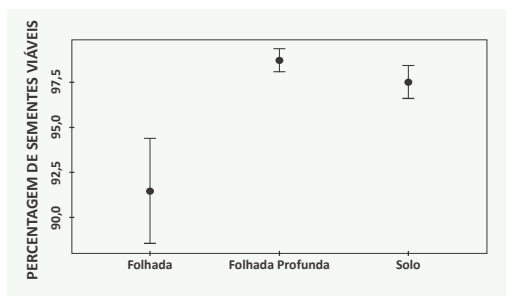


Figura 9 - Viabilidade das sementes de acácia-mimosa (percentagem de sementes viáveis), na folhada e no solo. As barras de erro representam o erro padrão.

O banco de sementes no solo da acácia-mimosa pode ser afetado pela aplicação de tratamentos de controlo através da destruição das sementes ou pelo estímulo da germinação. Para explorar estes efeitos no banco de sementes, novas amostras de solo foram recolhidas após os tratamentos e processadas em laboratório para comparar a quantidade de sementes viáveis antes e depois dos tratamentos. Verificou-se que nenhum dos tratamentos permitiu uma eliminação eficaz do banco de sementes, apesar de uma redução parcial nalguns tratamentos. O tratamento de corte das acácias praticamente não produziu efeito no banco de sementes, estando ao mesmo nível das parcelas de controlo. Os tratamentos com uso de fogo controlado, quer a queima isolada, quer o corte e queima, causaram maior impacto no banco de sementes, especialmente o tratamento de corte e queima, onde ainda assim, restou perto de 60% do banco de sementes existente antes do tratamento.

2.3. EFEITOS DOS TRATAMENTOS TESTADOS

Entre os dois tratamentos simples (queima ou corte), a queima foi o tratamento que mais estimulou a germinação do banco de sementes, originando densidades acima de 30 plantas/m² passado meio ano (Figura 10-A). Esta tendência seria de esperar dado o papel do fogo na quebra da dormência das sementes de acácia-mimososa. O corte originou também alguma germinação, acima de 10 plantas/m², mas apenas passado um ano. Neste caso, a germinação pode ter ocorrido pela perturbação do local.

Após estes picos de germinação, em ambos os tratamentos observou-se uma tendência de desbaste natural com mortalidade de plântulas nestas parcelas, embora no final da monitorização (três anos depois do tratamento), algumas novas plantas persistiam (< 10 plantas/m²). A aplicação de cortes repetidos originou também alguma germinação, persistindo plantas no final da experiência (Figura 10-C). Diferentes combinações de corte e queima tiveram efeitos semelhantes (Figura 10-E).

No final, nenhum tratamento foi eficaz na prevenção e eliminação da germinação de acácia-mimososa, nem, como vimo antes, a esgotar os bancos de sementes no solo. Pelo contrário, apenas nas parcelas de controlo (sem tratamento) o banco de sementes se manteve praticamente inativo, sem novas germinações (Figura 10-A).

Da mesma forma, nenhum tratamento foi totalmente eficaz em prevenir ou eliminar totalmente a regeneração de toija e raiz. Os tratamentos que incluem o corte, associado ou não a queima, originaram sempre mais rebentação (Figura 10-B, F), e a realização de dois cortes, com ou sem queima, originou ainda mais elevada densidade de rebentos, atingindo c. 10 rebentos/m² após 1 ou 1,5 anos (Figura 10-D). É conhecida a capacidade excepcional da acácia-mimososa de regenerar após o corte. Na Figura 11 é apresentada a evolução de uma parcela sujeita a corte e queima durante um período de 16 meses após a queima, onde se constata um rápido retorno, ou mesmo agravamento da situação original. A queima isolada originou muito reduzida rebentação, ainda assim acima do controlo, mas como visto antes despoletou bastante germinação nas parcelas. Apenas nas parcelas de controlo (sem tratamento) não houve rebentação (Figura 10-B).

Em suma, estes resultados sugerem que nenhum dos tratamentos testados foi totalmente eficaz a prevenir ou eliminar a germinação ou regeneração de toija da acácia-mimososa. Pelo contrário, traduziram-se num agravar da situação na maioria dos casos. A não intervenção (parcelas de controlo) permitiu manter o sistema mais estável, praticamente sem novas germinações ou rebentos.

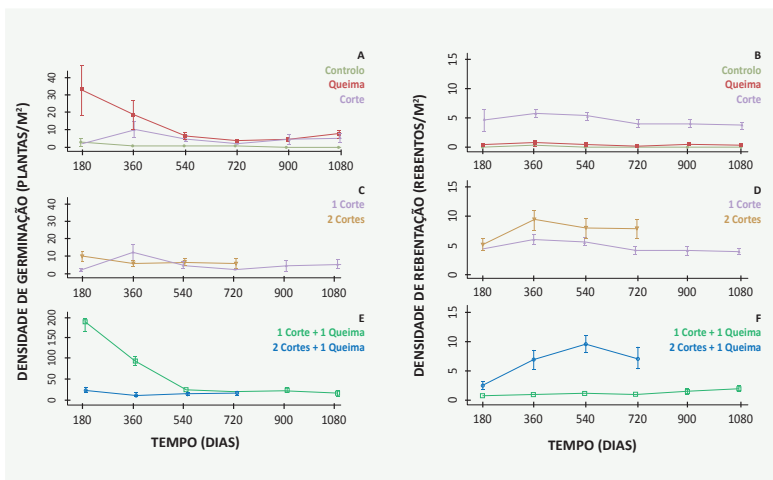


Figura 10 - Efeitos dos diferentes tratamentos de corte e queima na densidade de germinação (esq.) e rebentação (dir.) de acácia-mimoso ao longo do tempo na folhada e no solo. As barras de erro representam o erro padrão (Riveiro et al., em prep.).



Figura 11 - Evolução da vegetação após o tratamento de corte e queima numa área invadida por acácia-mimoso, em Arganil, até 16 meses após a queima.

Entre os tratamentos de corte e de queima, foi nas parcelas cortadas que as novas plantas germinadas se desenvolveram mais rapidamente, especialmente dois anos após o tratamento. Três anos após o corte a altura média era quase 150 cm. As plantas germinadas nas parcelas de controlo tiveram um crescimento intermédio (Figura 12-A), enquanto na parcela de queima as plantas tiveram o crescimento mais reduzido, o que pode ser explicado pela maior competição das plantas germinadas na parcela de queima. A realização de um segundo corte não foi eficaz no controlo e as novas plantas tiveram um crescimento um pouco mais acentuado quando comparado apenas com um corte

(Figura 12-C). Também nas combinações de corte e queima, onde a germinação ou a rebentação foram elevadas, o crescimento foi menor que nas parcelas sujeitas apenas a corte (Figura 12-E).

O crescimento dos rebentos foi naturalmente muito mais elevado por beneficiarem já de um sistema radicular bem desenvolvido. Em três anos, os rebentos nas parcelas sujeitas a corte atingiram cerca de 3,5 m de altura, mas apenas cerca de 1,5 m de altura nas parcelas sujeitas a queima (Figura 12-B). A realização de um segundo corte não parece ter produzido efeitos no crescimento dos rebentos que terão surgido novamente, pelo menos até dois anos após o segundo corte (Figura 12-D). Os rebentos resultantes da aplicação de um ou dois cortes seguidos de queima tiveram um crescimento ligeiramente menor do que nas parcelas sujeitas a corte apenas, mas maior do que nas parcelas sujeitas a queima (Figura 12-F).

Em suma, nenhum tratamento foi totalmente eficaz na diminuição do crescimento de novas plantas ou rebentos de acácia-mimososa. Apesar do surgimento de reduzida germinação ou rebentação nas parcelas de controlo, aparentemente o seu crescimento é mais controlado por ocorrer no sob-coberto de um povoamento já instalado.

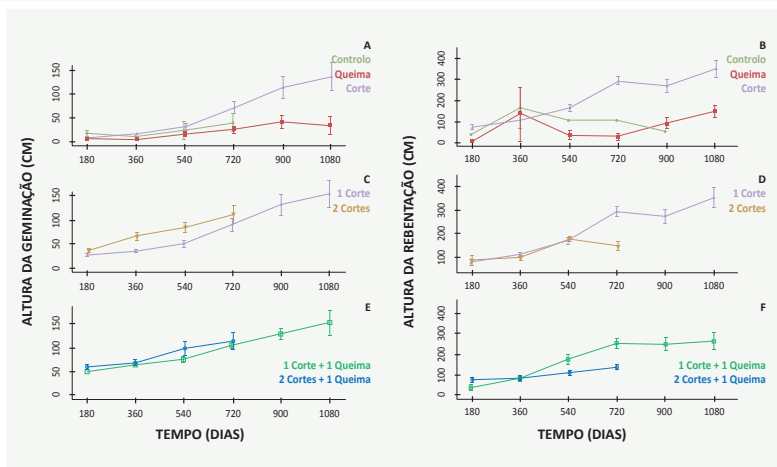


Figura 12 - Efeito dos vários tratamentos no crescimento (cm) da acácia-mimososa após germinação (esq.) e regeneração de toiceira (dir.) ao longo do tempo na folhada e no solo. As barras de erro representam o erro padrão (Riveiro et al., em prep.).

3. GESTÃO DA ACÁCIA-MIMOSA

3.1. ASPETOS GERAIS

No projeto Fogo e Invasoras foram estudadas diferentes técnicas de controlo da acácia-mimosa, que incluíram o corte, a queima e diferentes combinações de corte e queima (Figura 13). Nenhum destes tratamentos foi eficaz no controlo da espécie, devido à incapacidade para esgotar o banco de sementes e para eliminar ou reduzir o número de plantas.

Os tratamentos de corte das acácias resultaram principalmente na regeneração de toça ou raiz dos indivíduos, mas também ocorreu alguma germinação. O sucesso do corte em eliminar manchas de acácia-mimosa implica a realização de vários cortes até se conseguir esgotar a vitalidade das plantas. Mesmo plantas pequenas têm grande capacidade de rebentação embora sejam necessários menos cortes até eliminar as plantas (estima-se menos de 6 cortes).

Os tratamentos com fogo apresentaram muitas limitações no controlo de acácia. Por exemplo, a reduzida carga combustível de superfície e a folhada muito compacta dificultam a progressão do fogo e a realização de queimas prescritas durante o inverno (Figura 13). Por outro lado, o fogo controlado tem pouco ou nenhum efeito sobre o povoamento de acácia e a redução do banco de sementes é apenas parcial, e conseguida à custa de um elevado recrutamento de plântulas. A aplicação de corte e queima permite aumentar a carga dos combustíveis de superfície e facilitar a utilização de fogo. No entanto, este tratamento origina uma intensa rebentação de toça e de raiz, possibilitando a rápida recuperação da população.



Figura 13 - Queima controlada de acácia-mimosa, no âmbito dos trabalhos experimentais práticos do projeto Fogo e Invasoras, na Lousã.

Como tal, na secção seguinte são apresentadas outras formas de controlo da acácia-mimososa, e discutidas as suas vantagens e desvantagens. O controlo biológico da acácia-mimososa não é incluído aqui porque não está homologado em Portugal, embora a sua introdução esteja a ser testada através do gorgulho *Melanterius maculatus* (Coleoptera: Curculionidae), o qual tem sido utilizado com sucesso na África do Sul. Este inseto alimenta-se das sementes da acácia-mimososa, reduzindo assim a produção de sementes, à semelhança de outro inseto (*Trichilogaster acaciaelongifoliae*) já introduzido em Portugal para controlo biológico da *Acacia longifolia* (acácia-de-espigas). O controlo biológico poderá vir a dar também um contributo importante para o controlo de acácia-mimososa em Portugal.

Há diferentes alternativas para o controlo da acácia-mimososa. A estratégia de controlo pode depender da localização e tamanho da área invadida, da composição e estrutura do povoamento, e dos recursos disponíveis. Algumas técnicas produzem resultados imediatos enquanto outras enquadram-se numa estratégia de médio-longo prazo. É recomendável ter em vista a substituição do acacial por outro uso do solo, destinado à produção ou à conservação. O abandono da área intervencionada provavelmente resultará na sua recolonização por acácia. Deve ser dada preferência a um uso do solo que proporcione muita sombra e evitem-se perturbações do solo, de forma a prevenir a germinação a partir do banco de sementes no solo.

Qualquer um dos métodos de controlo aqui sugeridos tem como objetivo eliminar os indivíduos ou prevenir a germinação, mas dificilmente se consegue eliminar ou mesmo reduzir consideravelmente o abundante banco de sementes armazenado na folhada e no solo. Como tal, é importante manter o banco de sementes estável e livre de perturbações. A germinação, que pode ser massiva, poderá ser despoletada inadvertidamente por perturbações como incêndios, operações de corte, ou passagem de maquinaria pesada. Há casos de invasão massiva de acácia-mimososa sem qualquer registo de fogo na área, crendo-se estarem relacionados com operações de gestão florestal (Figura 14). Portanto, é também importante fazer um uso cuidadoso de técnicas que envolvam essas perturbações.



Figura 14 - Área localizada em Ribeira do Fárrio (Ourém), invadida por acácia-mimosa, possivelmente devido a perturbações relacionadas com a gestão do pinhal, que poderá ter estimulado a germinação das sementes.

Assim, é necessária uma monitorização recorrente da eficácia dos tratamentos aplicados, controlando quer a germinação quer a regeneração de toiça que venha a surgir. Só desse modo será possível uma rápida intervenção antes que as plantas invasoras se instalem completamente. A rápida intervenção no início da invasão facilita o controlo e aumenta as probabilidades de sucesso.

As técnicas apresentadas podem ser usadas complementarmente ou por fases, para o controlo dos acaciais. Estas técnicas incluem o arranque manual das plantas, o descasque dos indivíduos (remoção da casca), o corte com motorroçadora, a utilização de herbicidas, o pastoreio e o controlo através da sombra. São apresentadas as vantagens e as desvantagens de cada tipo de controlo. As considerações sobre estas técnicas têm por base resultados do projeto Fogo e Invasoras e resultados obtidos na Quinta da Moenda (neste caso sem base experimental), onde o controlo de acácia-mimosa tem sido desenvolvido desde há vários anos.

3.2. TÉCNICAS DE CONTROLO

3.2.1. ARRANQUE MANUAL

O arranque manual consiste em remover a planta inteira do solo. É indicado para áreas não muito extensas recentemente invadidas, onde predominam plantas jovens, de reduzido tamanho, condição que se traduz num ainda incipiente enraizamento. É uma situação característica de áreas aridas recentemente.

A planta deve ser agarrada junto ao solo e puxada cuidadosamente de forma a arrancar também as raízes. Ter em atenção que por vezes aquilo que parece

ser uma planta é um rebento de raiz, pelo que nestes casos o arranque é inútil do ponto de vista do controlo (Figura 15). O tamanho das mimosas aptas para arranque pode variar, e depende em parte do tipo de solo, sendo mais difícil o arranque em solos secos e compactos. Em alguns locais poderá ser útil esperar por dias de chuva de forma a humedecer o solo e facilitar o arranque da raiz. Há casos em que plantas com tamanhos até dois metros de altura são facilmente arrancadas.

As principais vantagens desta opção são os impactos ecológicos mínimos, a grande eficácia e o pouco equipamento necessário, limitado a luvas e um sacho ou enxada que poderá ser útil para lidar com as raízes de plantas um pouco maiores.

A principal desvantagem é a fraca produtividade da técnica, pelo que em áreas extensas e com grande densidade de jovens plantas este processo torna-se demasiado oneroso.



Figura 15 - Foto ilustrando o arranque de uma planta de acácia-mimosa (à direita) e de um rebento de raiz (à esquerda).

3.2.2. DESCASQUE

O descasque consiste em remover a casca e câmbio vascular das mimosas de forma a interromper o fluxo de seiva elaborada (Figura 16). É indicado para áreas não muito extensas dominadas por plantas adultas que possuam uma casca bem desenvolvida, lisa e sem feridas.

O descasque pressupõe a realização de uma incisão profunda (até à madeira) em anel, ao longo do perímetro do tronco, a uma altura confortável para o aplicador. De seguida, deve puxar-se a casca, que sai sob a forma de tiras verticais, desde a linha de corte até à base do tronco, de preferência até ao colo da raiz. O descasque deve ser realizado em toda a volta da árvore, removendo completamente todos

os pedaços de casca. Na maioria dos casos o descasque deverá demorar entre 1-3 minutos em cada indivíduo, sendo mais demorado em indivíduos maiores e/ou que não tenham a casca lisa ou apresentem ramificações.

Com o descasque, a árvore morre em pé, largando as folhas e sementes e secando completamente. Um descasque bem efetuado deverá prevenir a rebentação a partir da base do tronco ou das raízes.



Figura 16 - Descasque de acácia-mimoso, em Santa Comba Dão. Remoção da casca em tiras (esq.) e árvore totalmente descascada (dir.).

Os indivíduos devem permanecer em pé até secarem completamente, processo que pode levar desde alguns meses até 2-3 anos. Posteriormente, dependendo do local, poderão ficar em pé e decair gradualmente ou ser cortados. Um descasque mal feito pode proporcionar a regeneração da casca e a sobrevivência do indivíduo. Esta situação é usual em indivíduos com feridas no tronco ou casca irregular, ou se o descasque for realizado fora da época adequada, em que a casca não sai facilmente.

O descasque é mais fácil e eficaz se for realizado quando a árvore está fisiologicamente ativa (a crescer). Assim, o descasque é recomendado sempre que haja água disponível e temperaturas moderadas. Em Portugal, estas condições são mais comuns no final do inverno e primavera, mas em áreas húmidas como áreas ripícolas o descasque é possível praticamente durante todo o ano. Caso o descasque se revele difícil, deve aguardar-se por uma época mais favorável.

As principais vantagens da aplicação de descasque incluem: reduzidos impactes ambientais; reduzida perturbação do ecossistema; poucos recursos necessários (luvas e canivete ou serra manual para realizar a incisão no tronco); não ser necessário formação especializada (apesar de ser fundamental aprender a executar corretamente); evitar danos na vegetação circundante pelo derrube das árvores; e ser muito eficaz. As principais desvantagens são a fraca produtividade

em termos de número de árvores tratadas por unidade de tempo sendo por isso, um processo demasiado oneroso para áreas extensas; e as limitações temporais à sua aplicação.

3.2.3. CORTE COM MOTORROÇADORA

O corte com motorroçadora aplica-se a plantas com diâmetros reduzidos utilizando disco indicado para plantas lenhosas. O corte deve ser efetuado o mais rente ao solo possível, seguindo as instruções técnicas e de segurança do trabalho com motorroçadora (Figura 17).



Figura 17 - Corte de regeneração de acácia-mimososa com motorroçadora em parcelas experimentais do projeto Fogo e Invasoras em Góis.

O corte com motorroçadora é indicado para áreas invadidas com grande densidade de pequenas plantas de germinação recente ou rebentos de intervenções anteriores. Um único corte não elimina a população invasora, porque desde cedo as plântulas de acácia-mimososa adquirem capacidade de regeneração de toija e raiz. Poderão ser necessários vários cortes até esgotar a sua vitalidade. Apenas algumas plantas muito jovens, com um sistema radicular ainda incipiente, poderão não regenerar depois do corte, especialmente se cortadas em dias muito quentes.

A principal vantagem deste tipo de controlo é a elevada produtividade em número de plantas cortadas por unidade de tempo, sendo possível gerir extensas áreas invadidas (Figura 18). As principais desvantagens são os recursos necessários para executar estas operações (motorroçadora, combustível, equipamento de proteção) e a necessidade de repetir as operações de corte várias vezes após a rebentação, até se esgotar a vitalidade das plantas.



Figura 18 - Área invadida por acácia-mimoso, após desbaste com motorroçadora. Os indivíduos maiores são usados para criar ensombramento (ver 3.3), prevenindo novas germinações (Quinta da Moenda, Vila Nova de Poiares, abril 2023).

3.2.4. APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Vários estudos apontam boa eficácia no controlo da acácia com utilização de herbicidas à base de glifosato. Apesar dos efeitos negativos associados à toxicidade dos herbicidas para várias formas de vida, este herbicida tem menos impactos ambientais noutras plantas do que outros como o triclopir. A compra e aplicação de herbicidas exige a devida formação e credenciação emitida pela Direção Geral de Alimentação e Veterinária para o manuseamento de produtos fitofarmacêuticos.

A utilização de herbicidas é recomendada em áreas extensas fortemente invadidas, onde o descasque ou arranque manual são demasiado onerosos. Há diferentes técnicas de utilização do herbicida que dependem essencialmente dos recursos disponíveis e dimensão das acácias. Essas técnicas incluem: combinação de corte e herbicida; aplicação foliar; injeção do herbicida em pequenos cortes ou furos no tronco (Figura 19).

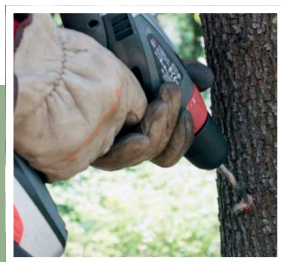


Figura 19 - Técnica de aplicação de herbicida após corte com motosserra (esq.) e por injeção no tronco (dir.). Imagens cedidas pelo site invasoras.pt.

A combinação de corte e herbicida pressupõe várias alternativas. Uma delas é o corte do indivíduo o mais rente ao solo possível e a aplicação imediata do herbicida na touça com pincel ou pulverizador. Deverão estar envolvidos dois colaboradores, um encarregado do corte e um segundo devidamente credenciado, para manuseamento do herbicida. Esta técnica deverá impedir a regeneração de touça, mas não impede por completo a regeneração de raiz. O aparecimento de rebentos de raiz nos meses seguintes deverá ser alvo de arranque ou nova aplicação de herbicida quando tiverem cerca de 50-100 cm de altura. Se os rebentos crescerem demasiado, os maiores poderão ser descascados ou sujeitos ao mesmo processo de corte e aplicação de herbicida.

Outra combinação de corte e herbicida, frequentemente mais eficaz, pressupõe alguns meses de espera após o corte, seguindo-se a pulverização da rebentação quando atingir cerca de 50-100 cm de altura. A aplicação de herbicida deve limitar-se aos rebentos de acácia para diminuir os efeitos negativos. Deve ser aplicado em épocas de crescimento ativo e as plantas não devem estar cobertas de pó. Deverá repetir-se a aplicação em nova rebentação que venha a surgir.

O herbicida pode ser também aplicado em incisões oblíquas feitas no tronco de indivíduos adultos, através de cortes ou furos. Os cortes podem ser feitos com ferramentas como o serrote, machado ou enxó. Os cortes devem ser profundos até ao alburno com um ângulo de 45° e espaçados 2-4 cm ao redor do tronco. Os furos podem ser feitos com um berbequim, inclinados para evitar o escorrimento do herbicida para fora, e espaçados 5-10 cm ao redor do tronco.

A aplicação foliar através de pulverização é indicada em grandes densidades de pequenos rebentos (25-50 cm), onde o arranque manual é demasiado oneroso. Deve evitar-se a pulverização em dias ventosos para evitar a dispersão do herbicida para outras áreas.

As principais vantagens da aplicação de herbicida são a produtividade em termos de número de plantas tratadas por unidade de tempo (especialmente com pulverização), a eficácia razoável na eliminação dos indivíduos (quando bem aplicado) e a sua versatilidade, permitindo por exemplo a sua aplicação em diferentes cenários de invasão e diferentes tamanhos de plantas, ou permitindo diferentes abordagens, como cortar ou deixar as árvores em pé. As desvantagens incluem os possíveis impactos ambientais negativos, a necessidade de habilitação para manusear herbicidas, a necessidade de repetir tratamentos nalguns casos e os recursos necessários, que para além do herbicida e equipamento de proteção podem incluir pulverizador, ferramentas de corte ou furo, e pincéis.

3.2.5. PASTOREIO

Animais de pasto, em particular cabras, podem ajudar a controlar a invasão por acácias (Figura 20). As cabras talvez sejam o único tipo de gado que se alimenta de acácia-mimososa. A utilização de cabras para controlo da acácia é indicada principalmente para rebentos ou plantas pequenas, em que as folhas estão ao alcance do animal. Esta técnica é particularmente útil, portanto, para áreas recentemente invadidas ou para controlo da regeneração após aplicação de outras técnicas de controlo.

Tal como num corte mecânico, o consumo de folhas e ramos tenros tem um efeito efémero, sendo também necessário repetir a passagem dos animais até esgotar a capacidade regenerativa das plantas. No entanto, é importante diversificar a dieta dos animais pois uma alimentação exclusivamente à base de acácia não é saudável devido aos taninos presentes na planta, que compõem a defesa de várias espécies contra herbívoros. Regra geral, as cabras parecem dar preferência às plantas autóctones, e particularmente aos rebentos e folhas jovens destas. No entanto, quando esgotam essas alternativas preferenciais, alimentam-se também de outras plantas como a acácia-mimososa, principalmente dos rebentos tenros. Para além dos efeitos comparáveis ao corte, os animais irão também causar outros efeitos devido ao pisoteio. O ato de pisotear pode estimular a germinação das sementes de mimosa, mas se o rebanho for mantido regularmente na área, as plantas não irão ter capacidade de se desenvolver muito antes de serem pisadas novamente ou comidas. No entanto, é provável que as cabras comam outras plantas que se encontrem a crescer no mesmo local e que se deseje preservar, nomeadamente espécies arbóreas. Nestes casos é aconselhável a utilização de protetores individuais que impeçam a destruição das jovens árvores.

Não existem atualmente evidências experimentais que permitam fundamentar cientificamente este tipo de abordagem na gestão da acácia-mimososa. No entanto, este tipo de técnica tem sido utilizado com sucesso, em complemento com o descasque e o ensombramento, na Quinta da Moenda (propriedade da Liga para a Proteção da Natureza, em Vila Nova de Poiares).

As principais vantagens do uso de pastoreio incluem a elevada produtividade quanto ao número de plantas controladas e o reduzido impacto ambiental. As desvantagens incluem o possível dano em plantas que se pretende proteger, a necessidade de repetir o tratamento e de confinar o rebanho a certas áreas, podendo ser necessárias cercas e protetores individuais.



Figura 20 - Cabras usadas para controlo de acácia-mimoso na Quinta da Moenda (Vila Nova de Poiares).

3.3. UM EXEMPLO DE BOAS PRÁTICAS: O CASO DA QUINTA DA MOENDA

Nesta secção é apresentado como exemplo de boas práticas o caso da Quinta da Moenda, em Vila Nova de Poiares, onde é feita uma abordagem inovadora em Portugal no controlo da acácia-mimoso, conjugando diferentes técnicas, de acordo com uma estratégia de gestão. Um aspeto muito importante prende-se com o planeamento da futura ocupação do local invadido. Neste caso pretende-se a renaturalização da área invadida, e a substituição por um coberto de árvores nativas, utilizando princípios subjacentes ao conceito de silvicultura próxima da natureza (do inglês *closer-to-nature forest management*). Os princípios da silvicultura próxima da natureza incluem: a) aproveitar a regeneração natural; b) favorecer espécies nativas adaptadas às condições locais; c) diversificar a composição e estrutura dos povoamentos; d) evitar gestão intensiva e disruptiva; e) preservar madeira morta ou árvores habitat (árvores que proporcionam micro-habitats como cavidades ou espécies epífitas); f) fomentar diversidade paisagística. Estes princípios têm sido utilizados para promover a regeneração de arvoredo nativo, e aplicados em paralelo com as ações de controlo direto de acácia-mimoso.

A Quinta da Moenda é uma antiga quinta agrícola, propriedade da Liga da Proteção da Natureza no concelho de Vila Nova de Poiares, com cerca de 4 hectares. Nos anos 90 encontrava-se ao abandono, tendo as culturas agrícolas dado lugar a uma ocupação desordenada de matos, nomeadamente silvados e acaciais. Inicialmente foram cometidos os erros típicos na gestão dos acaciais, com o controlo massivo através do corte e sem continuidade regular. Em poucos anos, houve um retorno à situação original ou mesmo agravamento da invasão. Desde há cerca de 25 anos, foi iniciada uma abordagem diferente com resultados encorajadores, que tentamos traduzir neste manual.

A principal técnica para o controlo da acácia-mimososa na Quinta da Moenda tem sido o uso da sombra. A sombra das árvores tem um forte efeito negativo no desenvolvimento do sob-coberto. A ausência de sombra promove a germinação e crescimento do sob-coberto ou das espécies dominadas, incluindo acácias, enquanto a manutenção de sombra previne ou atrasa o desenvolvimento do sob-coberto. Trata-se de um princípio universal, classicamente aplicado na gestão silvícola dos povoamentos florestais de acordo com uma abordagem *close-to-nature*, em países do centro e norte da Europa, mas muito pouco comum em Portugal.

Nas áreas densamente invadidas por acácia junto à Ribeira de Poiares, foi eliminado o sob-coberto, constituído principalmente por acácias pequenas, através do arranque e corte. No caso das acácias dominantes, houve uma seleção estratégica de quais seriam descascadas e quais seriam mantidas vivas para regular a quantidade e distribuição da sombra (Figura 21). Aberturas no copado foram criadas para permitir o desenvolvimento do arvoredado jovem de espécies nativas (Figura 22), ao mesmo tempo que se manteve o ensombramento nos restantes locais para prevenir a germinação de acácias. A manutenção das árvores em pé, vivas e mortas, reduziu também a perturbação do solo e evitou possíveis danos na regeneração natural das espécies nativas. As acácias que permanecem vivas continuarão a produzir sementes, mas as sementes terão poucas possibilidades de germinação sem perturbação e sobretudo com ensombramento. O mesmo se passa com os novos rebentos que possam surgir.



Figura 21 - Seleção estratégica de acácias descascadas e mantidas vivas para evitar germinações e beneficiar carvalhos, na Quinta da Moenda (abril 2023).

Figura 22 - Acácia morta por descasque que ensombrava um carvalho na Quinta da Moenda (abril 2023.)

Quaisquer operações que resultem na perturbação do solo ou na abertura de clareiras, estimulando a germinação do banco de sementes de acácia no solo, deverão ser realizadas no final do outono ou da primavera, pois as plântulas que surjam terão menores possibilidades de sobrevivência com a chegada do inverno ou do verão.

A manutenção de algumas acácias ao lado de espécies nativas pode também estimular o desenvolvimento vertical das espécies nativas. Ao longo do tempo, as acácias dominantes vão sendo removidas e a sua sombra substituída pela sombra das espécies nativas (Figura 23). Este processo de renaturalização dos acaciais poderá levar tanto tempo quanto o tempo necessário para o domínio das folhosas, cerca de 10 a 20 anos, dependendo da produtividade no local e da quantidade de regeneração natural que vá surgindo ao longo do processo de reconversão. O recurso à plantação de folhosas nativas pode ser necessário, caso não exista regeneração natural suficiente. Esta estratégia de redução progressiva do coberto de acácias através do descasque tem dado provas de sucesso junto a linhas de água. Devido à elevada produtividade destes locais, o crescimento de espécies nativas ripícolas como salgueiros, freixos e amieiros é bastante rápido, permitindo um rápido ensombramento da área. No final, pretende-se o estabelecimento de uma floresta nativa de folhosas com algum grau de maturidade e estabilidade.

Para além de todas as vantagens do ponto de vista da biodiversidade e do restauro dos ecossistemas naturais, este tipo de povoamentos ensombrados são, a partir de um certo grau de maturidade, uma excelente barreira contra os incêndios. O elevado ensombramento cria condições de elevada humidade combustível, o que limita a progressão, a intensidade e a severidade dos incêndios. Por outro lado, os recursos e o investimento na gestão do espaço vão decrescendo ao longo do tempo à medida que o sistema se torna autossustentável. A partir do momento em que se completa o fecho de copas com um ensombramento total, não são necessárias mais intervenções, pois a sombra dificulta a regeneração de espécies indesejáveis, nomeadamente espécies exóticas. Exige pouca tecnologia quando o controlo é aplicado maioritariamente através de arranque manual e descasque. Há também uma reduzida perturbação do solo, mantendo o banco de sementes sob controlo.

A principal desvantagem deste tipo de controlo é ser um processo demorado com resultados a médio-longo prazo. Há também a possibilidade de retrocesso através da ocorrência de um incêndio durante este processo de restauro, destruindo as copas (e a sombra) e despoletando a germinação massiva de novas acácias, embora este seja um risco comum a todos os tipos de controlo. Adicionalmente, as acácias que são mantidas vivas para providenciar sombra na fase inicial continuarão a alimentar o banco de sementes, e as sementes podem

inclusivamente ser dispersas para outras áreas através de animais e linhas de água. Por fim, este processo pressupõe a existência de um potencial de regeneração de espécies nativas, ou a necessidade de plantar espécies nativas na área invadida.



Figura 23 - Carvalhos em desenvolvimento em área anteriormente ocupada por acacial denso na Quinta da Moenda (abril 2023).

3.4. PRÓS E CONTRAS DAS DIFERENTES TÉCNICAS

Nesta secção é apresentada uma tabela-resumo com as principais vantagens e desvantagens das diferentes técnicas de controlo de acácia-mimososa (Tabela 1). Diferentes técnicas podem ser combinadas em algumas áreas invadidas para tirar partido das suas vantagens. Por exemplo, o descasque de árvores adultas pode ser combinado com o arranque ou pulverização com herbicida.

Tabela 1 - Quadro-resumo das vantagens e desvantagens das diferentes técnicas de controlo de acácia-mimososa.

| TÉCNICA | VANTAGENS | DESvantagens |
|--------------------------------|--|--|
| ARRANQUE MANUAL | <ul style="list-style-type: none">• Eficaz• Impacto ecológico baixo | <ul style="list-style-type: none">• Baixa produtividade• Apenas plantas jovens |
| DESCASQUE | <ul style="list-style-type: none">• Impacto ecológico baixo• Impede a regeneração de toixa e de raiz• Reduzida perturbação do solo• Não causa danos em árvores próximas | <ul style="list-style-type: none">• Baixa produtividade• Apenas plantas adultas |
| CORTE COM MOTORROÇADORA | <ul style="list-style-type: none">• Elevada produtividade | <ul style="list-style-type: none">• Rápida regeneração• Necessárias repetições |
| APLICAÇÃO DE HERBICIDA | <ul style="list-style-type: none">• Elevada produtividade | <ul style="list-style-type: none">• Impactos ambientais negativos• Possível necessidade de repetições• Necessita credenciação do operador |
| INJEÇÃO DE HERBICIDA | <ul style="list-style-type: none">• Aplicação individual | <ul style="list-style-type: none">• Reduzida produtividade• Necessita credenciação do operador |
| PASTOREIO DE CABRAS | <ul style="list-style-type: none">• Útil para manutenção | <ul style="list-style-type: none">• Apenas plantas pequenas ou rebentos• Fraca dieta para os animais• Impactos noutras plantas• Necessárias repetições• Necessita de outras técnicas de controlo |
| ENSOMBRAMENTO | <ul style="list-style-type: none">• Impacto ecológico baixo | <ul style="list-style-type: none">• Resultados a médio-longo prazo• Necessita de outras técnicas de controlo |

SECÇÃO II

HÁQUEA-PICANTE

II

1. BIOLOGIA E ECOLOGIA

A háquea-picante (*Hakea decurrens* R.Br.) faz parte da família Proteaceae e é nativa do sudeste da Austrália, nomeadamente dos estados de Nova Gales do Sul, Victoria e Tasmânia (Figura 24). Para além de Portugal, o género *Hakea* tem também carácter invasor em outros países, tais como a África do Sul e a Nova Zelândia. Até há pouco tempo as populações existentes em Portugal eram identificadas como *Hakea sericea*. No entanto, crê-se agora que a espécie predominante em Portugal seja *H. decurrens*. As duas espécies são muito semelhantes e distinguem-se apenas pela morfologia das flores. Em Portugal continental, as principais populações resultantes de processos de invasão encontram-se sobretudo no Centro e Norte litoral (Figura 25). A espécie invade áreas perturbadas, especialmente após o fogo, mas também pode invadir áreas seminaturais, incluindo pinhais, matos e matagais.

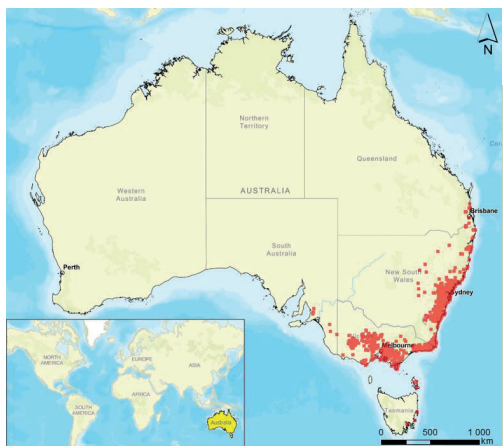


Figura 24 - Distribuição nativa de háquea-picante (GBIF.org, 2023c)

A háquea-picante é um arbusto ou pequena árvore até 4 m de altura, apresentando copa irregular. Tem folhas perenes, de cor verde cinzento-escuro, moldadas em

agulhas extremamente afiadas e robustas (Figura 25). Apresenta flores brancas, dispostas em fascículos com uma a sete flores. Em Portugal, a *Hakea decurrens* floresce geralmente a partir do terceiro ano de vida, durante o Inverno, entre dezembro e abril. Os frutos são folículos lenhosos (cerca de 3 cm), castanho-escuros com uma crista e bico patente, contendo duas sementes aladas pretas. Os folículos são seródios, permanecendo fechados enquanto o ramo onde se localizam estiver vivo, dando origem a um banco de sementes na copa dos indivíduos adultos (Figura 26).



Figura 25 - Flores (esq.), frutos (dir.) e folhas de háquea-picante (invasoras.pt).



Figura 26 - Háquea-picante adulta rodeada de plântulas um ano após um incêndio em 2017 (esq.) e folículo aberto ainda com sementes (dir.).

As sementes são libertadas quando há necrose dos tecidos adjacentes, por exemplo, após fogo ou corte. A dispersão das sementes ocorre primeiramente através do vento, podendo ser dispersas até poucas dezenas de metros da planta-mãe. A distância de dispersão pode ser aumentada por dispersão secundária, através de linhas de água ou pela ação do vento, arrastando as sementes pelo solo, especialmente após o fogo, quando há menos obstáculos. Tal como noutras espécies, a densidade das novas plântulas é máxima junto à planta mãe, decrescendo exponencialmente com a distância (Figura 26).

As raízes são proteóides (agregados de raízes), que fornecem uma vantagem adaptativa em solos com poucos nutrientes, contribuindo para o seu potencial invasor. Na sua distribuição nativa, a háquea-picante pode ser encontrada em áreas de floresta esclerófila seca e charnecas, com solos pouco férteis.



Figura 27 - Distribuição de háquea-picante em Portugal. Fontes: GBIF (GBIF.org, 2023d, 2023e); iNaturalist, Pl@ntNet, Flora-On, Biodiversity4all, EDP Biodiversity Data, Naturalis Biodiversity Center, Real Jardín Botánico-Colección de Plantas Vasculares, Universidade de Lisboa, SANT Herbarium vascular plants collection e invasoras.pt.

Esta espécie forma povoamentos densos, monoespecíficos e impenetráveis, que impedem a instalação de plantas nativas (Figura 28), contribuindo dessa forma para uma diminuição da biodiversidade e para uma diminuição dos ecossistemas nativos. Estes povoamentos podem acumular cargas combustíveis muito elevadas, superiores aos matos nativos típicos de Portugal, agravando o comportamento do fogo e a perigosidade de incêndio.



Figura 28 - Áreas invadidas por háquea-picante em Valongo do Vouga, Águeda (dezembro 2020; esq.) e em Seiça, Ourém (maio 2023; dir.).

2. FOGO E INVASORAS

2.1. DESENHO EXPERIMENTAL

No âmbito do projeto Fogo e Invasoras foram instaladas parcelas experimentais em vários povoamentos de háquea-picante distribuídos maioritariamente pela Região Centro de Portugal (Figura 29). As parcelas foram sujeitas a diferentes tratamentos para testar diferentes técnicas de controlo da háquea-picante. Os tratamentos incluíram o corte, a queima e a combinação de corte seguido de queima. Em todas as áreas estudadas foram criadas parcelas de “controlo”, ou seja, parcelas para avaliar a ausência de tratamentos para efeitos comparativos. Os efeitos dos tratamentos foram monitorizados até um máximo de três anos. Nesta secção apresentam-se igualmente resultados de experiências controladas sobre o efeito do fogo na deiscência e na germinação, de dispersão de sementes dispersão das sementes e do efeito do fogo na erosão do solo. Os povoamentos estudados apresentavam diferentes características em termos de localização geográfica, idade e estrutura. A idade dos povoamentos variou entre 1 e 23 anos, contados desde a última grande perturbação que despoletou a regeneração do povoamento (incêndio ou o corte). Há casos em que o povoamento antecede a última perturbação e, portanto, a espécie está instalada nessa área há mais tempo.

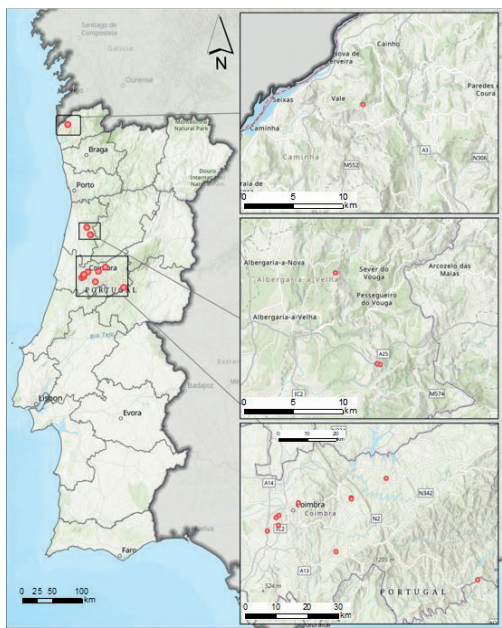


Figura 29 - Distribuição das áreas de estudo de háquea-picante.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS

Um dos objetivos do projeto Fogo e Invasoras foi perceber os efeitos da háquea-picante no comportamento do fogo. Esta relação é especialmente importante dada a recomendação de uso do fogo para controlar esta espécie, mas também para perceber o efeito da expansão das áreas invadidas no risco de incêndio. Para tal, foram recolhidas e pesadas amostras de combustível nas várias áreas de estudo (Figura 30). Os resultados indicam que a carga de combustível morto, nomeadamente combustível fino, é muito reduzida nas copas de háquea-picante, mas muito elevada ao nível da folhada. Por outro lado, praticamente não existe sob-coberto arbustivo ou herbáceo nas áreas dominadas por povoamentos adultos. Houve casos excecionais de povoamentos de háquea-picante com presença residual de outras espécies herbáceas e arbustivas, mas por norma a diversidade florística é muito reduzida devido ao elevado ensombramento e à espessa folhada. Como tal, para a simulação do comportamento do fogo importa especialmente conhecer as cargas dos combustíveis mortos finos, em especial a folhada e dos combustíveis lenhosos vivos (< 6 mm de diâmetro).

Os povoamentos de háquea-picante podem produzir cargas consideráveis de folhada, com grande influência no comportamento do fogo. É possível estimar a carga da folhada a partir da sua profundidade ($R^2=0.31$) (Figura 31). Poderá existir alguma variação na carga da folhada devido à adição de folhada de espécies arbóreas que podem coexistir nestes povoamentos de háquea-picante, mas a relação apresentada diz respeito a povoamentos puros, apenas com folhada de háquea. Na secção 3.4 é apresentada uma tabela com a correspondência entre a profundidade e a carga da folhada.



Figura 30 - Parcela de estudo de háquea-picante, em Vila Nova de Poiares (fevereiro de 2022).

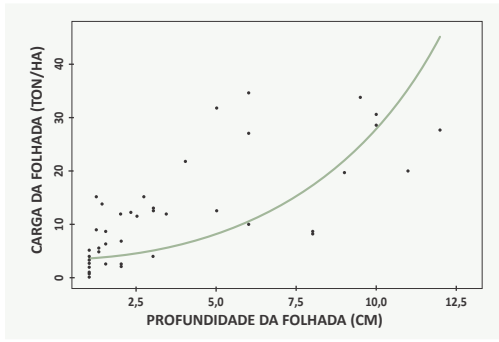


Figura 31 - Relação entre a Profundidade da folhada e a Carga da folhada de háquea-picante.

Os povoamentos de háquea-picante vão largando folhas ao longo da vida, que se vão acumulando. Portanto, quanto mais velho um povoamento, maior deverá ser a profundidade da folhada, e conseqüentemente maior a carga da folhada. Foi possível estabelecer uma relação sólida ($R^2=0.69$) entre a altura do povoamento e a profundidade da folhada (Figura 32). Na secção 3.4 é apresentada uma tabela com a correspondência entre a altura do povoamento e a profundidade da folhada.

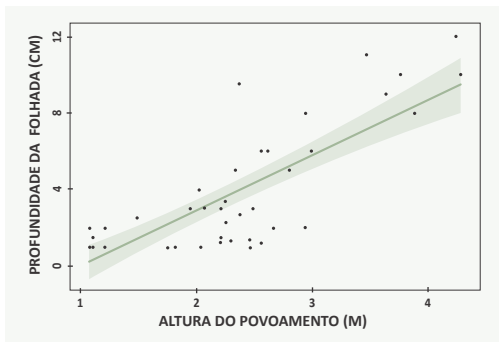


Figura 32 - Relação entre a Altura do povoamento e a Profundidade da folhada.

A carga dos combustíveis lenhosos vivos, que correspondem a materiais da copa com 6 mm ou menos de diâmetro, é outra componente importante dos modelos de combustível. Esta categoria de combustíveis assume especial importância na técnica de corte e queima, pois estes combustíveis vivos, depois de secos, irão contribuir para a carga de combustíveis mortos finos. A carga dos combustíveis lenhosos vivos nos povoamentos de háquea-picante pode ser estimada com razoável fiabilidade através de duas variáveis: a altura média do povoamento e

a idade do povoamento, deduzida pelo tempo decorrido desde a última grande perturbação, por exemplo um incêndio ou o abate do povoamento.

Os dados recolhidos no projeto permitiram estabelecer uma relação entre a altura do povoamento e a carga dos combustíveis lenhosos vivos ($R^2 = 0.65$) (Figura 33). Na secção 3.4 é apresentada uma tabela com a correspondência entre a altura do povoamento e a carga de combustíveis lenhosos vivos.

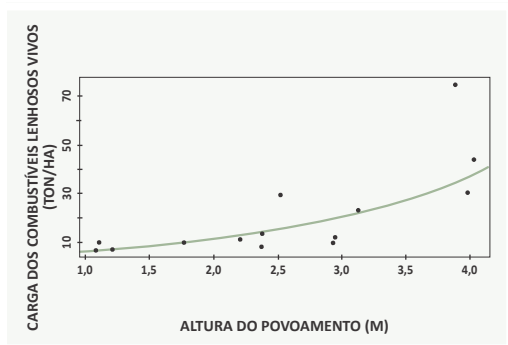


Figura 33 - Relação entre a Altura do povoamento e a Carga dos combustíveis lenhosos vivos de háquea-picante.

Em alternativa à altura do povoamento, é também possível usar a idade do povoamento para estimar a carga dos combustíveis lenhosos vivos. A idade dos povoamentos foi estimada a partir da última perturbação registada nos locais de amostragem, partindo do pressuposto que essa perturbação deu origem a uma nova população de háqueas ou à regeneração da população existente. Assim, foi possível estabelecer uma relação ($R^2 = 0.78$) entre a idade (anos) e a carga dos combustíveis lenhosos vivos (ton/ha) (Figura 34). A idade do povoamento pode ser determinada através da análise de cartografia de incêndios, procurando identificar o tempo desde o último incêndio, ou através de imagens de satélite (e.g. *Google Earth*), procurando operações de gestão florestal nessa área. Na secção 3.4 é apresentada uma tabela com a correspondência entre a idade do povoamento e a carga de combustíveis lenhosos vivos.

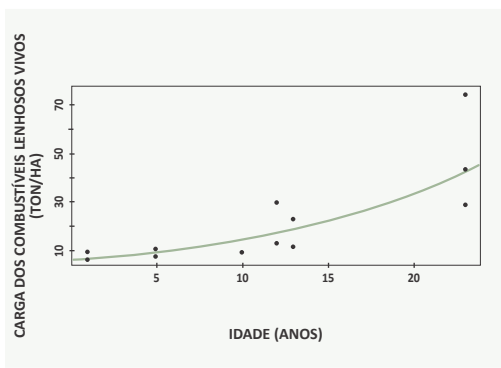


Figura 34 - Relação entre a Idade do povoamento e a Carga dos combustíveis lenhosos vivos de háquea-picante. A idade é assumida como o tempo (anos) desde a última grande perturbação que despoletou a invasão da área ou a regeneração do povoamento até à data de observação.

Foi possível estabelecer uma relação entre a altura do povoamento de háquea-picante e sua idade ($R^2 = 0.89$). Naturalmente, os povoamentos crescem com o tempo, mas a altura tende a estabilizar progressivamente até atingirem cerca de quatro metros de altura (Figura 35). A taxa de crescimento pode variar dependendo de fatores como o clima, os solos, a exposição solar ou a densidade de indivíduos (Figura 36). Na secção 3.4 é apresentada uma tabela com correspondência entre a idade dos povoamentos de háquea-picante e a sua altura.

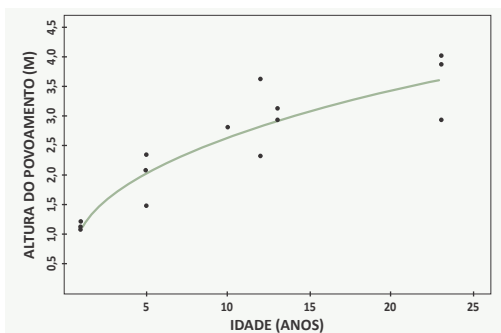


Figura 35 - Relação entre a Idade e a Altura dos povoamentos de háquea-picante. A idade é assumida como o tempo (anos) desde a última grande perturbação que despoletou a invasão da área ou a regeneração do povoamento até à data de observação.



Figura 36 - Povoamento adulto de háquea-picante, com cerca de dois metros de altura.

As cargas de combustível dos povoamentos de háquea-picante foram comparadas com as das comunidades arbustivas nativas ao longo de um gradiente de altura do povoamento com vista a avaliar o impacto que estas áreas invadidas têm na acumulação de combustíveis na paisagem e o seu efeito no comportamento do fogo. Dados de outros povoamentos arbustivos nativos são originários de amostragens realizadas em diferentes comunidades dominadas por esteva, giesta, urze ou carqueja (dados cedidos por P. Fernandes).

Quer ao nível do combustível morto fino, quer ao nível do combustível lenhoso vivo, os povoamentos de matos nativos apresentam uma carga semelhante à de háquea, até uma altura de dois metros. No entanto o potencial de crescimento da háquea-picante é muito superior, podendo atingir alturas e cargas superiores aos matos nativos. A curva de tendência nos povoamentos de háquea-picante mostra um aumento bastante acentuado da carga de combustível a partir dos dois metros de altura, sugerindo o desenvolvimento de cargas muito elevadas (Figura 37), potencialmente bastante superiores aos matos nativos mesmo quando estes se encontram no seu estágio de maior desenvolvimento.

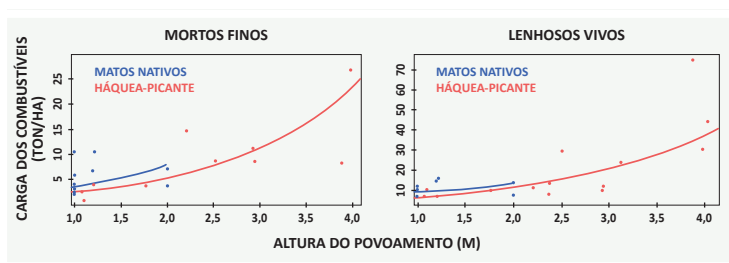


Figura 37 - Carga de combustíveis mortos finos (esq.) e lenhosos vivos (dir.) em povoamentos arbustivos nativos e de háquea-picante em relação à altura do povoamento.

2.3. COMPORTAMENTO DO FOGO

Os dados de cargas e profundidades dos combustíveis recolhidos em áreas invadidas por háquea-picante, juntamente com outros dados recolhidos em literatura científica, permitiram a construção de modelos de combustível para as áreas de estudo. Foram produzidos seis modelos, correspondentes a três classes de altura dos povoamentos (<1 m; 1-2.5 m; >2.5 m) com dois tratamentos (em pé; cortados). Um modelo de combustível é um conjunto de parâmetros que descrevem quantitativamente um complexo combustível, possibilitando a simulação do comportamento do fogo em fogos de superfície, usando o modelo originalmente desenvolvido por R. C. Rothermel (1972). Estes modelos de combustível foram depois calibrados com medições de comportamento do fogo no campo utilizando a package Rothermel no programa R. Os parâmetros dos seis modelos de combustível para háquea-picante são apresentados na secção 3.5.

Os modelos de combustível permitiram a realização de simulações de comportamento do fogo no programa *BehavePlus*. Foi comparado o comportamento do fogo em povoamentos altos de háquea-picante, em pé e cortados, com o comportamento do fogo em matos altos mediterrânicos (e.g. esteva, giesta ou carrasco) e matos altos atlânticos (e.g. tojo, urze ou carqueja). Os modelos de matos nativos foram retirados de Fernandes et al. (2009). Foram produzidas simulações para cenário extremo de incêndio, com humidades de 6% e 90% para os combustíveis mortos finos e vivos lenhosos (< 6 mm), respetivamente, e simulações para cenário de fogo controlado, com humidades de 15% e 120% para o mesmo tipo de combustíveis, respetivamente. As simulações incluíram um ajustamento automático da velocidade do vento a 10 metros de altura (*wind adjustment factor*), tendo por base a profundidade dos combustíveis. Este ajustamento variou entre 0.39 (háquea cortada) e 0.54 (matos mediterrânicos). Desta forma, a velocidade do vento a 10 metros de altura reduziu para cerca de metade à altura dos combustíveis.

Em cenário extremo de incêndio (Figura 38), observa-se que os povoamentos de háquea-picante em pé originam maior comprimento de chama e maior velocidade de propagação que matos nativos, com o aumento da velocidade do vento. Os povoamentos de háquea-picante cortada mostram um comportamento do fogo semelhante ao dos matos nativos, excepto com velocidades de vento acima dos 20 km/h. O comportamento do fogo tem maior magnitude em povoamentos de háquea-picante em pé quando comparados com povoamentos cortados, em parte por causa da maior profundidade deste tipo de povoamentos associada a uma maior porosidade (menor compactação) do combustível.

Em cenário de fogo controlado (Figura 39), os parâmetros de comportamento do fogo apresentam naturalmente valores mais baixos, com menor comprimento de chama e menor velocidade de propagação. Neste cenário, os povoamentos de háquea-picante continuam com valores superiores quando comparados a matos nativos. No entanto, são agora os povoamentos de háquea cortados que se destacam pelo maior comprimento de chama e velocidade de propagação, especialmente com elevadas velocidades do vento, o que é explicado pela ausência de combustíveis vivos lenhosos. Ao contrário do cenário extremo de um incêndio no verão, num cenário de inverno os combustíveis lenhosos vivos são um fator limitante no comportamento do fogo. Os povoamentos de háquea em pé apresentam comportamento do fogo intermédio entre estes tipos de matos nativos.

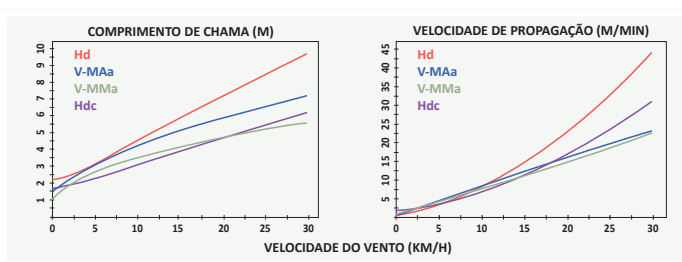


Figura 38 - Comparação do comprimento de chama (esq.) e velocidade de propagação (dir.), ao longo de um gradiente de vento, entre povoamentos altos (> 2,5 metros) de háquea-picante em pé (Hd) ou cortados (Hdc) e matos altos (> 1 metro) atlânticos (V-MAa) e mediterrâneos (V-MMa). Corresponde a situações de incêndio, com humidade de 6% dos combustíveis mortos finos.

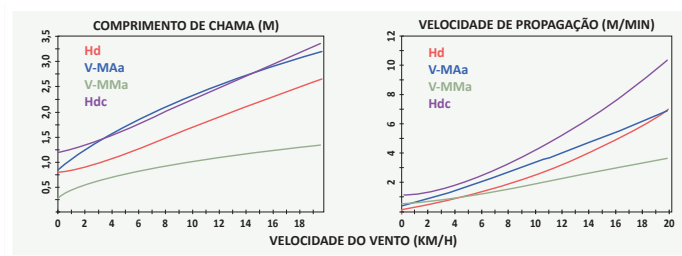


Figura 39 - Comparação do comprimento de chama (esq.) e velocidade de propagação (dir.), ao longo de um gradiente de velocidade de vento, entre povoamentos altos (> 2,5 metros) de háquea-picante em pé (Hd) ou cortados (Hdc) e matos altos (> 1 metro) atlânticos (V-MAa) e mediterrâneos (V-MMa). Corresponde a situações de fogo controlado, com humidade de 15% dos combustíveis mortos finos.

2.4. EFEITOS DOS TRATAMENTOS TESTADOS

Os povoamentos de háquea-picante estudados foram sujeitos a diferentes técnicas de controlo para avaliar o seu efeito na regeneração da háquea-picante. Os tratamentos foram aplicados em várias parcelas de 5x5 m dentro das áreas invadidas e incluíram: a) o corte raso do povoamento; b) a queima do povoamento através de fogo controlado; c) o corte e queima. A par com estes tratamentos foi estabelecida uma parcela de controlo para avaliar a ausência de tratamentos. Estas parcelas foram depois monitorizadas de dois em dois meses, até um máximo de três anos, para avaliar aspetos como a germinação de novos indivíduos e a regeneração de toça dos indivíduos (Figura 40).



Figura 40 - Germinação (esq.) e rebentação (dir.) de háquea-picante.

Os resultados do projeto mostram que a germinação de novos indivíduos ocorreu principalmente após o tratamento com fogo controlado, enquanto nos tratamentos de corte e de corte e queima a germinação foi mínima, ou quase inexistente nas parcelas de controlo. Um ano e meio após a queima, registou-se uma densidade de cerca de 1,5 plantas/m², embora a diferença para os outros tratamentos não fosse significativamente diferente em termos estatísticos (Figura 41).

A maior taxa de germinação nas parcelas sujeitas a uma queima era de esperar dada a adaptação da espécie ao fogo (Figura 42). Por outro lado, nas parcelas de controlo, os bancos de sementes nas copas permaneceram estáveis, com os folículos fechados, explicando a quase inexistente germinação. Nas parcelas sujeitas a corte, os indivíduos deverão ter largado todas as sementes, mas o amontoado combustível criou condições desfavoráveis à germinação ou desenvolvimento das plântulas. No caso do corte e queima, os indivíduos deverão ter largado da mesma forma as sementes, mas estas terão sido destruídas com a queima posterior ao corte.

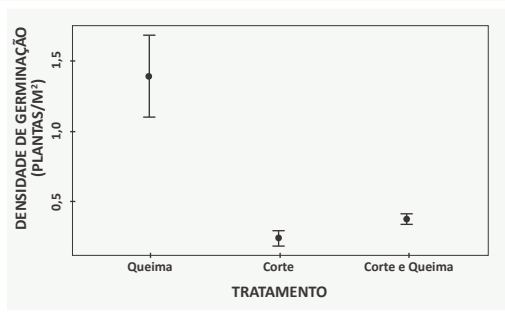


Figura 41 - Efeitos de diferentes tratamentos na germinação de háquea-picante 1,5 anos após o tratamento. Os resultados do controlo não são mostrados pois não houve germinação. As barras de erro representam o erro padrão.



Figura 42 - Germinação de háquea-picante um ano após a queima em parcela experimental (Lousã, 2018).

As experiências mostraram que a háquea-picante tem capacidade de rebentação, especialmente após o corte. A rebentação da háquea-picante ocorreu principalmente nos tratamentos que envolveram o corte dos indivíduos, quer o corte isolado, quer o corte e queima, embora este último em menor número, talvez pelos danos causados pelo fogo nos indivíduos. Pelo contrário, o tratamento de queima não originou rebentação, à semelhança do observado nas parcelas de controlo, embora testes estatísticos não tenham comprovado diferenças significativas entre tratamentos (Figura 43).

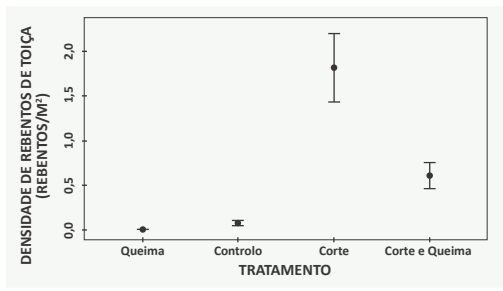


Figura 43 - Efeitos de diferentes tratamentos na regeneração de toija de háquea-picante 1,5 anos após o tratamento. As barras de erro representam o erro padrão.

Há relatos de cortes de povoamentos de háquea-picante que, ao contrário do observado neste projeto, não causaram qualquer regeneração de toija. Poderão existir pelo menos dois tipos de fatores a influenciar essas diferenças. Por um lado, a altura do ano em que foi realizado o corte. Por outro lado, a idade ou desenvolvimento das plantas. Não foi possível estudar o primeiro fator pois todos os cortes neste projeto foram realizados em janeiro. O segundo fator foi investigado pois os povoamentos de háquea-picante estudados apresentavam uma grande diversidade de estádios de desenvolvimento.

Os resultados revelaram uma relação entre o diâmetro basal (medido a 10 cm do solo) e a capacidade de regeneração de toija após o corte. O melhor resultado foi obtido através de um modelo de regressão logística relacionando estas duas variáveis. Verificou-se, de facto, que plantas menores, ou mais jovens, apresentam maior capacidade regenerativa. O modelo mostrou que plantas acima dos 4 cm de diâmetro basal parecem não ter capacidade de regeneração de toija, o que pode ser explicado por um menor vigor vegetativo dos indivíduos mais velhos (Figura 44).

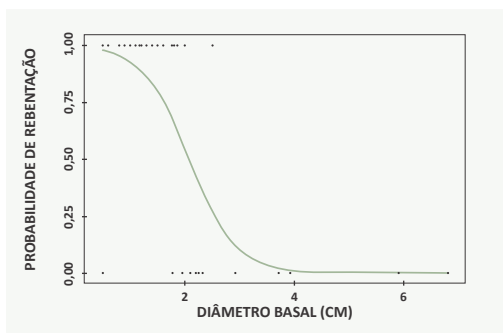


Figura 44 - Modelo de regressão logística relacionando o Diâmetro basal (medido a 10 cm do solo) e a Regeneração de toija após o corte da háquea-picante.

Tendo em conta os resultados obtidos referentes ao efeito dos tratamentos no controlo de háquea-picante, o tratamento de corte e queima teve os efeitos mais favoráveis. Por um lado, preveniu a germinação de novos indivíduos. Por outro lado, a sobrevivência e a regeneração de toija dos indivíduos foi também reduzida. Acresce ainda que o corte e queima proporciona uma redução maior da carga de combustível (comparativamente com a queima em pé), reduzindo assim o risco de incêndio e facilitando uma reconversão para outro uso do solo. Na Figura 45 é apresentada uma sequência temporal de uma parcela sujeita a corte e queima, em que passados quase dois anos a população de háquea-picante se mantinha sob controlo, sem qualquer regeneração.



Figura 45 - Evolução da vegetação após o tratamento de corte e queima numa área invadida por háquea-picante, na região de Albergaria-a-Velha, até 22 meses após a queima.

2.5. EFEITO DO FOGO NOS FOLÍCULOS E SEMENTES

Com o objetivo de compreender o efeito das queimas controladas nos folículos e nas sementes de háquea-picante, foi realizada uma série de experiências em ambiente controlado para testar o efeito do tempo de exposição na deiscência dos frutos e na viabilidade das sementes (Figura 46). Foram selecionados nove indivíduos em nove áreas de estudo para recolha de folículos, num total de 105 folículos por cada indivíduo, contendo 210 sementes. Foram aplicados sete tratamentos de tempo de exposição dos folículos às chamas, variando entre os 10 e 180 segundos, com um grupo adicional de controlo. Quinze folículos de cada indivíduo foram sujeitos a cada tratamento, num total de 945 folículos (9 indivíduos * 15 folículos * 7 tratamentos).

Os resultados mostram uma tendência clara de diminuição do tempo de deiscência à medida que aumenta o tempo de exposição às chamas, até um mínimo de c. 4 dias para 180 segundos (Figura 47). Assim, quanto maior o tempo de residência do fogo, mais rápido os folículos abrem para libertar as sementes.

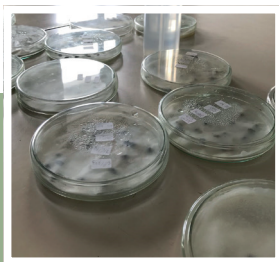


Figura 46 - Experiência de queima de folículos de háquea-picante com um gradiente de tempo de exposição às chamas (esq.) e testes de viabilidade das sementes (dir.).

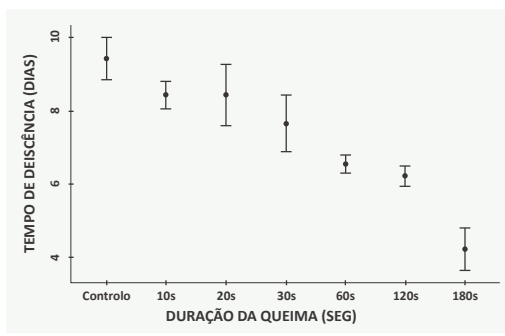


Figura 47 - Efeito da Duração da queima no Tempo de deiscência dos folículos de háquea-picante.

Foi também avaliado o número de folículos que abrem, pois verificou-se no campo que nem todos os folículos abrem quando expostos a temperaturas elevadas. Os resultados mostram uma relação positiva entre o tempo de exposição e o número de folículos abertos até ao limiar de 120 segundos. Ou seja, o número de folículos abertos aumenta de acordo com um maior tempo de exposição. No entanto, o número de folículos abertos reduziu consideravelmente quando sujeitos a um tempo de exposição de 180 segundos (Figura 48), situação em que se verificou uma carbonização profunda dos tecidos, impedindo o mecanismo de abertura dos frutos.

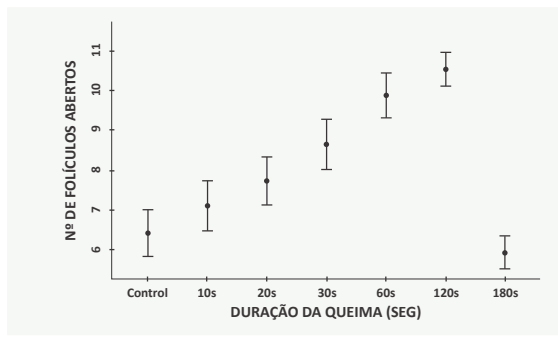


Figura 48 - Efeito da Duração da queima no Número de folículos de háquea-picante abertos.

Após a exposição dos folículos ao fogo a viabilidade das sementes foi testada com testes de germinação. Verificou-se que em tempos de exposição até 60 segundos, não houve alterações significativas da viabilidade em relação ao controlo (folículos não queimados). A partir dos 120 segundos, a viabilidade decresce consideravelmente, e torna-se quase nula com 180 segundos de exposição (Figura 49).

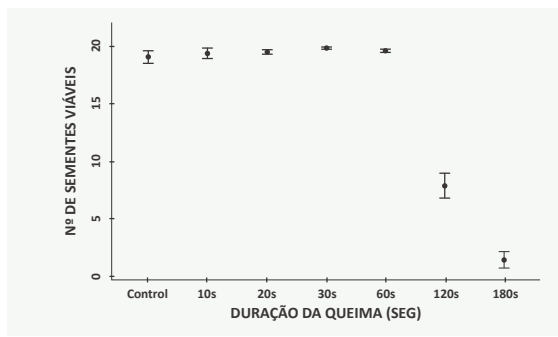


Figura 49 - Efeito da Duração da queima na Viabilidade das sementes de háquea-picante.

2.6. DISPERSÃO DE SEMENTES

O potencial de dispersão de sementes da háquea-picante foi investigado em 25 locais. Foi procurado recrutamento de háquea-picante ao redor de indivíduos isolados (Figura 50) e pequenas manchas, nas quatro direções dos pontos cardeais. O recrutamento atingiu o máximo junto às plantas adultas, com densidades de 6,1 plantas/m². A partir dos 10 metros de distância a densidade reduz consideravelmente, para valores inferiores a 0,5 plantas/m², chegando a 0,1 plantas/m² a 25 metros de distância (Figura 51). Esta distribuição está de acordo com observações realizadas por outros estudos em laboratório e no campo para outras espécies de háquea.



Figura 50 -
Recrutamento massivo ao redor de indivíduo adulto de háquea-picante na região da Lousã (maio 2018).

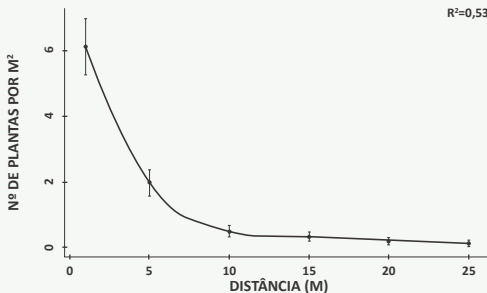


Figura 51 -
Densidade de plantas (plantas/m²) em função da distância à planta mãe.

2.7. EFEITOS DO FOGO NA EROÇÃO DO SOLO

Pretendeu-se avaliar a erosão física e química do solo após a aplicação de diferentes tratamentos de fogo controlado em áreas invadidas por háquea-picante. Numa das áreas de estudo em Talhadas (Sever do Vouga), enquadrada numa encosta voltada a sudoeste com 22% de declive, foram estabelecidas nove parcelas para estudo da erosão (Figura 52). As parcelas, com uma dimensão de 5x2 m, incluíram os tratamentos de queima, corte e queima e controlo (sem tratamento), com três replicações por tratamento. Um pluviómetro foi instalado no local para quantificar a precipitação. Antes da queima quantificou-se a humidade dos combustíveis e do solo. Durante a queima, foram registadas as temperaturas no solo e sua duração. Após a queima, foi avaliada visualmente a severidade da queima no solo. Durante o ano seguinte, a cada dois meses, foi determinada a cobertura superficial do solo (%) por categorias de coberto (pedras, solo nu, manta morta, vegetação, musgo e/ou fungos). Após cada evento de chuva, foi estimada a erosão e a perda de carbono e mercúrio nos sedimentos.



Figura 52 - Fogo controlado em parcelas de háquea-picante com monitorização da erosão do solo, em Talhadas (Sever do Vouga).

As parcelas com tratamento de corte e queima registaram temperaturas mais elevadas e com maior duração, acima dos 300°C (Tabela 2). No entanto, a severidade da queima no solo foi maior nas parcelas sujeitas apenas a queima, atingindo as classes mais elevadas desta classificação (4 e 5), que se traduzem numa destruição total das raízes superficiais e alteração da estrutura do solo. A menor severidade nas parcelas sujeitas a corte e queima pode ser explicada pela maior humidade da folhagem e do solo.

Tabela 2 - Teor de humidade (%) dos combustíveis e do solo antes do fogo, e temperaturas no solo (T; °C) e sua duração durante a aplicação dos tratamentos de queima e de corte e queima em parcelas experimentais.

| TRATAMENTO | HUMIDADE (%) | | | TEMPERATURAS NA SUPERFÍCIE DO SOLO (°C) | | | |
|----------------|--------------|---------|------|---|-----------------|---------------------|-------|
| | VEGET. | FOLHADA | SOLO | TEMPO (S) T >100 | T MEDIA >100 | TEMPO (S) T >300 | MAX T |
| CORTE E QUEIMA | 25 | 23 | 21 | 1168 | 225 | 178 | 440 |
| QUEIMA | 37 | 18 | 6 | 1002 | 188 | 145 | 301 |

Após o fogo, cinzas e pedras cobriam a maioria do solo nas parcelas, com 92% e 95% de cobertura nos tratamentos de queima e de corte e queima. O coberto vegetal desenvolveu-se nas parcelas de ambos os tratamentos, sendo mais elevado no tratamento de corte e queima (18%) que no tratamento de queima (13%).

Após os eventos de chuva, a erosão de sedimentos foi consistentemente mais elevada nos tratamentos de queima comparativamente aos de corte e queima. Um ano após o fogo, a erosão total de sedimentos, foi quase cinco vezes superior nas parcelas de queima em relação às de corte e queima (Figura 53). Nas parcelas de corte e queima, a mobilização de sedimentos foi maioritariamente de matéria orgânica/cinzas (78%) em relação à matéria mineral (22%), enquanto nas parcelas de queima a mobilização das duas categorias foi mais equilibrada (41% mineral e 59% fração orgânica/cinzas). Houve também diferenças na mobilização de elementos químicos. As parcelas de queima mobilizaram maiores quantidades de carbono (c. 1,5 vezes mais) e maiores quantidades de mercúrio (c. 2,5 vezes mais).

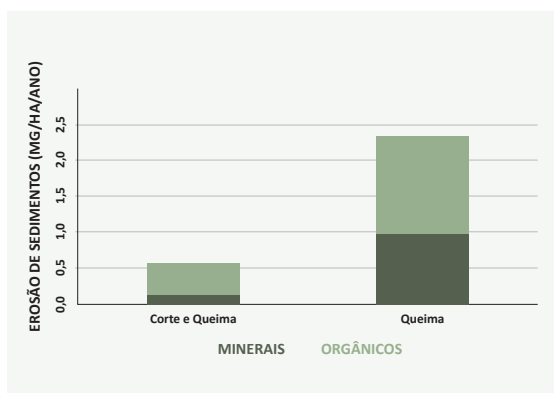


Figura 53 - Quantidade de sedimentos minerais e orgânicos recolhidos por erosão em parcelas experimentais de háquea-picante sujeitas a queima e corte e queima.

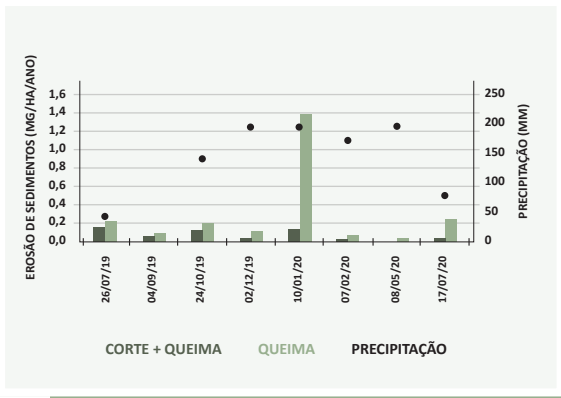


Figura 54 - Precipitação (pontos) e erosão total (barras) em parcelas experimentais de háquea-picante ao longo de um ano após tratamentos de queima e de corte e queima.

3. GESTÃO DA HÁQUEA-PICANTE

3.1. ASPETOS GERAIS

A háquea-picante forma normalmente povoamentos muito densos, onde a presença de outras espécies do estrato arbustivo ou herbáceo é praticamente inexistente. O acesso ao interior dos povoamentos adultos é bastante difícil, praticamente impossível em muitos casos, devido à elevada densidade e às folhas espinhosas (Figura 55). Estes povoamentos podem desenvolver cargas combustíveis extremamente elevadas, mais elevadas que os matos nativos tradicionais em Portugal, com potencial para originar fogos muito intensos.



Figura 55 - Densa mancha de háquea-picante em Seíça (Ourém) na orla de um eucaliptal (maio 2023).

Este manual é vocacionado especialmente para a gestão de manchas uniformes de háquea-picante. Há, no entanto, situações de indivíduos isolados no meio de outras comunidades vegetais. Estes casos não devem ser menosprezados, pois indivíduos isolados podem atuar como possível fonte de propágulos para a expansão da espécie. Uma intervenção precoce em indivíduos isolados exige também muito menos recursos do que após a invasão, tal como exemplificado na secção 3.2.3.

Um aspeto importante aplicável a quaisquer alternativas de controlo da háquea-picante, é que o seu controlo deve ser planeado com vista à conversão da área para outro uso do solo, dotando-a de maior resistência a nova invasão por háquea ou outras espécies invasoras. A perturbação das áreas invadidas, nomeadamente a perturbação do solo e a maior exposição solar, cria ambientes muito favoráveis à invasão.

Nesta secção são apresentadas algumas considerações sobre as diferentes técnicas de controlo, com particular destaque para as técnicas experimentadas no projeto Fogo e Invasoras. Em suma, a técnica mais eficaz para o controlo de háquea-picante foi o corte e queima com fogo controlado, devendo ser maximizado

o tempo de residência das chamas. O simples corte do povoamento pode em algumas situações ser eficaz, mas noutras situações os indivíduos abatidos podem recuperar por regeneração de toija, acrescentando o facto de que o material cortado pode apresentar acrescido risco de incêndio. A aplicação de fogo controlado nos povoamentos de háquea-picante é desaconselhada, porque provoca a libertação das sementes e a espécie pode rapidamente recolonizar a área, em densidades ainda maiores, com a agravante de possível expansão da área invadida.

Dado ser uma possibilidade futura, justifica-se uma breve nota sobre o controlo biológico. Esta técnica não é utilizada em Portugal, mas tem sido aplicada com sucesso na África do Sul desde 1962, através da libertação de espécies de fungos e insetos que atacam diferentes partes da planta. De todas as técnicas, é apontada como a mais eficaz e promissora no controlo da expansão das populações de háquea-picante.

3.2. TÉCNICAS DE CONTROLO

3.2.1. CORTE E QUEIMA

A técnica de corte e queima foi o tratamento mais eficaz no controlo da háquea-picante, quer na eliminação dos indivíduos do povoamento, quer na eliminação do banco de sementes da copa. A técnica de corte e queima pressupõe duas etapas desfasadas no tempo: o corte do povoamento (Figura 56) e, posteriormente, a aplicação de fogo controlado (Figura 57). Após o corte, os folículos deverão largar todas as sementes dentro de 1-2 semanas. A dispersão aérea das sementes deverá ser muito reduzida devido ao amontoamento das copas e à menor altura a que ficarão os folículos. Os efeitos do tempo que separam o corte e a queima não foram estudados neste projeto. Estes tempos variaram entre 2 e 24 meses nos tratamentos aplicados. De qualquer forma, o sucesso do tratamento foi generalizado ao longo deste gradiente de tempo entre corte e queima. Constatou-se também, empiricamente, que a profundidade do combustível reduz progressivamente com o passar dos meses, através de um processo de compactação progressiva do material cortado, embora não fosse possível quantificar este processo.

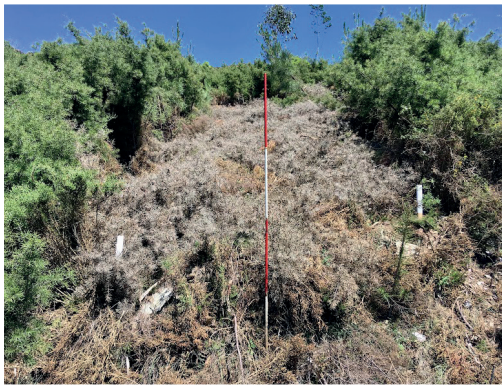


Figura 56 - Parcela experimental de háquea-picante cortada, pronta a queimar.

Após o corte, o fogo controlado deve ser planeado e orientado por um técnico credenciado em fogo controlado, seguindo os protocolos de execução e segurança. O fogo deverá destruir as sementes libertadas, bem como qualquer nova plântula ou regeneração de toieça que surja após o corte.

Para além do vento e do declive, a humidade dos combustíveis mortos finos é outro fator que influencia fortemente a velocidade de propagação. A humidade destes combustíveis deverá ser moderada, mas o material deverá estar suficientemente seco para permitir a sustentação do fogo. No teste de queima, o técnico de fogo controlado deverá avaliar se o fogo tem condições de se propagar e garantir um consumo elevado do combustível. Caso verifique que o fogo se propaga com dificuldade, a queima deverá ser adiada até as condições de humidade dos combustíveis estarem favoráveis.



Figura 57 - Aplicação de corte e queima em parcela experimental, em Vila Nova de Poiares.

Uma das vantagens do corte e queima, quando comparado com a aplicação de apenas fogo controlado, é a maior redução de combustível devido ao maior consumo do material cortado, comparativamente com o povoamento em pé (Figura 58). É importante ter em mente que estes povoamentos apresentam cargas combustíveis muito elevadas. Quer a carga de folhada, quer a carga de combustíveis lenhosos vivos, é normalmente superior aos matos típicos mediterrânicos e atlânticos em Portugal. Acresce ainda que a carga de combustíveis lenhosos vivos, após o corte, será acrescentada à categoria de combustíveis mortos finos. Assim, estas parcelas terão condições para fogos de muito elevada intensidade, que será mais elevada quanto mais alto for o povoamento.

O técnico deverá ter em consideração que, devido à reduzida velocidade de propagação do fogo ao longo de toda a parcela, a produtividade da queima, em metros por minuto, será muito reduzida. Portanto, o tamanho das parcelas, em particular o comprimento da parcela na direção de propagação do fogo, deverá ser dimensionado tendo este aspeto em consideração.

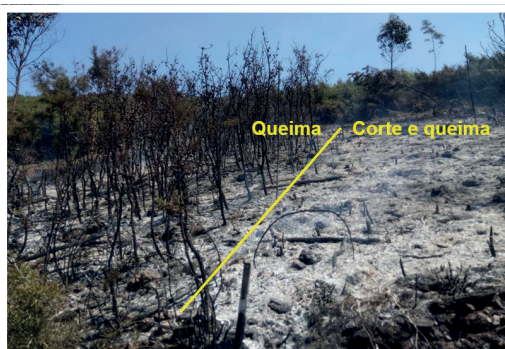


Figura 58 - Comparação da área ardida em parcelas experimentais sujeitas a queima (esq.) e corte e queima (dir.).

3.2.2. CORTE DE HÁQUEA-PICANTE

O simples corte (Figura 59) apresentou maus resultados no controlo da háquea-picante. Apenas cortar o povoamento resultou numa elevada taxa de regeneração de toíça apesar de reduzida germinação. Assim, em poucos anos a situação poderá estar idêntica ou pior, resultando num desperdício de recursos.



Figura 59 - Corte de háquea-picante com motorçoadora em parcela experimental do projeto Fogo e Invasoras, em São Martinho da Cortiça (Arganil).

No entanto, há relatos de cortes isolados de povoamentos de háquea-picante com bons resultados, onde não se verificou a rebentação dos indivíduos, nem novas plantas germinadas. A eficácia de controlo através do corte poderá estar relacionada com três fatores: a época de corte; o tamanho ou idade das háqueas; a altura do corte.

Um exemplo de sucesso foi observado em Ourém (Figura 60), onde um povoamento de háquea-picante foi eliminado eficazmente através do corte. O sucesso deste caso pode ser explicado pela época de corte, nomeadamente no final do verão, em setembro-outubro. Os indivíduos que regeneraram de toíça após o corte sofreram um prolongado período de stress térmico devido às reduzidas temperaturas do inverno. Assim, o corte fragiliza as plantas e pode deixá-las vulneráveis perante situações de stress, quer seja hídrico, térmico ou outra perturbação.

A altura do corte pode também influenciar o sucesso da operação. Há relatos na África do Sul de cortes efetuados acima dos primeiros ramos com folhas verdes, que terão originado a rebentação das plantas. Regra geral, quanto mais baixo o corte menor a probabilidade de rebentação.

Resultados deste projeto revelam que outro fator eventualmente importante é o tamanho da planta, diretamente determinado pela sua idade. Verificou-se que quanto maior a planta (mais velha), menor o seu poder de regeneração de toíça,

provavelmente devido a um menor vigor vegetativo. Os dados destacaram um limiar aproximado de 4 cm de diâmetro basal dos indivíduos, a partir do qual não regeneraram de toiça.



Figura 60 - Povoamento de háquea-picante em Seiça (Ourém) dois anos após o corte, sem rebentação e com reduzida germinação (maio 2023).

Assim, na impossibilidade de aplicar fogo controlado ao povoamento abatido, é aconselhável que o corte seja realizado antes de um período de stress térmico e/ou hídrico, como antes do verão ou do inverno. A área tratada deverá ser monitorizada posteriormente para eliminar qualquer regeneração de toiça e de semente. Uma das desvantagens deste tipo de controlo é a enorme quantidade de combustível morto que fica disponível num curto prazo, agravando o perigo de incêndio.

3.2.3. FOGO CONTROLADO EM HÁQUEA-PICANTE

A aplicação de fogo controlado em povoamentos de háquea-picante (Figura 61) produziu os piores resultados em termos de controlo, o que já era esperado inicialmente dada a conhecida adaptação desta espécie ao fogo. A queima isolada dos povoamentos originou a mais elevada taxa de germinação de novas plantas. Assim, a queima de povoamentos de háquea-picante pode ser contraproducente, pois a aplicação de fogo nestas condições pode resultar na recolonização da área e favorecer a expansão da mancha através de dispersão das sementes, que pode atingir algumas dezenas de metros.

Em situações em que a gestão com fogo seja necessária e não seja possível aplicar a técnica de corte e queima, deverá tentar-se aumentar o tempo de residência da chama. Assim, o fogo controlado deveria ser conduzido contra o declive e contra o vento, e em condições de humidade dos combustíveis marginalmente elevadas, de modo a maximizar os danos na copa e nos folículos. No entanto, mesmo com estas condições não é garantido que se consigam tempos de residência suficientemente longos para obter o efeito desejado, não existindo evidência experimental no terreno que permita conhecer os limites operacionais deste tipo de queimas. Outros aspetos importantes sobre o uso desta técnica de ignição e condução do fogo são descritos na secção referente ao corte e queima (secção 3.2.1.). É aconselhável monitorizar a área intervencionada durante os meses seguintes, dentro e fora da parcela, para evitar a recolonização e expansão da espécie.

Há também que ter atenção às queimas de mato nas regiões onde existem háqueas, pois é possível a existência de indivíduos isolados não detetados, dentro da área a queimar (Figura 62), No caso de poucos indivíduos, será recomendável recolher os folículos ou mesmo cortar o indivíduo pela base e remover a copa da área de queima, para evitar a dispersão das sementes.



Figura 61 - Queima experimental de háquea-picante (maio 2019) e resultado posterior (abril 2021), em Talhadas (Sever do Vouga).

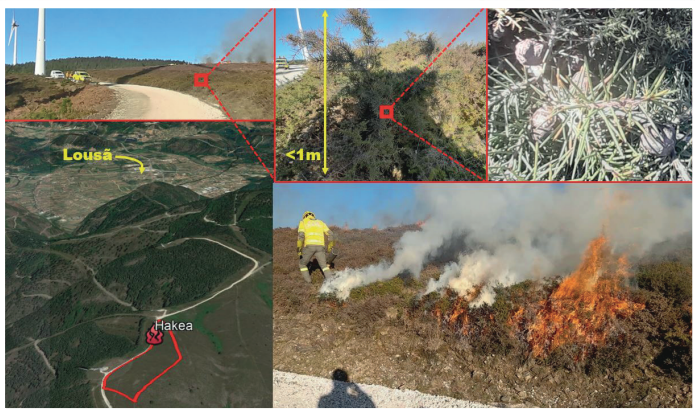


Figura 62 - Indivíduo isolado de háquea-picante em parcela sujeita a fogo controlado na Serra da Lousã, em fevereiro 2023. Nota: os técnicos recolheram todos os folículos antes de queimar o indivíduo.

3.2.4. ARRANQUE MANUAL

Rebentos e plantas pequenas podem ser arrancados à mão, agarrando-se junto ao solo e puxando de modo que também as raízes sejam totalmente removidas (Figura 63). Devido às folhas em forma de agulhas afiadas, é fortemente recomendado o uso de luvas para proteção.



Figura 63 - Háqueas-picantes arrancadas à mão.

O tamanho das háqueas passíveis de serem arrancadas é variável, por exemplo, de acordo com o tipo de solo em que se encontrem. Quando em substratos mais secos e compactos, o arranque será mais difícil, pelo que deverá ser realizado durante a estação chuvosa, quando o solo se encontra humedecido, facilitando o arranque de toda a raiz. Esta técnica é muito eficaz, embora demorada. Por esta razão, é mais adequada para áreas não muito extensas, onde predominem plantas jovens, ainda pequenas e com raízes não muito desenvolvidas.

Esta técnica tem como vantagens o reduzido impacto ecológico e os poucos recursos necessários. Por outro lado, a principal desvantagem é a produtividade, com um reduzido número de plantas removidas por unidade de tempo, especialmente se comparado com o uso de maquinaria.

3.3. PRÓS E CONTRAS DAS DIFERENTES TÉCNICAS

Nesta secção é apresentada uma tabela-resumo com as principais vantagens e desvantagens das diferentes técnicas de controlo de háquea-picante, com destaque para as técnicas testadas no projeto Fogo e Invasoras (Tabela 3).

Tabela 3 - Quadro-resumo das vantagens e desvantagens das diferentes técnicas de controlo de háquea-picante.

| TÉCNICA | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|------------------------|---|---|
| ARRANQUE MANUAL | <ul style="list-style-type: none">• Eficaz• Impacto ecológico baixo | <ul style="list-style-type: none">• Baixa produtividade• Apenas aplicável a plantas jovens |
| CORTE | <ul style="list-style-type: none">• Morte dos indivíduos• Pouca germinação | <ul style="list-style-type: none">• Dificuldade no acesso ao interior do povoamento• Nível de eficácia dependente da época do ano• Parte das plantas pode rebentar posteriormente• Custo elevado |
| CORTE E QUEIMA | <ul style="list-style-type: none">• Técnica eficaz | <ul style="list-style-type: none">• Dificuldade no acesso ao interior do povoamento para o corte• Custo elevado (duas operações, desfasadas no tempo) |
| FOGO CONTROLADO | <ul style="list-style-type: none">• Elevada produtividade | <ul style="list-style-type: none">• Pode estimular germinação massiva• Pode promover expansão da área invadida• Necessita de muito elevado tempo de residência |

3.4. ESTIMATIVA DA CARGA DE COMBUSTÍVEL

É importante para um técnico que aplique fogo controlado conseguir estimar as cargas de combustível. Nesta secção são apresentadas tabelas que permitem uma rápida estimativa das cargas dos combustíveis mortos finos (folhada) e dos combustíveis lenhosos vivos (combustíveis vivos nas copas) a partir de medições facilmente conseguidas no campo. Estes dados poderão ser utilizados em simuladores de comportamento do fogo como o programa BehavePlus.

Os dados deste projeto mostram que os combustíveis mortos finos nos povoamentos de háquea-picante são na sua maioria compostos pela folhada. A carga da folhada pode ser estimada através da sua profundidade (Tabela 4). Por exemplo, uma profundidade de 5 cm de folhada corresponde a uma carga combustível de 8,5 ton/ha.

A profundidade da folhada deverá ser obtida através da média de medições realizadas em pelo menos 4-5 locais escolhidos aleatoriamente dentro do povoamento (Figura 64). Caso o acesso ao interior do povoamento seja bastante difícil, a folhada poderá ser medida próximo da orla do povoamento, mas garantindo que estes locais de amostragem são representativos das condições no interior do povoamento, onde mais indivíduos contribuem para a profundidade e carga de folhada.



Figura 64 - Folhada de háquea-picante com grande espessura.

Tabela 4 - Estimativa da carga da folhada (ton/ha) de acordo com a sua profundidade (cm) nos povoamentos de háquea-picante.

| PROF. | CARGA | PROF. | CARGA | PROF. | CARGA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 3,2 | 6 | 10,8 | 11 | 35,9 |
| 2 | 4,1 | 7 | 13,7 | 12 | 45,7 |
| 3 | 5,2 | 8 | 17,5 | 13 | 58,1 |
| 4 | 6,7 | 9 | 22,2 | 14 | 73,9 |
| 5 | 8,5 | 10 | 28,2 | 15 | 94,0 |

Por sua vez, a profundidade da folhada nos povoamentos de háquea-picante pode ser estimada a partir da altura dos povoamentos (Tabela 5). Por exemplo, para um povoamento com 3 metros de altura estima-se uma profundidade de folhada de 5,8 cm.

A altura do povoamento pode ser estimada calculando a média de vários indivíduos medidos aleatoriamente, ou através da moda da altura do povoamento. Por norma, povoamentos de háquea-picante apresentam uma reduzida amplitude de alturas, pois os indivíduos deverão ter a mesma idade.

Tabela 5 - Estimativa da profundidade de folhada (cm) de acordo com a altura média (m) dos povoamentos de háquea-picante.

| ALTURA | PROF. FOLHADA | ALTURA | PROF. FOLHADA | ALTURA | PROF. FOLHADA | ALTURA | PROF. FOLHADA |
|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| 1,4 | 0,4 | 2,4 | 3,8 | 3,4 | 7,1 | 4,4 | 10,5 |
| 1,6 | 1,1 | 2,6 | 4,4 | 3,6 | 7,8 | 4,6 | 11,2 |
| 1,8 | 1,8 | 2,8 | 5,1 | 3,8 | 8,5 | 4,8 | 11,8 |
| 2,0 | 2,4 | 3,0 | 5,8 | 4,0 | 9,1 | 5,0 | 12,5 |
| 2,2 | 3,1 | 3,2 | 6,5 | 4,2 | 9,8 | 5,2 | 13,2 |

A carga de combustíveis lenhosos vivos (materiais finos das copas) pode ser também estimada a partir da altura dos povoamentos (Tabela 6). Por exemplo, para um povoamento de 3 metros de altura, estima-se uma carga de combustíveis lenhosos vivos de 14,34 ton/ha.

Tabela 6 - Estimativa da carga de combustíveis lenhosos vivos (ton/ha) de acordo com a altura média (m) dos povoamentos de háquea-picante.

| ALTURA | CARGA VIVOS | ALTURA | CARGA VIVOS | ALTURA | CARGA VIVOS | ALTURA | CARGA VIVOS | ALTURA | CARGA VIVOS |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|
| 0,2 | 4,94 | 1,2 | 8,30 | 2,2 | 11,65 | 3,2 | 15,01 | 4,2 | 18,36 |
| 0,4 | 5,61 | 1,4 | 8,97 | 2,4 | 12,32 | 3,4 | 15,68 | 4,4 | 19,03 |
| 0,6 | 6,28 | 1,6 | 9,64 | 2,6 | 12,99 | 3,6 | 16,35 | 4,6 | 19,70 |
| 0,8 | 6,96 | 1,8 | 10,31 | 2,8 | 13,66 | 3,8 | 17,02 | 4,8 | 20,37 |
| 1,0 | 7,63 | 2,0 | 10,98 | 3,0 | 14,34 | 4,0 | 17,69 | 5,0 | 21,04 |

Em alternativa à altura do povoamento, a carga de combustíveis lenhosos vivos pode ser estimada a partir da idade do povoamento (Tabela 7). A idade pode ser deduzida pelo número de anos desde a última grande perturbação nessa área, seja um incêndio ou o corte do povoamento, o qual deverá corresponder, com menor ou maior rigor, ao momento em que os indivíduos de háquea-picante começaram a (re)colonizar a área. Por exemplo, uma área invadida com 15 anos, tem uma carga estimada de combustíveis lenhosos vivos de 22,43 ton/ha.

Tabela 7 - Estimativa da carga de combustíveis lenhosos vivos (ton/ha) em função da idade dos povoamentos (anos) de háquea-picante.

| IDADE | CARGA | IDADE | CARGA | IDADE | CARGA | IDADE | CARGA | IDADE | CARGA |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 7,11 | 6 | 10,72 | 11 | 16,16 | 16 | 24,35 | 21 | 36,70 |
| 2 | 7,72 | 7 | 11,64 | 12 | 17,54 | 17 | 26,43 | 22 | 39,83 |
| 3 | 8,38 | 8 | 12,63 | 13 | 19,04 | 18 | 28,69 | 23 | 43,24 |
| 4 | 9,10 | 9 | 13,71 | 14 | 20,66 | 19 | 31,14 | 24 | 46,94 |
| 5 | 9,87 | 10 | 14,88 | 15 | 22,43 | 20 | 33,81 | 25 | 50,95 |

Foi possível estabelecer uma relação entre a altura do povoamento e a sua idade, correspondente ao número de anos desde a última perturbação (Tabela 8). Naturalmente, quanto mais velho o povoamento, maior a sua altura, embora o crescimento tenda a estabilizar a partir de certa idade. Por norma, os povoamentos de háquea-picante atingem 4 metros de altura.

Tabela 8 - Estimativa da altura do povoamento de háquea-picante (m) em função da sua idade (anos).

| IDADE | ALTURA | IDADE | ALTURA | IDADE | ALTURA | IDADE | ALTURA | IDADE | ALTURA |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 1 | 1,2 | 6 | 2,2 | 11 | 2,7 | 16 | 3,2 | 21 | 3,6 |
| 2 | 1,5 | 7 | 2,3 | 12 | 2,8 | 17 | 3,3 | 22 | 3,7 |
| 3 | 1,7 | 8 | 2,4 | 13 | 2,9 | 18 | 3,4 | 23 | 3,7 |
| 4 | 1,9 | 9 | 2,5 | 14 | 3,0 | 19 | 3,4 | 24 | 3,8 |
| 5 | 2,0 | 10 | 2,6 | 15 | 3,1 | 20 | 3,5 | 25 | 3,9 |

3.5. MODELOS DE COMBUSTÍVEL

No âmbito do projeto Fogo e Invasoras foram produzidos modelos combustíveis para povoamentos de háquea-picante tendo por base dados recolhidos nas áreas de estudo, juntamente com outros dados publicados em literatura científica. No caso da háquea-picante, onde é possível aplicar fogo controlado para efeitos do controlo, estes modelos poderão ser úteis por permitirem estimar o comportamento do fogo em cenário de fogo controlado ou incêndio.

Dada a diversidade de condições nos povoamentos estudados, foram criados seis modelos com base no tamanho do povoamento (três classes de altura) e no estado em pé ou cortado, este último aplicável à técnica de corte e queima. Os parâmetros dos seis modelos são apresentados na Tabela 9.

Estes modelos representam os combustíveis nas áreas de estudo deste projeto, mas poderão ajudar a estabelecer uma prescrição de fogo controlado noutras áreas. Para tal, deverá ser tomada em consideração a altura do povoamento. Por exemplo, para haqueais com mais de 2,5 m de altura, poderá ser usado o modelo Hd_alt (em pé) ou Hdc_alt (cortado) na Tabela 9.

Em alternativa, a prescrição para fogo controlado em povoamentos de háquea-picante pode tomar como referência o guia de campo para fogo controlado para matos (Botelho et al., 2008) que, com as devidas reservas, será o guia mais aproximado a estas situações por entre a literatura existente para complexos combustíveis em Portugal. Neste caso, deverá ter-se em conta as estimativas das cargas combustíveis apresentadas na secção 3.4.

Tabela 9 - Parâmetros descritivos de modelos combustíveis para povoamentos de háquea picante com três classes de altura (bai: < 1 m; med: 1 - 2,5 m; alt: > 2,5 m) e dois tratamentos, em pé (Hd) e cortados (Hdc). VH: combustíveis vivos herbáceos; VL: combustíveis vivos lenhosos (< 6mm); CM: combustíveis mortos; CV: combustíveis vivos. NA: não aplicável. (Gerber et al., em prep.). Na última linha é apresentado, para comparação, o modelo de combustível publicado em van Wilgen, B. W., & Richardson, D. M. (1985) para áreas invadidas por *H. sericea* na África do Sul.

| MODELOS | ALTURA MÉDIA (M) | CARGAS COMBUSTÍVEIS (TON/HA) | | | | | RELAÇÃO SUPERFÍCIE/VOLUME (M ² /M ³) | | | PROFUNDIDADE (M) | HUMIDADE DE EXTINÇÃO (%) | PODER CALORÍFICO (KJ/KG) | |
|---------------|------------------|------------------------------|------|------|------|-------|---|----|------|------------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| | | 1H | 10H | 100H | VH | VL | 1H | VH | VL | | | CM | CV |
| Hd_bai | NA | 2,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,74 | 7215 | - | 8450 | 0,50 | 34 | 18300 | 18300 |
| Hd_med | 2,0 | 10,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,35 | 7215 | - | 8450 | 0,93 | 34 | 18300 | 18300 |
| Hd_alt | 3,3 | 20,38 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 28,08 | 7215 | - | 8450 | 0,98 | 34 | 18300 | 18300 |
| Hdc_bai | NA | 6,80 | 3,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7215 | - | - | 0,26 | 34 | 18300 | 18300 |
| Hdc_med | 1,7 | 12,50 | 5,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7215 | - | - | 0,32 | 34 | 18300 | 18300 |
| Hdc_alt | 2,9 | 21,78 | 6,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7215 | - | - | 0,45 | 34 | 18300 | 18300 |
| África do Sul | 2,0 | 6,25 | 0,45 | 0,12 | 1,2 | 11,8 | 7215 | - | 8450 | 2,00 | 34 | 18500 | 18500 |

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Andrews, P. L. (2014). Current status and future needs of the BehavePlus Fire Modeling System. *International Journal of Wildland Fire*, 23(1), 21-33. <https://doi.org/10.1071/WF12167>
2. Bosch, A. (2020). *The influence of prescribed fire treatments on the abundance of Hakea sericea in fire-prone areas in Northern Portugal*. Utrecht.
3. Botelho, H., Fernandes, P., & Loureiro, C. (2008). *Guia de campo para o uso do fogo controlado em matos*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1455.6321>
4. Brown, C. L., & Whelan, R. J. (1999). Seasonal occurrence of fire and availability of germinable seeds in *Hakea sericea* and *Petrophile sessilis*. *Journal of Ecology*, 87(6), 932-941. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00401.x>
5. Cruz, O., Riveiro, S. F., Aran, D., Bernal, J., Casal, M., & Reyes, O. (2021). Germinative behaviour of *Acacia dealbata* Link, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle and *Robinia pseudoacacia* L. in relation to fire and exploration of the regenerative niche of native species for the control of invaders. *Global Ecology and Conservation*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01811>
6. Dessì, L., Podda, L., Brundu, G., Lozano, V., Carrouée, A., Marchante, E., Marchante, H., Petit, Y., Porceddu, M., & Bacchetta, G. (2021). Seed Germination Ecophysiology of *Acacia dealbata* Link and *Acacia mearnsii* De Wild.: Two Invasive Species in the Mediterranean Basin. *Sustainability*, 13(21), 11588. <https://doi.org/10.3390/su132111588>
7. Deus, E., Silva, J. S., Marchante, H., Marchante, E., & Félix, C. (2018). Are post-dispersed seeds of *Eucalyptus globulus* predated in the introduced range? Evidence from an experiment in Portugal. *Web Ecology*, 18(1), 67-79. <https://doi.org/10.5194/we-18-67-2018>
8. Esler, K. J., van Wilgen, B. W., te Roller, K. S., Wood, A. R., & van der Merwe, J. H. (2009). A landscape-scale assessment of the long-term integrated control of an invasive shrub in South Africa. *Biological Invasions*, 12(1), 211-218. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9443-2>
9. Fernandes, P., Botelho, H., & Loureiro, C. (2002). *Manual de formação para a técnica do fogo controlado*. Grupo de Fogos - Departamento Florestal, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
10. Fernandes, P., Gonçalves, H., Loureiro, C., Fernandes, M., Costa, T., Cruz, M. G., & Botelho, H. (2009). *Modelos de combustível florestal para Portugal*. 6º Congresso Florestal Nacional, Lisboa, Portugal.
11. Fugler, S. R. (1983). The control of silky hakea in South Africa. *Bothalia*, 14(3/4), 977-980. <https://doi.org/10.4102/abc.v14i3/4.1272>
12. GBIF.org. (2023b). GBIF Occurrence Download *Acacia dealbata* Portugal <https://doi.org/10.15468/dl.4kswf9>
13. GBIF.org. (2023c). GBIF Occurrence Download *Hakea decurrens* Australia <https://doi.org/10.15468/dl.vuex2x>
14. GBIF.org. (2023d). GBIF Occurrence Download *Hakea decurrens* Portugal <https://doi.org/10.15468/dl.6xdt54>
15. GBIF.org. (2023e). GBIF Occurrence Download *Hakea sericea* Portugal <https://doi.org/10.15468/dl.9tf9ja>

16. Gordon, A. J. (1999). A review of established and new insect agents for the biological control of *Hakea sericea* Schrader (Proteaceae) in South Africa. *African Entomology Memoir*, 1, 35-43.
17. Gordon, A. J., & Fourie, A. (2011). Biological control of *Hakea sericea* Schrad. & J.C.Wendl. and *Hakea gibbosa* (Sm.) Cav. (Proteaceae) in South Africa. *African Entomology*, 19(2), 303-314. <https://doi.org/10.4001/003.019.0205>
18. Groom, P. K. (2010). Implications of terminal velocity and wing loading on *Hakea* (Proteaceae) seed dispersal. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 93(4), 175-179.
19. Hammill, K. A., Bradstock, R. A., & Allaway, W. G. (1998). Post-fire Seed Dispersal and Species Re-establishment in Proteaceous Heath. *Australian Journal of Botany*, 46(4). <https://doi.org/10.1071/bt96116>
20. Invasoras.pt. (2023a). *Acacia dealbata*. Acesso em fevereiro de 2023 através de <https://invasoras.pt/pt/planta-invasora/acacia-dealbata>
21. Invasoras.pt. (2023b) *Hakea sericea*. Acesso em março de 2023, através de <https://invasoras.pt/pt/planta-invasora/hakea-sericea>
22. Jacobson, T. K. B., Gerber, D., & Azevedo, J. C. (2023). Invasiveness, Monitoring and Control of *Hakea sericea*: A Systematic Review. *Plants*, 12(4), 751. <https://doi.org/10.3390/plants12040751>
23. Larsen, J. B., Angelstam, P, Bauhus, J, Carvalho, J. F., Diaci, J, Dobrowolska, D, Gazda, A, Gustafsson, L, Krumm, F, Knoke, T, Konczal, A, Kuuluvainen, T, Mason, B, Motta, R, Pötzelsberger, E, Rigling, A, & A. Schuck, A. (2022). Closer-to-Nature Forest Management. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs12>
24. Lazzaro, L., Giuliani, C., Fabiani, A., Agnelli, A. E., Pastorelli, R., Lagomarsino, A., Benesperi, R., Calamassi, R., & Foggi, B. (2014). Soil and plant changing after invasion: the case of *Acacia dealbata* in a Mediterranean ecosystem. *Sci Total Environ*, 497-498, 491-498. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.014>
25. Le Maitre, D. C., Krug, R. M., Hoffmann, J. H., Gordon, A. J., & Mgidi, T. N. (2008). *Hakea sericea*: Development of a model of the impacts of biological control on population dynamics and rates of spread of an invasive species. *Ecological Modelling*, 212(3-4), 342-358. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.11.011>
26. Lorenzo, P., Gonzalez, L., & Reigosa, M. J. (2010). The genus *Acacia* as invader: the characteristic case of *Acacia dealbata* Link in Europe. *Annals of Forest Science*, 67(1), 101-101. <https://doi.org/10.1051/forest/2009082>
27. Marchante, H., Morais, M., Freitas, H., & Marchante, E. (2014). Guia prático para a identificação de Plantas Invasoras em Portugal. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
28. Morais, M. C., Gonçalves, B., & Cabral, J. A. (2021). A Dynamic Modeling Framework to Evaluate the Efficacy of Control Actions for a Woody Invasive Plant, *Hakea sericea*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.641686>
29. Nunes, L. J. R., Raposo, M. A. M., Meireles, C. I. R., Gomes, C. J. P., & Ribeiro, N. M. C. A. (2021). The Impact of Rural Fires on the Development of Invasive Species: Analysis of a Case Study with *Acacia dealbata* Link. in *Casal do Rei (Seia, Portugal)*. *Environments*, 8(5), 44. <https://doi.org/10.3390/environments8050044>

30. Richardson, D. M., Macdonald, I. A., & Forsyth, G. G. (1989). Reductions in Plant Species Richness under Stands of Alien Trees and Shrubs in the Fynbos Biome. *South African Forestry Journal*, 149(1), 1-8.
31. Richardson, D. M., & van Wilgen, B. W. (1984). Factors affecting the regeneration success of *Hakea sericea*. *South African Forestry Journal*, 131(1), 63-68. <https://doi.org/10.1080/00382167.1984.9629532>
32. van Wilgen, B. W., & Richardson, D. M. (1985). The effects of alien shrub invasions on vegetation structure and fire behaviour in South African fynbos shrublands: a simulation study. *Journal of Applied Ecology*, 22(3), 955-966. <https://doi.org/10.2307/2403243>
33. Richardson, D. M., van Wilgen, B. W., & Mitchell, D. T. (1987). Aspects of the Reproductive Ecology of Four Australian *Hakea* Species (Proteaceae) in South Africa. *Oecologia*, 71(3), 345-354. <https://doi.org/10.1007/BF00378706>
34. Rothermel, R. (1972). A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels, Research Paper INT-115, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Utah, EUA.
35. Scott, J. H., & Burgan, R. E. (2005). Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. <http://dx.doi.org/10.2737/RMRS-GTR-153>
36. Sheppard, A. W., Shaw, R. H., & Sforza, R. (2006). Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed research*, 46(2), 93-117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2006.00497.x>
37. Silva, J. S., Queirós, L., Nereu, M., Deus, E., & Fernandes, P. (2019). Fire hazard and plant invasions—the cases of *Hakea sericea* and *Acacia dealbata* in Portugal 6th International Fire Behavior and Fuels Conference, April 29 – May 3, Marseille.
38. Stone, G. N., Raine, N. E., Prescott, M., & Willmer, P. G. (2003). Pollination ecology of acacias (Fabaceae, Mimosoideae). *Australian Systematic Botany*, 16(1), 103-118. <https://doi.org/10.1071/Sb02024>
39. Thomson, V. P., & Leishman, M. R. (2004). Survival of native plants of Hawkesbury Sandstone communities with additional nutrients: effect of plant age and habitat. *Australian Journal of Botany*, 52(2), 141-147. <https://doi.org/10.1071/Bt03047>
40. Vacchiano, G., & Ascoli, D. (2014). An Implementation of the Rothermel Fire Spread Model in the R Programming Language. *Fire Technology*, 51(3), 523-535. <https://doi.org/10.1007/s10694-014-0405-6>
41. Vega, J. A., Fontúrbel, T., Merino, A., Fernández, C., Ferreiro, A., & Jiménez, E. (2013). Testing the ability of visual indicators of soil burn severity to reflect changes in soil chemical and microbial properties in pine forests and shrubland. *Plant and Soil*, 369(1), 73-91. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1532-9>
42. Zamorano, D., Labra, F. A., Vila, I., & Meier, C. I. (2022). Rivers as a potential dispersing agent of the invasive tree *Acacia dealbata*. *Revista Chilena De Historia Natural*, 95(1). <https://doi.org/10.1186/s40693-022-00109-7>

