



ECOPINE

**Caracterização do pinhal-bravo
como fornecedor de serviços
de proteção do solo e da água**

Caracterização do pinhal-bravo como fornecedor de serviços de proteção do solo e da água

*Pinhal de heróicas árvores tão belas,
foi do teu corpo e da tua alma também
que nasceram as nossas caravelas
ansiosas de todo o Além;
foste tu que lhe deste a tua carne em flor
e sobre os mares andaste navegando,
rodeando a terra e olhando os novos astros,
ó gótico Pinhal navegador,
em naus, erguida, levando
tua alma em flor na ponta alta dos mastros!...*
Afonso Lopes Vieira em “Pinhal do Rei”



Autores

Bruna R.F. Oliveira, João Puga, Sofia Corticeiro

Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Revisão

Susana Carneiro

Centro PINUS

Financiamento

A pesquisa bibliográfica constante neste documento foi financiada pelo PRR no âmbito do Aviso Convite n.º 01/C08-I05.02/2022, Candidatura N.º 3- Centro de Competências do Pinheiro Bravo. O Centro PINUS é a entidade responsável pela execução deste projeto.

A aquisição de imagens foi suportada pelos autores. A foto de capa é de Filipe Patrocínio.

Citação

Bruna R.F. Oliveira, João Puga, Sofia Corticeiro (2025): Caracterização do pinhal-bravo como fornecedor de serviços de proteção do solo e da água. ISBN: 978-989-53530-7-1.

Conteúdo

Contexto, Objetivo e Destinatários	4
1. Pinheiro-bravo (<i>Pinus pinaster</i>) em Portugal	4
2. Caracterização biológica e ecológica do pinheiro-bravo	5
3. Impacte e serviços de proteção do pinhal-bravo no solo e na água	
a. Solo	7
b. Água	8
4. Estratégias e práticas de gestão florestal para otimizar o uso de recursos	9
5. Síntese e Perspetivas de I&D	12
Referências consultadas para a preparação deste trabalho	14

Contexto, Objetivo e Destinatários

O pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) é uma das espécies florestais mais emblemáticas e relevantes de Portugal, tanto pela produção de produtos lenhosos e não-lenhosos como pelo fornecimento de outros serviços de ecossistema, nomeadamente a proteção do solo e da água. Esta função é crucial num país onde os solos são frequentemente vulneráveis à erosão devido ao clima mediterrânico, à orografia acidentada e ao uso intensivo do território, e a escassez hídrica é uma preocupação crescente em cenários de alterações climáticas.

Este documento pretende sintetizar o conhecimento técnico e científico sobre o papel do pinhal-bravo na proteção do solo e da água, destacando a sua importância e abordando boas práticas de gestão florestal para a proteção destes recursos.

Os destinatários são técnicos com funções de gestão florestal, e o documento apresenta-se como uma ferramenta acessível, prática e de fácil consulta, contribuindo para o posicionamento do pinhal-bravo como uma cultura multifuncional.

Para facilitar a leitura não foi usado o tradicional formato académico de citações, remetendo-se para anexos a documentação e fontes consultadas.

1. Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) em Portugal

A presença do pinheiro-bravo em Portugal está confirmada há pelo menos 33 mil anos, sendo considerada uma espécie autóctone. A sua grande expansão ocorreu a partir do reinado de D. Dinis, quando grandes sementeiras foram realizadas nas Matas Litorais para fixar as areias, proteger os solos agrícolas e produzir madeira para a construção naval.

O pinheiro-bravo, pelas características de pioneiro da sucessão ecológica – grande produção de semente, adaptabilidade a substratos pobres ou degradados, rapidez de crescimento e valor comercial – é a espécie florestal que há mais tempo vem sendo objeto de aproveitamento e gestão em Portugal. Contudo, de cerca de 1300 kha de ocupação nos anos 80, atualmente o pinhal-bravo é a terceira maior formação florestal em Portugal, com uma área ocupada de 713.3 kha em 2015, estando a diminuição de área associada aos efeitos dos incêndios rurais (IFN6, 2019).

2. Caracterização biológica e ecológica do pinheiro-bravo

O pinheiro-bravo é uma árvore de médio a grande porte, atingindo uma altura de 20 a 40 metros e um diâmetro à altura do peito de 40 a 50 cm na fase adulta. A copa apresenta uma forma piramidal até os 20-25 anos, tornando-se mais esférica à medida que os ramos inferiores secam.

As **agulhas** surgem em fascículos (grupos) de duas, ocasionalmente três, sendo a primeira folhagem de cor azulada e resistente ao ensombramento, permitindo às plântulas desenvolver-se à sombra no primeiro ano. As agulhas secundárias tornam-se mais escuras e pesadas com a idade da planta e têm uma duração média de dois a três anos, dependendo das condições ambientais. Um exemplo de perturbação ambiental que leva à queda de agulhas é a falta de água, permitindo reduzir os gastos energéticos da planta e a superfície evaporativa, protegendo a árvore da seca. As agulhas são revestidas por cutículas que impedem a perda de água e a entrada de dióxido de carbono através da fotossíntese. As trocas gasosas estão limitadas aos estomas presentes na base de profundas cavidades, dificultando as trocas gasosas e limitando a fotossíntese máxima potencial, mas conferindo uma maior resistência a condições ambientais adversas, como a seca.



Figura 1: Detalhes biológicos do pinheiro-bravo.

O **sistema radicular** consiste em raízes superficiais, que garantem a estabilidade da árvore e a condução de seiva, e raízes profundas, que fixam o solo e permitem o acesso a água do lençol freático. A raiz mestra, ou principal, desenvolvida a partir da semente, é maior que a parte aérea da planta no primeiro ano. As raízes superficiais formam uma teia horizontal, sendo sensíveis a obstáculos e com baixa penetração em solos compactos. A associação com **fungos micorrízicos**, especialmente ectomicorrizas, aumenta a extensão de solo explorado e a absorção de nutrientes.

Durante a vida do pinheiro-bravo, há uma sucessão de espécies de fungos na constituição de micorrizas, com diferentes fungos associados a diferentes idades da planta.

Ecologicamente, o pinheiro-bravo é uma espécie **pioneira** na sucessão ecológica, melhorando as condições edafoclimáticas e criando condições para o estabelecimento de espécies mais exigentes. A sua copa permite a formação de um sub-bosque abundante, que contribui para a biodiversidade do ecossistema.

O pinheiro-bravo dá-se melhor em **solos** permeáveis, onde o sistema radicular superficial se desenvolve sem grande resistência, com profundidade de 30 a 60 cm. Não resiste bem em solos encharcados nem em zonas de lençol freático superficial, sendo tolerante a baixos níveis de salinidade e calcário. Sendo uma espécie heliófila – que gosta de luz – não sobrevive sob o coberto de quercíneas, pelo que há tendência para a substituição de pinhais por bosques de quercíneas quando as condições edafoclimáticas permitem e não há intervenção humana. Por este motivo, os pinhais constituem povoamentos dominantes em locais de solo muito pobre, como as dunas do litoral ou os declives acentuados da região Norte e Centro, ou em locais frequentemente perturbados por, por exemplo, fogos florestais.

Para a sua suscetibilidade ao **fogo** contribui e inflamabilidade, resultante da presença de compostos voláteis (ex. resina), a acumulação de manta morta, a baixa humidade frequente dos solos típicos onde se encontra e o sub-bosque abundante. Por outro lado, a casca espessa permite-lhe sobreviver a fogos de baixa intensidade, característica explorada na utilização de fogos controlados para gestão do sub-bosque.



Figura 2: Pinhal litoral com gestão de sub-bosque.

3. Impacte e serviços de proteção do pinhal-bravo no solo e na água

a. Solo

O pinhal-bravo tem um impacto significativo no solo, com efeitos positivos e negativos, dependendo da gestão dos povoamentos, e desempenha importantes serviços de proteção, particularmente em regiões com solos vulneráveis e declives acentuados.

- **Estabilização e Proteção do Solo:** O sistema radicular profundo e extenso do pinheiro-bravo é essencial para estabilizar solos em áreas declivosas ou sujeitas a erosão. As raízes fixam o solo, prevenindo deslizamentos e reduzindo o escoamento superficial da água. Esta função é particularmente importante em terrenos expostos a chuvas intensas, onde o pinhal-bravo ajuda a promover a infiltração de água, favorecendo a recarga de aquíferos e combatendo a desertificação. A copa das árvores e a manta morta formam uma barreira natural contra o impacto direto das gotas de chuva e a erosão provocada pelo vento, especialmente ao longo da costa Atlântica, onde o pinhal-bravo atua na proteção contra o avanço das dunas.
- **Melhoria da Estrutura e Qualidade do Solo:** A decomposição lenta da manta morta enriquece o solo com matéria orgânica, melhorando a sua estrutura e a capacidade de retenção de água. Este processo contribui para a fertilidade do solo, com um aumento da capacidade de troca catiónica. No entanto, a acumulação de compostos fenólicos e lignina pode acidificar o solo, reduzindo a disponibilidade de nutrientes essenciais, como cálcio e magnésio, e aumentando a biodisponibilidade de alumínio, o que prejudica a qualidade do solo e a saúde das plantas a longo prazo.
- **Sequestro de Carbono¹ e Sustentabilidade:** O pinhal-bravo contribui para o sequestro de carbono, tanto na biomassa aérea como no solo. A manta morta funciona como um reservatório de carbono, ajudando a manter a humidade do solo e promovendo a atividade microbiana. No entanto, este carbono armazenado é vulnerável a distúrbios, como incêndios rurais, que podem libertar grandes quantidades de carbono para a atmosfera, comprometendo a sustentabilidade deste serviço.
- **Ciclo de Nutrientes:** A presença de micorrizas no pinhal-bravo melhora a absorção de nutrientes, como fósforo, em solos pobres. No entanto, a gestão intensiva, com desbastes frequentes e/ou com remoção da manta morta, pode comprometer a reciclagem de

¹ De acordo com a literatura científica e governamental europeia, **sequestro de carbono** é o processo de captura de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e o seu armazenamento a longo prazo em reservatórios naturais ou artificiais.

nutrientes, afetando negativamente a fertilidade do solo a longo prazo. A existência de áreas extensas ocupadas pela mesma espécie e a extração intensiva de recursos do solo podem resultar na diminuição da biodiversidade microbiana, afetando os ciclos de nutrientes e a qualidade do solo.

- **Prevenção da Compactação:** A estrutura radicular do pinhal-bravo e a manta morta ajudam a manter a porosidade do solo, prevenindo a compactação. No entanto, o uso de maquinaria pesada em povoamentos florestais pode reduzir a infiltração de água, aumentar o risco de erosão e prejudicar a estrutura do solo, especialmente em práticas de gestão inadequadas.

b. Água

O pinhal-bravo desempenha um papel fundamental na regulação do ciclo hidrológico e na preservação da qualidade da água, especialmente em regiões mediterrânicas com climas áridos e precipitação irregular.

- **Regulação do Ciclo Hidrológico e Infiltração de Água:** O sistema radicular profundo do pinheiro-bravo facilita a infiltração da água, promovendo a recarga dos aquíferos, principalmente em solos arenosos. As copas das árvores e a manta morta reduzem o escoamento superficial da água, protegendo os solos da erosão e diminuindo o transporte de sedimentos para os corpos de água. Este efeito contribui para a mitigação de cheias e secas, estabilizando o ciclo da água nas bacias hidrográficas.
- **Controlo da Evapotranspiração:** O pinhal-bravo, através da sua capacidade de regular a evapotranspiração, desempenha um papel fundamental no equilíbrio hídrico das bacias hidrográficas. A evapotranspiração varia significativamente ao longo do ano, com picos de 3 mm/dia em condições favoráveis e reduções para 0.8 mm/dia durante a seca estival. Assim a evapotranspiração média anual em bacias com predominância de pinheiros é de cerca de 900 mm. Esta regulação contribui para a manutenção da disponibilidade hídrica. Este processo também ajuda a reduzir a temperatura das áreas florestadas em até 2°C, beneficiando o microclima e mantendo a humidade do ar.
- **Proteção e Qualidade da Água:** O pinhal-bravo, ao promover a infiltração de água e reduzir a velocidade do escoamento superficial, ajuda na proteção da qualidade da água. A vegetação florestal funciona como um filtro natural, impedindo o transporte de sedimentos e poluentes para os cursos de água. Esta capacidade de purificação e controlo

do escoamento é fundamental para a manutenção da qualidade da água, especialmente em áreas de captação de recursos hídricos para abastecimento e irrigação.

- **Manutenção dos Fluxos de Base e Proteção de Bacias Hidrográficas:** O pinhal-bravo contribui para a manutenção dos fluxos de base nos cursos de água, especialmente em períodos de maior escassez hídrica, como em zonas de clima mediterrânico. Bacias hidrográficas com maior cobertura de pinhal-bravo apresentam fluxos de base superiores aos de áreas cobertas por culturas agrícolas, reforçando a importância dessa espécie para a estabilidade hídrica da região. A gestão sustentável das florestas de pinheiro-bravo é crucial para a proteção das bacias hidrográficas, especialmente em áreas de captação de água, onde práticas como a manutenção de faixas de proteção ao longo dos cursos de água podem melhorar a qualidade da água e a resiliência dos ecossistemas.

4. Estratégias e práticas de gestão florestal para otimizar o uso de recursos (incluindo cenários de alterações climáticas)

A gestão sustentável do pinhal-bravo requer uma abordagem integrada e adaptativa, tendo em conta as condições locais e os objetivos específicos de cada área. As seguintes estratégias e práticas são essenciais para otimizar o uso dos recursos naturais e maximizar os serviços de ecossistema, nomeadamente a proteção do solo e da água.

- **Planeamento e Adaptação às Condições Locais:** A gestão florestal deve ser adaptada às características específicas de cada área, incluindo o tipo de solo, o clima e a topografia. Em terrenos com declives acentuados ou solos arenosos, técnicas como a plantação em curvas de nível são cruciais para a estabilização do solo. Em regiões mais áridas, a construção de estruturas de retenção de água, como valas e câmaras, pode minimizar a erosão e a perda de nutrientes. Em áreas menos suscetíveis à erosão, a mobilização do solo deve ser limitada a operações superficiais e localizadas, reduzindo as perturbações.
- **Gestão da Densidade e da Biomassa:** A densidade dos povoamentos deve ser controlada para evitar a competição por recursos e a exaustão do solo. Desbastes regulares e moderados são essenciais para promover o crescimento de árvores saudáveis e reduzir o risco de incêndios e pragas. A biomassa remanescente dos desbastes deve ser gerida de forma a enriquecer o solo com matéria orgânica e reduzir a carga de combustível. A gestão florestal deve ser adaptativa, respondendo às mudanças nas condições ambientais e sociais, com uma monitorização regular dos indicadores de sustentabilidade.
- **Conservação da Manta Morta e do Sub-bosque:** A manta morta, composta por folhas, ramos e outros detritos vegetais, desempenha um papel crucial na proteção do solo. A sua

remoção deve ser evitada, exceto em situações de risco extremo de incêndio. A manutenção de um sub-bosque diversificado contribui para a estabilidade do solo, aumenta a biodiversidade e melhora o ciclo de nutrientes.

- **Monitorização e Melhoria da Fertilidade do Solo:** A qualidade do solo deve ser monitorizada periodicamente através de análises físicas e químicas. Em solos acidificados, a aplicação de corretivos, como o calcário, pode ser necessária para neutralizar a acidez e melhorar a biodisponibilidade de nutrientes. A fertilização deve ser realizada de forma racional, baseada nas necessidades do solo e utilizando preferencialmente fertilizantes cujo impacto ambiental seja bem conhecido.
- **Minimização da Compactação do Solo:** A compactação do solo, causada pela utilização de máquinas pesadas, reduz a infiltração de água e o arejamento do solo. Para minimizar esses impactos, é necessário reduzir o uso de máquinas pesadas em áreas sensíveis e promover o uso de equipamentos leves e técnicas de gestão que preservem a estrutura do solo.



Figura 3: Gestão de invasoras deixando os resíduos de corte para proteção do solo e da água.

- **Gestão do Risco de Incêndio:** A implementação de planos de gestão de combustíveis é essencial para reduzir o risco de incêndios. Práticas como desbastes seletivos, criação de faixas corta-fogo e limpeza de combustível em áreas críticas são fundamentais para proteger o solo e os ecossistemas.
- **Promoção da Biodiversidade e Resiliência:** A introdução de espécies nativas e a criação de corredores ecológicos aumentam a biodiversidade e a resiliência dos ecossistemas. A diversificação das espécies florestais e a promoção de sistemas agroflorestais podem contribuir para a melhoria da qualidade do solo e da água, bem como para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas.
- **Políticas e Incentivos Económicos:** A implementação de políticas públicas que incentivem a adoção de práticas de gestão sustentável, é fundamental para garantir a viabilidade económica das ações de conservação dos serviços do ecossistema fornecidos pelas florestas.
- **Adaptação às Alterações Climáticas:** As alterações climáticas representam um desafio significativo para a gestão do pinhal-bravo. As previsões indicam um aumento da seca e da frequência de eventos extremos, como tempestades e incêndios. Para se adaptar a estas mudanças, é necessário:
 - **Diversificar as variantes:** A introdução de variantes mais resistentes à seca e às temperaturas elevadas pode aumentar a resiliência dos povoamentos.
 - **Gestão da água:** Práticas de gestão hídrica, como a conservação de água no solo e a redução da evapotranspiração, são cruciais para a sustentabilidade dos ecossistemas florestais.
 - **Monitorização e pesquisa:** A monitorização contínua dos impactos das alterações climáticas e a investigação científica são essenciais para o desenvolvimento de estratégias de adaptação eficazes.
- **Implementação de Tecnologias Inovadoras:** A utilização de tecnologias inovadoras, como a drones, satélites e a análise de dados geoespaciais, pode melhorar significativamente a gestão do pinhal-bravo. Estas tecnologias permitem uma monitorização mais eficaz dos recursos florestais, a deteção precoce de incêndios e pragas, e a tomada de decisões informadas.
- **Colaboração e Parcerias:** A colaboração entre diferentes stakeholders, incluindo proprietários florestais, gestores de território, investigadores e organizações não governamentais, é essencial para a implementação de práticas de gestão sustentável. Parcerias público-privadas podem facilitar o acesso a financiamento e a conhecimento técnico necessário para a implementação de projetos de gestão florestal eficazes.

- **Capacitação e Formação:** A capacitação e formação contínua dos profissionais do setor florestal são cruciais para a implementação de práticas de gestão sustentável. Programas de formação que abordem as últimas técnicas de gestão florestal, as tecnologias inovadoras e as estratégias de adaptação às alterações climáticas são essenciais para garantir que os profissionais estejam preparados para os desafios do futuro.
- **Implementação de Planos de Gestão Florestal:** A elaboração e implementação de planos de gestão florestal detalhados e adaptados às condições locais são fundamentais para a otimização do uso dos recursos naturais e a maximização dos serviços de ecossistema. Estes planos devem incluir objetivos claros, estratégias específicas e indicadores de avaliação para garantir a sua eficácia.
- **Considerações Económicas e Certificação Florestal:** A viabilidade económica das práticas de gestão sustentável é essencial para a sua adoção a longo prazo. A valorização dos produtos florestais, a diversificação de rendimentos e a exploração de oportunidades de mercado para produtos sustentáveis podem ser potenciados pela certificação florestal.

5. Síntese e Perspetivas de I&D

O pinhal-bravo desempenha um papel importante na proteção do solo e da água em Portugal, mas os seus benefícios dependem de uma gestão cuidadosa e adaptada ao contexto local.

A capacidade do pinheiro-bravo se adaptar a solos pobres e declivosos, aliada à sua rusticidade, torna-o uma escolha ideal para a arborização e reflorestação de áreas com elevada suscetibilidade à erosão. O seu sistema radicular extenso e profundo desempenha um papel fundamental na estabilização do solo, prevenindo o desprendimento e o transporte de partículas, especialmente em terrenos inclinados. A copa do pinheiro-bravo atua como um escudo protetor, interceptando a precipitação e reduzindo a energia cinética das gotas de chuva, diminuindo o impacto direto da chuva sobre o solo e minimizando o desprendimento e o arrastamento de partículas. Além disso, a manta morta, composta por agulhas e outros restos vegetais, forma uma barreira física contra a erosão hídrica e eólica, reduz a evaporação da água do solo e mantém a humidade, favorecendo a atividade biológica e a formação de húmus, o que melhora a fertilidade e a capacidade de retenção hídrica do solo. A manutenção e gestão sustentável do pinhal-bravo é essencial para maximizar os seus benefícios ecológicos e económicos.

Uma abordagem sustentável pode maximizar os efeitos positivos da espécie, como a estabilização do solo e o enriquecimento orgânico, enquanto minimiza os possíveis impactos negativos, como a acidificação, a exaustão de nutrientes e a compactação.

A principal lacuna no conhecimento sobre a função de proteção do solo e da água do pinhal-bravo reside na falta de estudos de longo prazo que avaliem diferentes modelos de gestão florestal,

considerando práticas representativas da floresta portuguesa. Além disso, os estudos que consideram cenários climáticos futuros – especialmente o aumento de eventos climáticos extremos e alteração nos padrões de precipitação – ainda são insuficientes para desenvolver estratégias de gestão que mantenham ou melhorem os impactos positivos do pinhal-bravo na proteção do solo e da água.

A gestão sustentável do pinhal-bravo exige uma abordagem integrada e multidisciplinar, que considere os aspetos ecológicos, sociais e económicos. A consciencialização e o envolvimento crescente da sociedade oferecem também uma oportunidade para fortalecer políticas públicas que incentivem a gestão sustentável das florestas, promovendo a recuperação ecológica e a resiliência dos ecossistemas florestais.

As perspetivas futuras apontam para a integração de tecnologias avançadas na gestão florestal, permitindo uma monitorização mais eficaz e ajustes rápidos nas práticas de gestão. As abordagens tornar-se-ão mais adaptativas e personalizadas, respondendo de forma eficaz aos diferentes cenários climáticos e ambientais, com a utilização de dados de deteção remota em tempo real e modelos preditivos que possibilitam antecipar alterações e tomar decisões informadas.

Referências consultadas para a preparação deste trabalho

Título	Tipo de documento	Código de publicação	Tema
Interactive Effects of Temperature and Precipitation on Soil Respiration in a Temperate Maritime Pine Forest	Artigo	10.1093/treephys/23.18.1263	Solo
Soil organic carbon and nitrogen accumulation on coal mine spoils reclaimed with maritime pine (<i>Pinus pinaster</i> Aiton) in Agacli–Istanbul	Artigo	10.1007/s10661-008-0434-z	Solo
Soil organic carbon accumulation and several physicochemical soil properties under stone pine and maritime pine plantations in coastal dune, Durusu-Istanbul	Artigo	10.1007/s10661-019-7472-6	Solo
Characterization of mixed and monospecific stands of Scots pine and Maritime pine: soil profile, physiography, climate and vegetation cover data	Artigo	10.1007/s13595-021-01042-7	Solo
Carbon and nutrients stocks in even-aged maritime pine stands from Portugal	Artigo	10.5424/fs/2010193-9096	Solo
Coniferous afforestation increases soil carbon in maritime sand dunes	Artigo	10.1080/03650340.2011.627326	Solo
Maritime pine land use environmental impact evolution in the context of life cycle assessment	Artigo	10.1515/opag-2021-0058	Solo
Carbon and nitrogen accumulation in forest floor and surface soil under different geographic origins of Maritime pine (<i>Pinus pinaster</i> Aiton.) plantations	Artigo	10.5424/fs/2013222-03441	Solo
Compartment specific chiral pinene emissions identified in a Maritime pine forest	Artigo	10.1016/j.scitotenv.2018.11.146	Solo
Land Use Impact of Maritime Pine and Eucalypt: A Life Cycle Assessment Study	Artigo	10.15376/biores.16.2.3760-3770	Solo
Significance of bedrock as a site factor determining nutritional status and growth of maritime pine	Artigo	10.1016/j.foreco.2014.07.024	Solo
Changes in soil hydraulic conductivity after prescribed fires in Mediterranean pine forests	Artigo	10.1016/j.jenvman.2018.12.012	Solo
Temporal variation in the arsenic and metal accumulation in the maritime pine tree grown on contaminated soils	Artigo	10.1007/s13762-012-0115-x	Solo

Plastic response of four maritime pine (<i>Pinus pinaster</i> Aiton) families to controlled soil water deficit	Artigo	10.1007/s13595-018-0719-5	Solo
Natural Regeneration of Maritime Pine: A Review of the Influencing Factors and Proposals for Management	Artigo	10.3390/f13030386	Solo
Assessment of Biomass and Biochar of Maritime Pine as a Porous Medium for Water Retention in Soils	Artigo	10.3390/en15165882	Solo
Variability in needle lifespan and foliar biomass along a gradient of soil fertility in maritime pine plantations on acid soils rich in organic matter	Artigo	10.1016/j.foreco.2015.01.030	Solo
Mycorrhizal association of maritime pine, <i>Pinus pinaster</i> , with <i>Rhizopogon roseolus</i> has contrasting effects on the uptake from soil and root-to-shoot transfer of ^{137}Cs , ^{85}Sr and ^{95m}Tc	Artigo	10.1016/j.jenvrad.2007.10.012	Solo
Exploring potential pine litter biodegradability as a natural tool for low-carbon forestry	Artigo	10.1016/j.foreco.2017.07.003	Solo
Hydraulic responses to height growth in maritime pine trees	Artigo	10.1111/j.1365-3040.2004.01213.x	Solo
Root anchorage of inner and edge trees in stands of Maritime pine growing in different podzolic soil conditions	Artigo	10.1007/s00468-004-0330-2	Solo
Overyielding in mixed pine forests with belowground complementarity: impacts on understory	Artigo	10.1007/s10342-021-01365-0	Solo
Intercropping N-fixing shrubs in pine plantation forestry as an ecologically sustainable management option	Artigo	10.1016/j.foreco.2019.01.023	Solo
Predicting current and future suitable habitat and productivity for Atlantic populations of maritime pine in Spain	Artigo	10.1007/s13595-020-00941-5	Solo
Effects of site preparation and postplanting cultural treatments on the establishment and early growth of maritime pine	Artigo	10.55730/1300-011X.3030	Solo
A density-based approach for the modelling of root architecture:: application to Maritime pine root systems	Artigo	10.1016/j.jtbi.2005.03.013	Solo
Compartment specific chiral pinene emissions identified in a Maritime pine forest	Artigo	10.1016/j.scitotenv.2018.11.146	Solo
Mycorrhizal association of maritime pine, <i>Pinus pinaster</i> , with <i>Rhizopogon roseolus</i> has contrasting effects on the uptake from soil and root-to-shoot transfer of ^{137}Cs , ^{85}Sr and ^{95m}Tc	Artigo	10.1016/j.jenvrad.2007.10.012	Solo

Variability in needle lifespan and foliar biomass along a gradient of soil fertility in maritime pine plantations on acid soils rich in organic matter	Artigo	10.1016/j.foreco.2015.01.030	Solo
MEASURING AND MODELING THE - TRANSPIRATION OF A MARITIME PINE CANOPY FROM SAP-FLOW DATA	Artigo	10.1016/0168-1923(94)90100-7	Solo
Modelling Maritime Pine (<i>Pinus pinaster</i> Aiton) Spatial Distribution and Productivity in Portugal: Tools for Forest Management	Artigo	10.3390/f12030368	Solo
Influence of <i>Pinus pinaster</i> age on aluminium fractions in acidic soils	Artigo	10.3232/SJSS.2020.V10.N2.02	Solo
Water use of young maritime pine and Eucalyptus stands in response to climatic drying in south-western France	Artigo	10.1080/17550874.2012.668228	Solo
Soil moisture spatio-temporal behavior of <i>Pinus pinaster</i> stands on sandy flatlands of central Spain	Artigo		Solo
Effects of Management Practices and Topography on Ectomycorrhizal Fungi of Maritime Pine during Seedling Recruitment	Artigo	10.3390/f9050245	Solo
Rooting patterns and fine root biomass of <i>Pinus pinaster</i> assessed by trench wall and core methods	Artigo	10.1007/s10310-008-0071-y	Solo
Fine root distribution of trees and understory in mature stands of maritime pine (<i>Pinus pinaster</i>) on dry and humid sites	Artigo	10.1007/s11104-006-9024-4	Solo
The ameliorative effects of pine cultures on forest sites on the island of Rab in Southwest Croatia	Artigo	10.1016/j.foreco.2006.09.065	Solo
Effects of pre-commercial thinning on transpiration in young post-fire maritime pine stands	Artigo	10.1093/forestry/cpn032	Solo
Unravelling the associations between climate, soil properties and forest management in <i>Pinus pinaster</i> decline in the Iberian Peninsula	Artigo	10.1016/j.foreco.2015.07.033	Solo
Age-related decline in stand water use: sap flow and transpiration in a pine forest chronosequence	Artigo	10.1016/j.agrformet.2005.01.002	Solo
Variation of Hg concentration and accumulation in the soil of maritime pine plantations along a coast-inland transect in SW Europe	Artigo	10.1016/j.envres.2023.116155	Solo

Mid-term effects of a thin-only treatment on fuel complex, potential fire behaviour and severity and post-fire soil erosion protection in fast-growing pine plantations	Artigo	10.1016/j.foreco.2020.117895	Solo
Effects of overstorey canopy, plant-plant interactions and soil properties on Mediterranean maritime pine seedling dynamics	Artigo	10.1016/j.foreco.2011.03.029	Solo
EFFECT OF MARITIME PINE RHIZOSPHERE ON WATER-SOLUBLE COPPER OF THE SOIL	Artigo		Solo
Components, drivers and temporal dynamics of ecosystem respiration in a Mediterranean pine forest	Artigo	10.1016/j.soilbio.2015.05.017	Solo
Altitude-related factors but not Pinus community exert a dominant role over chemical and microbiological properties of a Mediterranean humid soil	Artigo	10.1111/j.1365-2389.2012.01438.x	Solo
Relationships between rhizosphere microbiota and forest health conditions in Pinus pinaster stands at the Iberian Peninsula	Artigo	10.1016/j.apsoil.2023.105142	Solo
A genotype dependent-response to cadmium contamination in soil is displayed by Pinus pinaster in symbiosis with different mycorrhizal fungi	Artigo	10.1016/j.apsoil.2013.12.005	Solo
Effect of pine plantations on soil arthropods in a high Andean forest	Artigo		Solo
Contribution of root-associated microbial communities on soil quality of Oak and Pine forests in the Himalayan ecosystem	Artigo	10.1007/s42965-019-00031-2	Solo
CARBON STORAGE IN FOREST SOILS AND FOREST MANAGEMENT- A REVIEW	Artigo	10.59269/ZLV/2024/1/716	Solo
Pines influence hydrophysical parameters and water flow in a sandy soil	Artigo	10.2478/s11756-013-0254-7	Solo
The Value of Forest Conservation for Water Quality Protection	Artigo	10.3390/f5050862	Solo
Extent and persistence of soil water repellency induced by pines in different geographic regions	Artigo	10.2478/johh-2018-0024	Solo
Determinantes do desenvolvimento do pinhal bravo em áreas dunares (Dunas de Mira)	Tese	-	Solo
Avaliação do sucesso da regeneração natural em povoamentos de pinheiro bravo na Companhia das Lezírias	Tese	-	Solo
Fertipine - Fertilização de pinheiro-bravo	Relatório	-	Solo

Os valores ambientais do espaço rural: o caso do pinhal interior sul	Tese	-	Solo
Plano de gestão florestal da mata de Leiria (2019-2038)	Relatório	-	Solo
Ecossistemas e Bem-estar humano	Relatório		Solo
Effects of forest type and stream size on volume and distribution of stream wood: legacies of wildfire in a Euro-Mediterranean context	Artigo	10.1899/12-091.1	Água
Energy, water and carbon exchanges in managed forest ecosystems: description, sensitivity analysis and evaluation of the INRAE GO plus model, version 3.0	Artigo	10.5194/gmd-13-5973-2020	
Comparative Assessment of Goods and Services Provided by Grazing Regulation and Reforestation in Degraded Mediterranean Rangelands	Artigo	10.1002/ldr.2368	Ambos
Effect of climatic and soil moisture conditions on mushroom productivity and related ecosystem services in Mediterranean pine stands facing climate change	Artigo	10.1016/j.agrformet.2017.10.024	Ambos
Resin-tapped pine forests in Spain: Ecological diversity and economic valuation	Artigo	10.1016/j.scitotenv.2018.01.027	Ambos
Resistance to wildfire and early regeneration in natural broadleaved forest and pine plantation	Artigo	10.1016/j.actao.2010.09.008	Ambos
Large-scale assessment of regeneration and diversity in Mediterranean planted pine forests along ecological gradients	Artigo	10.1111/j.1472-4642.2012.00901.x	Ambos
Projecto Forsee	Relatório	https://www.plantedforests.org/wp-content/uploads/2018/06/FORSEE_Port_C_part1.v21.pdf	Solo
Projecto Plurifor	Relatório	https://plurifor.iefc.net/resources/	Solo
Pinhais-bravos ecologia e gestão	Relatório	file:///C:/Users/thepu/Downloads/Pinhaisbravos2021-pbegWPS.pdf	Ambos
A safe breeding ground: genetically improved maritime pine for growth and stem form has more efficient but not more vulnerable xylem	Artigo	10.1093/treephys/tpac125	Água

Inter-genotypic differences in drought tolerance of maritime pine are modified by elevated [CO ₂]	Artigo	10.1093/aob/mcx080	Água
Seasonal and daily cycles of stem radial variation of <i>Pinus pinaster</i> in a drought-prone environment	Artigo	10.1016/j.agrformet.2013.06.009	Água
	Artigo	10.1051/forest:19990209	Água
Osmotic adjustment in <i>Pinus pinaster</i> cuttings in response to a soil drying cycle	Artigo	0.1051/forest:2002067	Água
Impact of Fire Recurrence and Induced Water Stress on Seed Germination and Root Mitotic Cell Cycle of <i>Pinus pinaster</i> Aiton	Artigo	10.3390/f14010078	Água
Leaf gas exchange and carbohydrate concentrations in <i>Pinus pinaster</i> plants subjected to elevated CO ₂ and a soil drying cycle	Artigo	10.1051/forest:19990109	Água
BIOMASS AND GROWTH OF MARITIME PINE - A STUDY OF VARIABILITY IN A 16 YEARS OLD STAND	Artigo	10.1051/forest:19860106	Água
Likely effects of climate change on growth of <i>Quercus ilex</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i> and <i>Fagus sylvatica</i> forests in the Mediterranean region	Artigo	10.1016/S0378-1127(02)00048-8	Água
The annual carbon budget of a French pine forest (<i>Pinus pinaster</i>) following harvest	Artigo	10.1046/j.1365-2486.2003.00627.x	Água
Modelling the site index of <i>Pinus pinaster</i> plantations in Turkey using ecological variables	Artigo	10.1007/s11676-020-01113-x	Água
Fire severity effects on ash chemical composition and water-extractable elements	Artigo	10.1016/j.geoderma.2012.02.005	Água
Effects of Recent Minimum Temperature and Water Deficit Increases on <i>Pinus pinaster</i> Radial Growth and Wood Density in Southern Portugal	Artigo	10.3389/fpls.2016.01170	Água
Biophysical modelling of intra-ring variations in tracheid features and wood density of <i>Pinus pinaster</i> trees exposed to seasonal droughts	Artigo	10.1093/treephys/tpv010	Água
Hydrological Processes in Eucalypt and Pine Forested Headwater Catchments within Mediterranean Region	Artigo	https://doi.org/10.3390/w13101418	Água
Climatic variability and other site factor influences on natural regeneration of <i>Pinus pinaster</i> Ait. in Mediterranean forests	Artigo	10.1007/s13595-011-0078-y	Água

Natural Regeneration of Maritime Pine: A Review of the Influencing Factors and Proposals for Management	Artigo	doi.org/10.3390/fl3030386	Água
Water balance of pine forests: Synthesis of new and published results	Artigo	https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.04.021	Água
Soil moisture spatio-temporal behavior of <i>Pinus pinaster</i> stands on sandy flatlands of central Spain	Artigo	10.5424/fs/2011202-11186	Água
Radial increment dynamics of Maritime pine (<i>Pinus pinaster</i> Ait.) in pure and mixed stands with Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) under changing environmental conditions	Artigo		Água
Environmental Factors Governing Soil Water Repellency Dynamics in a <i>Pinus Pinaster</i> Plantation in NW Spain	Artigo	10.1002/ldr.2370	Água
Integration of a Landsat Time-Series of NBR and Hydrological Modeling to Assess <i>Pinus pinaster</i> Aiton. Forest Defoliation in South-Eastern Spain	Artigo	https://doi.org/10.3390/rs11192291	Água
Modelling Maritime Pine (<i>Pinus pinaster</i> Aiton) Spatial Distribution and Productivity in Portugal: Tools for Forest Management	Artigo	https://doi.org/10.3390/fl2030368	Solo
Potential long term water yield impacts from pine plantation management strategies in the southeastern United States	Artigo	https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120454	Água
A novel method for increasing water-yields, pine forests of the Northern Gulf of Mexico, USA	Artigo	https://doi.org/10.5194/hess-2021-175	Água