

LIVRO-GUIA DA VISITA TÉCNICA

II Seminário da Rede Incêndios-Solo
Incêndios, Solos e Território: da ameaça à sustentabilidade

O Fogo e os Solos em Territórios de Montanha do NE de Portugal



Ana Caroline Royer
Tomás de Figueiredo
Felícia Fonseca

Bragança, Outubro de 2021



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

LIVRO-GUIA DA VISITA TÉCNICA

II Seminário da Rede Incêndios-Solo
Incêndios, Solos e Território: da ameaça à sustentabilidade

O Fogo e os Solos em Territórios de Montanha do NE de Portugal



Ana Caroline Royer
Tomás de Figueiredo
Félia Fonseca

Bragança, Outubro de 2021



Ficha Técnica

- Título:** O Fogo e os Solos em Territórios de Montanha do NE de Portugal
- Autores:** Ana Caroline Royer, Tomás de Figueiredo e Felícia Fonseca
Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal
- Propriedade e Edição:** RISCOS – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra
Largo da Porta Férrea
3004-530
- Paginação e arranjos gráficos:** Atilano Suarez, Luís Ribeiro, Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança
- Capa:** Recuperação da vegetação de uma área ardida 3 meses após o fogo controlado em Aveleda, NE Portugal (Fotografia de Ana Caroline Royer, 23 de junho de 2021).
- Tiragem:** 90 exemplares
- ISBN (Impresso):** 978-989-9053-09-0
- ISBN (Digital):** 978-989-9053-10-6



Outubro de 2021

Este trabalho é financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do INTERREG V-A Espanha-Portugal (POCTEP) 2014-2020 no âmbito do projeto TERRAMATER (0701_TERRAMATER_1_E)

Sumário

Percurso e horário.....	5
Visita de Estudo	5
Introdução.....	7
1. Áreas afetadas por incêndios sob acompanhamento experimental na zona de Bragança.....	9
1.1. Parâmio	10
1.2. Aveleda	14
1.3. Análise global do efeito dos fogos controlados na parcela Aveleda.....	21
2. Povoamentos florestais de espécies exóticas e autóctones (solo, serviços do ecossistema, incêndios):.....	25
2.1. Serra da Nogueira.....	25
3. Lamas de Podence (Casa do Careto).....	29
3.1. Geopark Terras de Cavaleiros.....	29
3.2. Caretos de Podence	29
4. Parque Natureza do Azibo.....	33
Referências.....	35

Percurso e horário

Visita de Estudo

- 08:30** Ponto de Encontro: CIMO, Instituto Politécnico de Bragança
- 09:00** **Partida (Transporte em autocarro)**
- 09:00 às 12:30** Áreas afetadas por incêndios sob acompanhamento experimental na zona de Bragança: Parâmio e Aveleda
- 12:30 às 14:00** Almoço
- 14:00 às 17:30** Povoamentos florestais de espécies exóticas e autóctones (solo, serviços do ecossistema, incêndios): Serra da Nogueira
Visita a Lamas de Podence (Casa do Careto)
Parque Natureza do Azibo
- 18:00** Chegada a Bragança

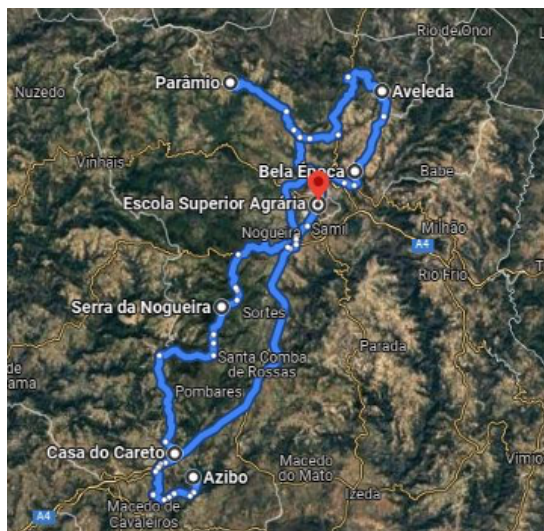


Fig. 1. Mapa do percurso com destaque para as principais paragens durante a visita.

Introdução

Indo ao encontro das pretensões e propósitos do II Seminário da Rede Incêndios-Solo (RIS), subordinado ao tema “Incêndios, Solos e Território: da ameaça à sustentabilidade”, o programa do evento não poderia deixar de incluir uma imersão em terras de Bragança, que são palco dos episódios de incêndio que lhe impõem drásticas transformações, mobilizam esforços de múltiplos agentes e responsáveis no sentido da sua prevenção e combate, e motivam preocupações sociais quanto às ameaças a que está sujeito, naturalmente comprometedoras da sua sustentabilidade. De resto, são essas razões suficientes para que se tenham constituído desde há anos como objeto de trabalho, centrado na investigação dos impactos dos incêndios no solo e na recuperação deste recurso assim ameaçado, como elemento de base dos processos de reabilitação das funções dos ecossistemas afetados. Vale a pena sublinhar que este é um território frágil como todas as zonas de montanha, em particular da bacia mediterrânica onde a suscetibilidade à desertificação e à seca persiste severa, e no qual se operam mudanças no uso da terra profundamente associadas ao declínio demográfico prevalecente. Os elementos de contexto enunciados são também necessários considerar quando se trata de agir sobre o território gerindo as aplicações do conhecimento científico produzido através da experimentação, sempre parcelar como é de sua natureza. Na verdade, os reflexos desse conhecimento no território, a bem da sua sustentabilidade, não logram atingir os propósitos que o animaram sem a necessária compreensão do contexto e integração dos elementos que lhe definem o contorno. E deseja-se o percurso proposto permita apreender e certamente melhor compreender esta realidade, aquilatar dificuldades e despertar para a construção de soluções que as ultrapassem.

As paragens neste percurso destacam casos de estudo de base experimental de longo termo e com enfoque específico, todavia entendidos como fonte de informação e como exemplo. De facto, a área ardida do Parâmio mostra os constrangimentos naturais à recuperação pós-fogo determinados pelas características geológicas e edáficas particulares dos maciços de rochas ultrabásicas, aspeto singularmente identificador da geologia de Trás-os-Montes Oriental. Segue-se a paragem em Aveleda, área de matos vizinha de povoamento florestal de resinosas sujeito a plano de gestão que utiliza o fogo controlado como medida preventiva redutora do risco de incêndio. Mostra-se neste exemplo o estado de degradação

que tipifica os solos das áreas queimadas. E mostram-se também e fundamentalmente a experiência de dois ciclos de aplicação de fogo controlado, as evidências reunidas no primeiro ciclo e o acompanhamento do segundo ciclo, no qual se testam medidas inovadoras de recuperação dos solos queimados, mostra bem o prolongado esforço que a investigação implica para a obtenção de resultados replicáveis.

Na Serra da Nogueira encontra-se uma vasta mancha de carvalho negral (*Quercus pyrenaica*), a vegetação arbórea climácica das montanhas do Nordeste de Portugal. Lado a lado com a vegetação pristina, surgem povoamentos florestais de espécies introduzidas com propósitos produtivos, tendo em vista a valorização económica destas áreas. O contexto, como em toda a montanha mediterrânica é de risco de incêndio. Podem assim discutir-se, com base em resultados de estudos experimentais, os impactos de longo termo da substituição de espécies autóctones por introduzidas nos serviços ecossistémicos prestados pelas áreas de montanha. É ainda uma oportunidade para tornar claro o papel central e destacado do solo na valorização destas áreas, enquanto reservatório de carbono.

No final do percurso, no sopé da fachada sul da Serra da Nogueira, encontra-se a albufeira do Azibo, o GeoPark Terras de Cavaleiros, antecedido porém de paragem para um contacto com os Caretos de Podence – manifestação da cultura e tradição locais, reconhecida pela UNESCO como Património da Humanidade. Trata-se, de novo, de realçar as múltiplas vias que se abrem em direção à valorização económica e social dos territórios, assente na conservação dos seus valores naturais e da sua herança cultural.

1. Áreas afetadas por incêndios sob acompanhamento experimental na zona de Bragança

O Parque Natural de Montesinho (PNM), criado pelo Decreto-Lei nº 355/79, de 30 de agosto, é uma área protegida localizada em Trás-os-Montes, que abrange a parte norte dos concelhos de Bragança e Vinhais. Situado no planalto transmontano, com uma altitude média de 750-900 m, apresenta, todavia, expressivos contrastes altimétricos. Mais próximo de Bragança, na terra fria transmontana, os xistos são as rochas dominantes, mas podem ainda ser encontrados granitos, rochas ultrabásicas e pequenas manchas calcárias (Agroconsultores & Coba, 1991; Castro et al., 2010). A presença de rochas alóctones ultramáficas é uma das principais características da geologia do NE de Portugal. Estas rochas ultramáficas estão dispersas em dois grandes maciços: Bragança e Morais. A altitude do Maciço de Bragança do Norte varia entre 600 e 1.060 m; é tudo incluído numa faixa climática supramediterrânica chuvosa e fria, sendo importante mencionar que uma área significativa do Maciço de Bragança faz parte do Parque Natural de Montesinho (Sequeira et al., 2010).

A geologia marcante do PNM, com uma grande variedade de afloramento rochosos (xistos, granitos, rochas máficas e ultramáficas, materiais sedimentares não consolidados), fez com que os solos se desenvolvessem em gradientes de altitude e condições climáticas variadas, como pode ser visualizado na Fig. 2 (Castro et al., 2010).

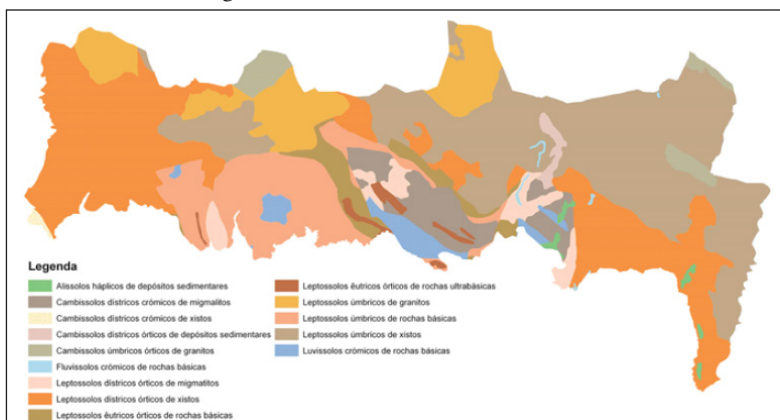


Fig. 2. Unidades de solos principais do Parque Natural de Montesinho. Fonte: (Castro et al., 2010).

O PNM constitui um património nacional e europeu, na medida que existem populações e comunidades animais representativas da fauna ibérica e europeia ainda em relativa abundância e estabilidade (por exemplo, lobo-ibérico *Canis lupus*, a águia-real *Aquila chrysaetus*, veado) incluindo espécies ameaçadas (ICNF, 2018).

A enorme diversidade da vegetação pode ser observada em percursos de poucos quilómetros, encontrando-se carvalhais, soutos, sardoais, bosques ripícolas, giestais, urzais, estevais, lameiros, etc. Os carvalhais situados no Parque, dominados pelo carvalho-negral *Quercus pyrenaica* fazem parte de um continuum que se prolonga até à serra da Nogueira, constituindo uma das maiores e mais importantes manchas desta espécie. A flora, é muito variada, devido à grande variabilidade geológica e climática que caracteriza esta zona, sendo de destacar as plantas que ocorrem em solos derivados de rochas ultrabásicas (ICNF, 2008).

Os matos ocupam amplos territórios do PNM, sendo os urzais, estevais e giestais predominantes. Eles ocorrem em distintas altitudes, em solos abandonados pela agricultura, orlas de bosques ou terrenos outrora ocupados por um bosque autóctone. Os matos são biótopos de extrema importância para diversas espécies da fauna selvagem (Aguiar, 2000). Por outro lado, representam um risco de suscetibilidade à incêndios florestais, uma vez que constituem combustível para a propagação de fogos.

Os fogos prescritos são uma prática de gestão comum na região do Mediterrâneo e podem ser uma alternativa para reduzir a quantidade de combustível e, consequentemente, diminuir o risco de incêndio florestal. No PNM, os fogos controlados são também utilizados pelas autoridades de gestão florestal, sendo previstos no Plano de Ordenamento do PNM (ICNF, 2008) como medidas de prevenção de incêndios. O envolvimento e colaboração de instituições de ensino é considerado importante nestas ações (ICNF, 2008), e neste sentido, alguns dos casos de estudo que tiveram participação da equipa do IPB são apresentados na sequência desta secção.

1.1. Parâmio

O distrito de Bragança, NE de Portugal, compreende extensas zonas de montanha sensíveis à degradação dos solos face às condições topográficas favoráveis à erosão, e à persistente ocorrência de incêndios

florestais. A aldeia de Parâmio (41° 53' N e 6° 5' O), inserida no PNM, é uma freguesia do concelho de Bragança. Em 2016, uma parcela foi atingida por um incêndio florestal (Fig. 3) e foi objeto de estudo posterior por Freitas, (2018) e Pereira, (2019).



Fig. 3. Parâmio: área ardida em 2016 (Fotos: Tomás de Figueiredo; 2018, esq., 2020, dir.)

Na área de estudo de Parâmio, os solos dominantes pertencem a classe Idom 1.1., Leptossolos dístricos órticos de magmáticos e gnaisses blastomynolíticos, sendo o horizonte A franco-arenoso e cascalhento, e o horizonte C formado por rocha desagregada em material grosseiro com uma profundidade a partir de 25 a 50 cm (Agroconsultores & Coba, 1991). De acordo com a COS 2007, na época do estudo, a vegetação predominante no Parâmio era constituída por matos densos. Trata-se ainda de uma zona situada na Terra Fria Transmontana, onde as temperaturas médias anuais são menores de 12°C (Agroconsultores & Coba, 1991).

Após o incêndio no verão de 2016, as amostras foram colhidas após 1 ano (2017) em 4 pontos na zona queimada e não queimada, totalizando 8 amostras, perturbadas e não perturbadas, na camada superficial do solo (0-5 cm) e profundidade superior a 5 cm. (Pereira, 2019) avaliou as propriedades físicas e químicas dos solos na zona ardida e não ardida, sendo: textura, densidade aparente (Dap), porosidade, capacidade máxi-

ma para a água (CMA), capacidade de campo (CC), macro e microporosidade, permeabilidade, matéria orgânica (MO), pH, Fósforo, Potássio, Alumínio, acidez de troca, soma de bases de troca (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) e grau de saturação de bases (GSB). A Tabela 1 apresenta um resumo da situação de evolução das propriedades do solo, tendo a área não ardida como referência para avaliar a recuperação da condição original de pré-incêndio.

Tabela 1. Evolução temporal das propriedades do solo após o fogo em relação à situação de referência pré-incêndio. Adaptado de Pereira, 2019.

Propriedades do solo	Profundidade	
	0-5 cm	> 5 cm
Matéria orgânica (MO)	-	-
pH H ₂ O	-	+
pH KCl	-	+
Fósforo (P ₂ O ₅)	+	-
Potássio (K ₂ O)	-	-
Soma de Base de Troca (SBT)	-	+
Acidez de Troca (AT)	=	-
Alumínio (Al ³⁺)	-	-
Capacidade de Troca Catiônica (CTCe)	-	+
Grau de saturação de base (GSB)	=	=
	Significativamente maior (+) ou menor (-) que a situação pré incêndio	
	Ligeiramente maior (+) ou menor (-) que situação pré incêndio, mas não estatisticamente significativa	
=	Igual ao valor da situação de referência (não ardido)	

Para as propriedades físicas avaliadas apenas na camada superficial (0-5 cm), houve diminuição na CMA, CC e microporosidade, e uma ligeira subida nos parâmetros Dap, porosidade total e macroporosidade; porém, nenhuma destas mudanças foi considerada estatisticamente significativa (Pereira, 2019).

Em Parâmio, potássio, soma de base de troca e a capacidade de troca catiônica apresentaram valores menores depois dos incêndios. Na profundidade maior que 5 cm, a matéria orgânica, o fósforo e o grau de saturação em base diminuíram pós-fogo, já o pH (H₂O) e o alumínio

aumentaram com ação do fogo. A destruição da MO devido aos incêndios reduz a capacidade de os cátions permanecerem retidos no complexo adsorvente, o que faz com que fiquem mais suscetíveis à lixiviação, em profundidade no perfil do solo ou pela água das chuvas, tendo como consequência principal um empobrecimento do solo em nutrientes (Mataix Solera, 1999). Em Parâmio o pH (H_2O) também aumentou e o fósforo e o potássio diminuíram. Ainda segundo (Pereira, 2019) a recuperação da maioria das propriedades físico-químicas do solo, em comparação com a área não ardida, foi um pouco mais rápida na camada superficial 0 - 5 cm isto é, interpretado como consequência da atividade biológica e os processos de meteorização que são mais pronunciados na superfície do que nas outras camadas do solo.

Em outra abordagem, (Freitas, 2018) determinou a estabilidade dos agregados na fração de partículas entre 1 e 2 mm, para a área ardida e não ardida de Parâmio. A crivagem das amostras seguiu um critério de duas classes, agregados maiores (partículas com dimensões entre 0,4 e 1mm) e menores (0,25 e 1mm), representado esta última a situação limite entre macroagregados ($>250\mu m$) e microagregados (20-250 μm). A estabilidade dos agregados foi determinada com auxílio de um estabilizador de agregados, equipamento que simula as forças mecânicas e físico-químicas de dispersão. Em movimentos lentos de subida e descida, gerados pelo equipamento, os agregados entram em contacto com água destilada e, em seguida, com uma solução de hexametáfosfato de sódio, possibilitando a dispersão dos agregados instáveis e estáveis, respetivamente.

Verificou-se que a estabilidade dos agregados foi significativamente superior na área não ardida em detrimento do estado ardido, fato associado aos impactos causados pelo fogo nas propriedades físico químicas do solo. Pode-se ainda confirmar a relação inversamente proporcional existente entre a Dap e a estabilidade de agregados na situação ardida ($r^2 = 0.471$), uma vez que após o fogo, geralmente ocorre um aumento da Dap em detrimento da obstrução dos poros por cinza e destruição e/ou redução do tamanho dos agregados (Freitas, 2018). Quanto as classes de agregados, constatou-se que a estabilidade da agregação foi significativamente superior na classe 0,25mm, resultado atribuído à presença de agregados mais ligados e mais estáveis.

Analisando a estabilidade de agregados em profundidade, a camada superficial (0-5 cm) revelou maior agregação do que o restante perfil

(>5 cm), o que autores atribuem a quantidade mais elevada de matéria orgânica na superfície, maior atividade biológica e concentração de raízes, sendo a MO considerada o principal agente de estabilização dos agregados do solo (Lehmann et al., 2017; Six et al., 2004).

1.2. Aveleda

No que concerne à área ardida, o distrito de Bragança é o segundo mais afetado do país segundo o 8º relatório provisório de incêndios rurais de 2020, com 6522 hectares, representado 10% do total de áreas ardidas em Portugal Continental no ano de 2020 (ICNF, 2020).

Inserida no Parque Natural de Montesinho, a aproximadamente 3 Km da fronteira com Espanha, situa-se a área de estudo designada “parcela de Aveleda”, assim denominada pela proximidade com a aldeia de Aveleda, cortada pelo rio Sabor. É uma área de planalto, com 800 m de altitude, cortada por vales profundos, com uma temperatura média anual de 12 °C e precipitação média anual em torno de 850 mm, concentrada de outubro a março (Agroconsultores & Coba, 1991). Os solos são Leptosolos úmbricos derivados de xistos, pedregosos de textura média, ácidos e com teor médio/alto de matéria orgânica na camada superficial (Agroconsultores & Coba, 1991; FAO/UNESCO, 1988).

Esta área apresenta um histórico de fogos controlados, sendo o primeiro deles realizado em 2011 e o segundo, 10 anos depois (2021). A parcela foi eleita como área estratégica de intervenções pelo ICNF devido à sua localização a nordeste da parcela, há um povoamento florestal de pinheiros (Fig. 4). A área de estudo era ocupada anteriormente por espécies de *Pinus pinaster*, mas em agosto de 1998 um incêndio destruiu parte do povoamento florestal. Desde então, a vegetação arbustiva invadiu a área e em 31 de março de 2011 foi aplicado o 1º fogo prescrito em cerca de 5 ha de matos, no âmbito do plano de gestão das parcelas de pinhal, com o objetivo de controlar a vegetação arbustiva e reduzir o risco de incêndio no remanescente florestal.

O primeiro fogo controlado realizado em 2011 na zona contou com acompanhamento da equipa de professores e investigadores do IPB e informações mais detalhadas poderão ser encontradas nos trabalhos publicados (Fonseca et al., 2017). Nesta ocasião, os efeitos do fogo prescrito nas propriedades do solo e na erosão do solo foram avaliados, antes do

fogo, dois, seis e trinta e seis meses depois do fogo. A Tabela 2 mostra um resumo das mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo nas várias datas de amostragem. Apesar da baixa intensidade do fogo, mudanças químicas no solo foram observadas. Trinta e seis meses após o incêndio, verificou-se que a matéria orgânica do solo, os valores de pH e condutividade elétrica foram semelhantes aos vistos antes do incêndio. Porém, o mesmo não foi verificado para os parâmetros das bases trocáveis, potássio e fósforo extraíveis e acidez trocável, cujos valores diferiram dos observados antes do fogo.



Fig. 4. Registro da parcela de Aveleda antes do fogo controlado, com destaque para o povoamento florestal de pinheiros ao fundo. Foto: João Assis, 2021.

Desde 2020, a parcela de Aveleda vem sendo objeto de continuidade de estudo pelo projeto TERRAMATER – Medidas Inovadoras de recuperação preventiva em áreas queimadas (0701_TERRAMATER_1_E), que tem como instituições parceiras a Universidade de Santiago de Compostela (USC), o Instituto Politécnico de Bragança (IPB), o Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), a Universidade do Minho e uma empresa espanhola, Recursos y Valorización Ambiental.

O consumo da cobertura vegetal pelos grandes incêndios e a consequente presença de grandes superfícies de solos nus, bem como a sua falta de proteção após os incêndios, incrementam o risco de erosão pós-

-incêndio para níveis muito elevados. O projeto TERRAMATER visa permitir a conceção, formulação e elaboração de emendas e fertilizantes organominerais para a recuperação de solos queimados, que incrementarão a resistência ao fogo e permitirão acelerar a restauração do ecossistema, evitando assim o avanço dos processos erosivos. Por outro lado, o uso destas emendas e fertilizantes em áreas queimadas impedirá o ataque de pragas nas áreas que não foram diretamente afetadas pelo incêndio (Terramater, 2021).

Tabela 2. Evolução temporal das propriedades químicas do solo após o fogo prescrito em relação à situação anterior ao fogo. Antes do fogo prescrito (BF), dois (2M), seis (6M) e trinta e seis (36M) meses após o fogo prescrito. Fonte: Fonseca et al., 2017.

Chemical properties	Depth								
	0 – 5 cm			5 – 10 cm			10 – 20 cm		
	2M	6M	36M	2M	6M	36M	2M	6M	36M
SOM	+	-	+	-	-	+	+	-	+
pH (H ₂ O)	+	+	=	+	+	-	+	+	-
P extractable	=	+	+	-	+	+	-	+	+
K extractable	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K ⁺	-	+	-	-	+	-	-	+	-
Na ⁺	-	=	=	-	+	-	-	+	-
SEB	-	-	-	-	+	-	-	-	-
EA	+	-	+	+	+	+	+	+	+
CEC	-	-	-	-	+	+	=	+	+
BS	-	+	-	-	+	-	-	+	-
Al ³⁺	+	+	+	+	+	+	+	+	+
EC	-	+	-	-	-	-	-	-	-

significativamente maior (+) ou significativamente menor (-) do que a situação pré-incêndio (BF).

ligeiramente superior (+) ou inferior (-) do que a situação pré-incêndio, mas não estatisticamente significativo.

SOM - matéria orgânica do solo; SEB - soma de bases trocáveis; EA - acidez trocável; CEC - capacidade trocável de cátions ; BS - saturação de base ; EC - condutividade elétrica.

Neste sentido, a partir de março do presente ano, esforços foram direcionados à parcela de Aveleda para a definição de pontos de amos-

tragem e avaliação de propriedades e fatores críticos antes e pós-fogo. O levantamento da biomassa e espécies arbustivas que existiam no local foi realizado por meio de voo drone e colheita de vegetação. Também foram avaliados a espessura do horizonte orgânico e as características dos solos, nas profundidades de 0-3, 3-6, 6-10 e 10-20 cm. As propriedades dos solos avaliadas englobam as físicas e as químicas, para citar algumas delas: densidade, permeabilidade, elementos grosseiros, estabilidade de agregados, matéria orgânica, nutrientes (macro e micro), metais pesados (Hg), dentre outros.

Em meados de março do ano de 2021, foi aplicado o fogo controlado, numa operação que contou com o planeamento e realização do ICNE, bombeiros e equipas de sapadores florestais. Durante o fogo controlado, foram registadas as temperaturas instantâneas da chama, do solo e a 5 cm abaixo do solo (Fig. 5). Após o incêndio, foi realizado um novo voo drone para registar a área afetada pelo fogo (Barroso et al., 2021). O resultado, juntamente com a situação pré-incêndio pode ser observado na Fig. 6.



Fig. 5. Fogo controlado e medição da temperatura do solo e da chama, com câmara termal. Foto: João Assis, 2021.

No dia a seguir à aplicação do fogo, e nos sucessivos 2 e 6 meses após o fogo, foram realizadas as colheitas de amostras de solo, sempre nos mesmos pontos, de forma a monitorizar e acompanhar a evolução do impacto e recuperação do fogo. Esta ação terá continuidade até 36 meses após o fogo, conforme realizado anteriormente em (Fonseca et al., 2017).

Logo a seguir ao fogo, também foram instaladas parcelas de erosão (4 m^2), que podem ser agrupadas em dois grupos: 4 parcelas em zona de

menor declive e 4 em zona de declive mais acentuado. A instalação das parcelas exige trabalho manual e minucioso, com posicionamento nivelado da frente de erosão e ligação de uma mangueira ao bidão que coletará o escoamento gerado pelos eventos de precipitação. Na Fig. 7 é possível visualizar um conjunto de parcelas de erosão e com detalhe a colheita dos sedimentos da frente de erosão de uma das parcelas. Esses sedimentos de frente são quantificados, crivados e separados em fração orgânica e mineral, e estarão sujeitos a mais análises laboratoriais. Por sua vez, os sedimentos em suspensão carregados pela água de escoamento, são coletados pelo bidão, e tanto a água como os sedimentos escoados são quantificados. No final, será possível estimar a perda de solo ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) de cada parcela.

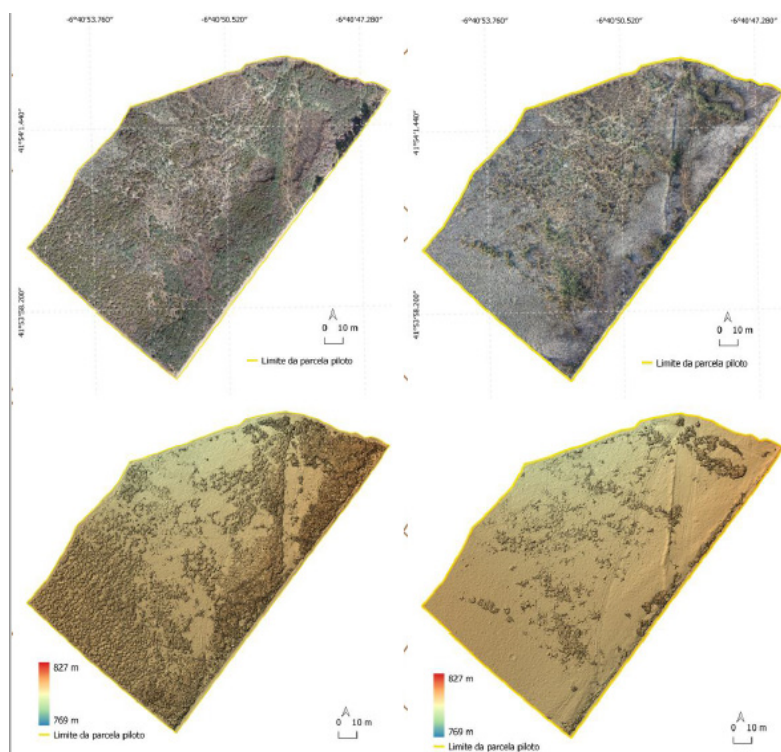


Fig. 6. Ortofotomapas e modelos digitais de superfície na área piloto de Aveleda, antes (esquerda) e logo após o incêndio (direita). Fonte: (Barroso et al., 2021).

No primeiro fogo prescrito, o escoamento superficial e a perda de solo foram monitorados em um conjunto de parcelas semelhantes parea-

das de 4 m² instaladas na área de estudo, durante 14 meses após o incêndio e as perdas anuais somadas equivalentes a 10,3 mm de escoamento superficial e 1,3 Mg ha⁻¹ de perda de solo. A Fig. 8 mostra a evolução temporal do escoamento e perdas de solo ao longo da monitorização realizada neste primeiro estudo (Fonseca et al., 2017).



Fig. 7. Parcelas de erosão e colheita de escoamento e sedimentos nas frentes das parcelas instaladas após o fogo na parcela de Aveleda. Foto: Ana Royer, 2021.

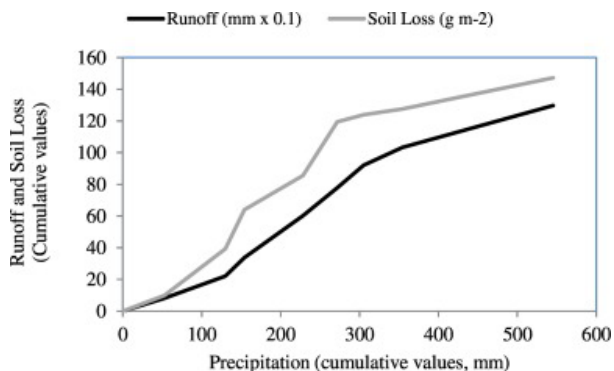


Fig. 8. Evolução temporal do escoamento e perda de solo ao longo do 1º fogo controlado: média de 6 parcelas de erosão durante 14 meses. Fonte: Fonseca et al., 2017.

Outra ação inovadora do projeto Terramater é a aplicação de tecnossolos em uma parte da parcela da Aveleda, assim como em algumas das parcelas de erosão. Os tecnossolos consistem em uma mistura de resíduos orgânicos e inorgânicos, sob influência antrópica, que buscam “criar” um solo com as mesmas funções biológicas, químicas e físicas de um solo natural, de forma a evitar e/ou reduzir a sua degradação. O seu uso tem sido crescente na remediação e recuperação das áreas contaminadas por mineração. Na Fig. 9, é possível visualizar a aplicação do tecnossolo sob a área ardida, ação que foi realizada em camadas de 5 e 10 cm. Espera-se em breve a divulgação destes resultados, estimam-se, promissores na mitigação do impacto das propriedades do solo e da vegetação e na redução da perda de solo por erosão.



Fig. 9. Aplicação de tecnossolo sob área ardida e parcela de erosão na área de estudo Aveleda. Foto: Ana Royer, 2021.

Além de todas as ações acima elencadas, ainda decorrem em paralelo a monitorização dos insetos da área ardida, margem e área não ardida, em busca dos efeitos de borda e impactos que o fogo tem nessa componente. Na Fig. 10 é possível visualizar uma armadilha de captura de insetos instalada na área queimada.



Fig. 10. Armadilha para captura de insetos. Foto: Ana Royer, 2021.

O estudo desenvolvido na área piloto de Aveleda é inovador, abrangente e multidisciplinar, envolvendo diversos atores regionais e interessados nas temáticas dos incêndios florestais. Dessa forma, será possível avaliar também o impacto da recorrência dos incêndios florestais e da resiliência dos recursos solo e vegetação, bem como a evolução da recuperação das áreas ardidas e a eficácia da aplicação de tecnossolos como medida de mitigação dos impactos dos incêndios florestais.

1.3. Análise global do efeito dos fogos controlados na parcela Aveleda

O fogo controlado é uma prática de manejo florestal comumente recomendada com o objetivo de controlar o acúmulo de combustível no sub-bosque dos povoamentos florestais ou no entorno coberto de arbustos, devido ao menor custo econômico em comparação com outras técnicas da gestão da vegetação. Esse controle é necessário para reduzir o risco de incêndio florestal. Isso é importante nas áreas montanhosas do Mediterrâneo porque o clima prevalecente durante os meses secos do verão gera condições perigosas de alto potencial para ignição e, portanto, a ocorrência e propagação do fogo dependem principalmente da quantidade de combustível e da sua continuidade espacial. Por outro lado, as áreas montanhosas mostram uma extensão cada vez maior de áreas não

gerenciadas, onde os estoques de combustível crescem descontroladamente, aumentando o risco de incêndio nas florestas gerenciadas vizinhas.

Por definição, os incêndios prescritos têm gravidade desprezível ou baixa, o que significa que os efeitos do fogo nos solos, principalmente estudados após incêndios florestais graves, não são realmente esperados. A investigação realizada numa área de matos, no Parque Natural de Montesinho, Portugal, onde foi aplicado fogo prescrito no âmbito do plano de gestão dos povoamentos de pinhal que crescem nesta área, mostrou que um período de trinta e seis meses não foi suficiente para anular a efeitos de um fogo prescrito de severidade efetivamente baixa nas propriedades químicas do solo. Com efeito, trinta e seis meses após o incêndio, persistem efeitos significativos em algumas propriedades do solo, nomeadamente na soma das bases trocáveis, alumínio trocável e nos teores de fósforo e potássio. Esses resultados, principalmente em relação às camadas de solo de 5 a 20 cm de profundidade do solo podem ajudar a desconstruir a ideia de que os efeitos do fogo se restringem à camada superficial do solo, na medida em que processos dinâmicos como a lixiviação são levados em consideração nas interpretações dos resultados. No entanto, a recuperação da maioria das propriedades químicas do solo, de forma a atingir os níveis anteriores ao fogo prescrito, foi mais rápida na camada superficial (0–5 cm) e isso é entendido como resultado da atividade biológica e dos processos de meteorização que são mais intensos na superfície do que nas camadas mais profundas do solo.

Embora os valores absolutos reportados em relação às variáveis indicativas de degradação física do solo (permeabilidade, escoamento e perda de solo) pelo efeito do fogo na área de estudo, não sejam expressivos, elucidam, porém, sobre a complexidade das respostas nos processos hidrológicos e do solo nestas condições. Além disso, e especialmente no que se refere à erosão hídrica, deve-se considerar o fato de que a condição inicial corresponde a solos delgados, já degradados em sua capacidade de suportar uma significativa cobertura vegetal capaz de proteger o solo. A forma sigmoide observada da curva de resposta à erosão à precipitação cumulativa ao longo do período de monitoramento (Fig. 8) mostra que a taxa inicial de perda de solo, após o fogo, diminui rapidamente para valores muito mais baixos e isso é explicado principalmente pela escassez de finos disponíveis para serem arrastados pelo escoamento superficial. Em áreas marginais ou degradadas como essas, de alta pedregosidade su-

perficial, a perda de solo medida não é alta, mas a escassez de finos na superfície aumenta sua importância em um ambiente tão frágil, como um fundo de fertilidade do solo necessário para a recuperação da vegetação e seus efeitos de feedback adicionais na proteção do solo.

As pesquisas realizadas também permitiram conhecer as taxas de recuperação do solo em áreas queimadas após incêndios leves. Embora a recuperação esteja em andamento e é mais rápida na camada superior do solo, após 36 meses a camada superficial do solo de 20 cm ainda não atingiu a condição anterior ao fogo. Em comparação com incêndios florestais severos, os incêndios prescritos têm impactos muito menores no solo, e este estudo não se concentrou realmente nos ativos amplamente comprovados desta prática de manejo florestal. Pelo contrário, chama a atenção para a elevada fragilidade das zonas marginais de montanha, onde ligeiros estresses ambientais provocam impactos significativos que podem durar muito tempo, visto que as lentas taxas de recuperação os deixam expostos a novos estresses.

2. Povoamentos florestais de espécies exóticas e autóctones (solo, serviços do ecossistema, incêndios)

2.1. Serra da Nogueira

O solo mineral e a biomassa das árvores são os maiores reservatórios de carbono, e a substituição de espécies florestais pode influenciar significativamente a quantidade de carbono armazenado nos diversos compartimentos que compõem os ecossistemas terrestres (biomassa, horizonte orgânico e solo mineral). O estudo de (Fonseca et al., 2019), realizado na Serra da Nogueira (NE Portugal) avaliou a influência da substituição da espécie *Quercus pyrenaica* (QP), que representa a vegetação clímax da Serra da Nogueira, NE de Portugal, pelas plantações de *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Pinus nigra* (PN) (espécies de crescimento rápido). Situada entre as altitudes de 1000 e 1150m, a vegetação autóctone QP ocupa cerca de 6000 ha da Serra da Nogueira, sendo uma das maiores áreas de QP em Portugal. Nas últimas décadas, uma parte da vegetação nativa foi substituída por espécies de crescimento rápido e exóticas (PM e PN), num processo em que os incêndios florestais foram agentes importantes da mudança.

Para estimar o impacto da reposição das espécies no armazenamento de carbono em quatro compartimentos (biomassa arbórea, biomassa herbácea, horizonte orgânico e solo mineral), três áreas de amostragem foram selecionadas em locais adjacentes com solo e condições climáticas semelhantes. A primeira área, coberta por *Quercus pyrenaica* (QP), representa o solo original. A segunda área está em um talhão de *Pseudotsuga menziesii* (PM) com 30 anos, e a terceira, sob *Pinus nigra* (PN), também com 30 anos (Fig. 11). Em cada área de amostragem, três parcelas de 314 m² foram definidos aleatoriamente, como círculos de raio de 10 m (seguindo procedimentos comuns em inventários florestais) e foram medidos a altura e o diâmetro na altura do peito de todas as árvores, a fim de caracterizar os talhões e estimar a biomassa das árvores. A vegetação herbácea e o horizonte orgânico foram coletados em áreas de 0,49 m² em 15 pontos sob cada espécie de árvore (5 por parcela). Nos mesmos pontos, amostras de solo perturbado e não perturbado foram coletadas nas profundidades de 0–5, 5–10, 10–15, 15–20 e 20–30 cm. Maiores

detalhes acerca da metodologia adotada podem ser consultados em (Fonseca et al., 2019).



Fig. 11. Imagens da área de amostragem de *Quercus pyrenaica* (QP), *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Pinus nigra* (PN) na Serra da Nogueira, respetivamente. Fonte: adaptado de (Carvalho, 2018).

Trinta anos após o clímax da substituição da vegetação, mais de 70% do carbono é armazenado na biomassa acima do solo: 71% (57 Mg C ha⁻¹), 72% (141 Mg C ha⁻¹) e 80% (91 Mg C ha⁻¹) para o QP, Espécies PM e PN, respetivamente (Fig. 12a). Os estoques de carbono na biomassa subterrânea de PM (55 Mg C ha⁻¹, equivalente a 1,8 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹) excederam o dobro do encontrado nos povoamentos PN e QP (23 Mg C ha⁻¹ para ambas as espécies). A contribuição dos estoques de carbono na vegetação herbácea para o carbono total armazenado é quase desprezível (0, 0,2 e 0,3% para as espécies PM, PN e QP, respetivamente, Fig. 12b), adicionando no sistema 0,48 Mg C ha⁻¹ em PN e 0,84 Mg C ha⁻¹ em QP.

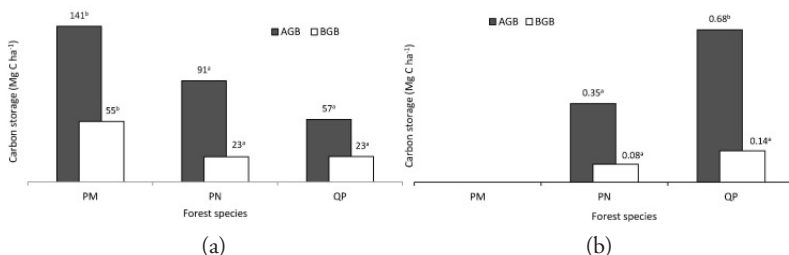


Fig. 12. Armazenamento de carbono na biomassa acima do solo (AGB) e abaixo do solo (BGB) das espécies florestais *Pseudotsuga menziesii* (PM), *Pinus nigra* (PN) e *Quercus pyrenaica* (QP). (b) Armazenamento do carbono AGB e BGB na vegetação herbácea. Os valores médios de cada componente da biomassa com a mesma letra não são significativamente diferentes ($p > 0,05$). Fonte: (Fonseca et al., 2019)

A matéria seca do horizonte orgânico acumulada na superfície do solo sob as três espécies é significativamente maior para PM (31,8 Mg ha⁻¹) e PN (27,1 Mg ha⁻¹), em comparação com QP (18,4 Mg ha⁻¹), quando se considera o Camadas orgânicas L, F e H juntas. Também os estoques de carbono em todo o horizonte orgânico (camadas L, F e H) foram significativamente maiores sob PM (11,1 Mg C ha⁻¹) e PN (13,1 Mg C ha⁻¹) do que QP (8,2 Mg C ha⁻¹), o que corresponde a um acúmulo adicional de 97 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e 163 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para espécies PM e PN, respetivamente, em comparação com QP.

A introdução de espécies PM e PN substituindo QP (vegetação climática) reduziu significativamente a concentração de carbono em todas as camadas do solo, como pode ser visualizado na Fig. 13. As diferenças significativas encontradas entre a conífera introduzida (PM e PN) e as espécies nativas de folha larga (QP) devem-se, a princípio, aos distúrbios do solo durante a instalação do povoamento de coníferas (PM e PN), que favoreceu a mineralização da matéria orgânica do solo, sendo a camada superficial (0-5 cm) a que sofreu mais perdas de carbono. Tendo em conta os valores de stock de carbono no solo e sabendo que a matéria orgânica é uma propriedade essencial na manutenção das propriedades do solo, e, consequentemente, na conservação de todo o ecossistema, a substituição de espécies pode estar a contribuir para a degradação temporária e a longo prazo do ecossistema (Fonseca et al., 2019).

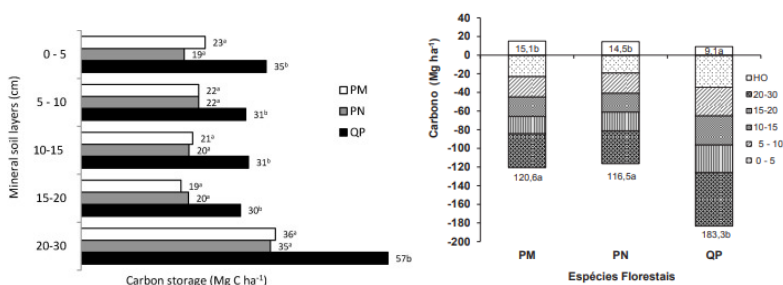


Fig. 13. Armazenamento de carbono em camadas de solo mineral das espécies florestais *Pseudotsuga menziesii* (PM), *Pinus nigra* (PN) e *Quercus pyrenaica* (QP). Os valores médios de cada camada de solo com a mesma letra não são significativamente diferentes ($p > 0,05$). Fonte: (Fonseca et al., 2019, 2018).

Analisando de forma global todo o sistema, os ganhos de carbono são observados na biomassa das espécies florestais e no horizonte orgânico

(1,3 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ em PN e 4,0 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ em PM) e perdas significativas foram registadas no reservatório de carbono do solo (cerca de 2,2 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹). O carbono total acumulado é significativamente maior em PM (331 Mg C ha⁻¹) em comparação com PN (246 Mg C ha⁻¹) e QP (273 Mg C ha⁻¹), que apresentam valores estatisticamente semelhantes.

Considerando a espécie QP como original, a Fig. 14 compara a variação do stock de carbono nos diferentes compartimentos das espécies avaliadas, constatando que no geral, houve uma subida nos stocks para espécie PM, e o contrário para PN. Os estoques de carbono na biomassa arbórea introduzida apresentaram um grande aumento após 30 anos de substituição da floresta nativa, uma vez que em QP representa 29% (80 Mg C ha⁻¹) do total, passando para 60% (196 Mg C ha⁻¹) em PM e para 47% (114 Mg C ha⁻¹) em PN. Nas espécies PM e PN e, principalmente em PM, os acréscimos de carbono proporcionados pela biomassa das espécies florestais e pelos horizontes orgânicos foram suficientes para compensar as reduções verificadas no solo até 30 cm de profundidade, atingindo valores semelhantes (PN) e significativamente superiores (PM) aos registados na situação original (QP) (Fonseca et al., 2018). Esse estudo também demonstrou que a biomassa das árvores e o solo mineral constituem os principais reservatórios de carbono nas espécies avaliadas da Serra da Nogueira (Fonseca et al., 2019).

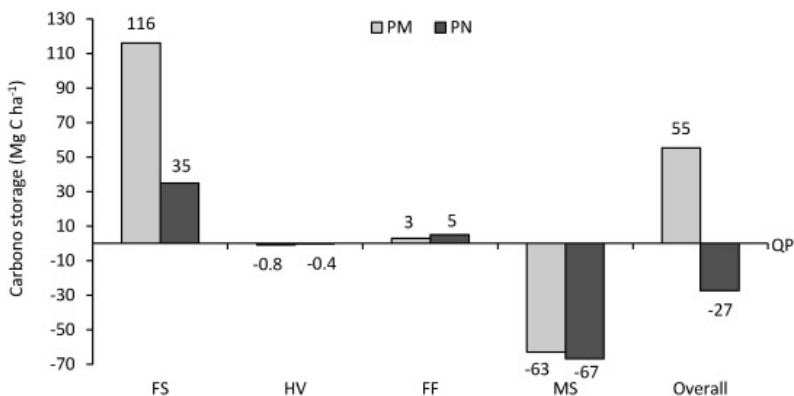


Fig. 14. Variação no conteúdo de carbono em todos os compartimentos de *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Pinus nigra* (PN) em comparação com o solo original (QP). Espécies florestais (FS), vegetação herbácea (HV), horizonte orgânico (FF) e camadas de solo mineral (MS). Fonte: Fonseca et al., 2019.

3. Lamas de Podence (Casa do Careto)

3.1. Geopark Terras de Cavaleiros



Fig. 15. Depressão de Santa Comba da Vilariça, com destaque para o vale da Vilariça entre as cadeias de montanhas. Foto: Ana Royer, 2021.

No Geopark encontra-se o Maciço de Morais, a maior área contínua de rochas ultrabásicas de Portugal, com rochas de mais de 540 milhões de anos, que fazem menção ao evento histórico do choque entre continentes e a consequente formação da cadeia montanhosa Varisca, iniciando o ciclo Varisco. O relevo da região é único, compreendendo a falha da Vilariça, que se desenvolve entre Bragança, Vilariça e Manteigas, numa extensão de 250 km. À formação do relevo está associado um grande acidente tectónico, onde ocorreu o levantamento de blocos como as Serras de Bornes (1199 m) e a Serra da Nogueira (1320m) e o abatimento de outros, como as depressões de Santa Combinha, Macedo de Cavaleiros e Vilariça (Fig. 15) (Geopark, 2021). No website do Geopark Terras de Cavaleiros é possível encontrar uma lista detalhada dos geossítios: <https://www.geoparkterrasdecavaleiros.com/pt-pt/geossitios>.

3.2. Caretos de Podence

Além do património geológico, encontra-se também nesta zona um notável património cultural: os Caretos de Podence, originários da al-

deia de Podence, no concelho de Macedo de Cavaleiros. Em 2019, foram declarados Património Cultural Imaterial da Humanidade pela UNESCO (ONU, 2019).

Todos os anos, durante o Carnaval, ocorre um dos eventos tradicionais mais importantes do norte de Portugal: as figuras “diabólicas” dos Caretos - rapazes mascarados com fatos de franjas de lã coloridas, máscaras de nariz pontiagudo feitas de lata ou couro e chocalhos à cintura -encarnam personagens misteriosas e percorrem as ruas da aldeia de Podence aos saltos, gritos e barulho dos chocalhos, e metendo-se com as pessoas que passam, sobretudo para “chocalhar” as raparigas. Na origem do carnaval ancestral, estavam associados à figura do “diabo à solta” e representavam os excessos, a euforia e a alegria permitidos nesta altura do ano, interrompendo os longos silêncios dos meses frios de inverno, celebrando também a fertilidade da primavera que se aproximava (ONU, 2019).

Dentro das festividades do Carnaval de Podence, também conhecido como Entrudo Chocalheiro, destacam-se o ritual dos “casamentos” ou “contrato de casamentos”, no Domingo Gordo, um momento de humor que visa “casar” todas as moças solteiras da terra e, na 3ª feira de Carnaval, o desfile e a cerimónia da Queima do Entrudo, que anuncia o final da festa (Fig. 16).



Fig. 16. Caretos de Podence trajados no ritual da queima do entrudo. Fonte: (Caretos de Podence, 2021).

Em 1985, os Caretos de Podence organizaram-se e transformaram o grupo numa associação cultural, com o objetivo principal de preservar este evento tradicional. Como símbolo da cultura do nordeste transmontano, os Caretos de Podence têm sido convidados a participar em vários acontecimentos culturais e recreativos, em Portugal e no estrangeiro. A história do grupo e desta tradição pode ser vista na “Casa do Careto”, um espaço museológico existente em aldeia, inaugurado em 2004. Nela podem ser visualizados os fatos, os chocalhos, as máscaras, as marafonas destas figuras enigmáticas, assim como telas da pintora Graça Morais e de Balbina Mendes (Caretos de Podence, 2021).

4. Parque Natureza do Azibo

A Paisagem Protegida da Albufeira do Azibo é um repositório de vegetação de importância nacional, acolhendo diversas espécies ameaçadas, possuindo um elevado valor paisagístico, e de património ambiental. A área protegida foi criada em 1999 e, com mais de 4000 hectares, é um caso de sucesso de desenvolvimento sustentável, uma vez que no parque são promovidas atividades de lazer e recreio em harmonia com a proteção ambiental, como trilhas, percursos em bicicleta, praticar desportos, se refrescar numa das praias fluviais, fazer piqueniques, dentre outras atividades (Fig. 17).

A grande diversidade faunística encontrada na Paisagem Protegida da Albufeira do Azibo é resultado de habitats aquáticos rodeados de carvalhais, bosques e montados de sobreiro e azinheira bem conservados e zonas agrícolas. É um importante local de apoio à migração de várias espécies, habitat para aves limícolas, zona de refúgio e alimentação para vários animais, peixes, mamíferos, autóctones ou não. Os bosques de sobreiro e de Azinheira são considerados um dos mais conservados de Portugal, e existem na forma densa sem intervenção humana como em montados de sobreiro e de azinheira.



Fig. 17. Panorama do Parque Natureza do Azibo em dia de verão. Fonte: (AZIBO, 2021).

Por estar inserida no Sítio de Morais (Rede Natura 2000) quase na sua totalidade, na área da Paisagem protegida existem ainda vestígios

arqueológicos de peças do Neolítico como o machado de pedra polida de Bornes, alabardas (um tipo de arma de cobre do período bronze antigo), um conjunto de artes rupestre da Idade do Bronze, a Fraga da Pegada, além da existência de castros na região (AZIBO, 2021).

Referências

- Agroconsultores & Coba. (1991). *Carta dos Solos, Carta do Uso Actual e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Aguiar, C. F. (2000). *Flora e vegetação da Serra de Nogueira e do Parque Natural de Montesinho* [Tese de Doutoramento]. Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior de Agronomia.
- AZIBO. (2021). *Paisagem protegida da Albufeira do Azibo (PPAA)*. <https://www.azibo.pt/>
- Barroso, A., Royer, A. C., Alves, L., Piovesan, E., Fernandes, M., Teixeira, B., Alves, D., Santos, P., Fonseca, F., Pamplona, J., Carvalho, M., Henriques, R., Hernandez, Z., Delerue-Matos, C., de, T., & Valente, T. (2021). *Deteção remota apoiada por veículos aéreos não tripulados (VANT) aplicada à monitorização de áreas sujeitas a incêndios florestais*. 1. <https://www.cisds2020.com/programa>
- Caretos de Podence. (2021). *Caretos de Podence*. <http://www.caretosdepodence.pt/casa-do-careto.html>
- Carvalho, A. L. de. (2018). *Efeito da substituição de espécies florestais no armazenamento de carbono em áreas de montanha da Região Mediterrânea* [Tese de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança]. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/17779>
- Castro, J., de Figueiredo, T., Fonseca, F., Castro, J. P., Nobre, S., & Pires, L. C. (2010). Montesinho Natural Park: General Description and Natural Values. In N. Evelpidou, T. Figueiredo, F. Mauro, V. Tecim, & A. Vassilopoulos (Eds.), *Natural Heritage from East to West: Case studies from 6 EU countries* (pp. 119–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01577-9_15
- FAO/UNESCO. (1988). *Soil Map of the World, Revised Legend, Amended 4th Draft*. Food and Agricultural Organization / United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Fonseca, F., de Figueiredo, T., Nogueira, C., & Queirós, A. (2017). Effect of prescribed fire on soil properties and soil erosion in a Mediterranean mountain area. *Geoderma*, 307, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.06.018>
- Fonseca, F., de Figueiredo, T., Vilela, Â., Santos, R., de Carvalho, A. L., Almeida, E., & Nunes, L. (2019). Impact of tree species replace-

- ment on carbon stocks in a Mediterranean mountain area, NE Portugal. *Forest Ecology and Management*, 439, 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.002>
- Fonseca, F., Figueiredo, T. de, Vilela, Â. M. A., Santos, R., Carvalho, A. L. de, Almeida, E., & Nunes, L. (2018). Impacto da substituição de espécies florestais no armazenamento de carbono em áreas de montanha da região mediterrânea. *Servicios ecosistémicos proporcionados por los suelos*, 594–597. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/18949>
- Freitas, D. A. (2018). *Estabilidade da agregação em áreas ardidadas e não ardidadas no Nordeste de Portugal: Um importante indicador da qualidade do solo* [Tese de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança]. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/18971>
- Geopark, T. de C. (2021). *Geologia | Geoparque Terras de Cavaleiros*. <https://www.geoparkterrasdecavaleiros.com/pt-pt/content/geologia>
- ICNF. (2008). *Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.
- ICNF. (2018). *HaBMonte Projeto de Prevenção Estrutural e Conservação de Habitats Naturais Protegidos e Espécies Prioritárias do Parque Natural de Montesinho. Memória Descritiva*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.
- ICNF, I. D. C. D. N. E. D. F. (2020). *8.º RELATÓRIO PROVISÓRIO DE INCÊNDIOS RURAIS - 2020*. Departamento de Gestão de Fogos Rurais /. <https://www.icnf.pt/api/file/doc/7218b448c991d725>
- Lehmann, A., Leifheit, E. F., & Rillig, M. C. (2017). Mycorrhizas and Soil Aggregation. In *Mycorrhizal Mediation of Soil* (pp. 241–262). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804312-7.00014-0>
- Mataix Solera, J. (1999). *Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales: Contribución a su conservación y regeneración* [Tesis doctorales, Universidad de Alicante. Departamento de Agroquímica y Bioquímica]. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/9988>
- ONU, U. (2019, December 13). *Caretos de Podence, de Portugal, são Patrimônio Imaterial da Humanidade da Unesco*. ONU News. <https://news.un.org/pt/story/2019/12/1697801>

- Pereira, A. X. (2019). *Propriedades físico-químicas dos solos em áreas ardidas de montanha do Nordeste de Portugal em diferentes fases de evolução pós-fogo* [Tese de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança]. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/19237>
- Sequeira, E., Aguiar, C., & Meireles, C. (2010). Ultramafics of Bragança Massif: Soils, Flora and Vegetation. In N. Evelpidou, T. Figueiredo, F. Mauro, V. Tecim, & A. Vassilopoulos (Eds.), *Natural Heritage from East to West: Case studies from 6 EU countries* (pp. 143–149). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01577-9_17
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Denef, K. (2004). A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1), 7–31. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.008>
- Terramater. (2021). *Terramater – Prevenção e recuperação de áreas queimadas*. <https://www.terramaterpoctep.eu/>

Publicação elaborada especificamente para acompanhamento da visita de estudo integrada no programa do II Seminário da Rede Incêndios-Solo (RIS) “Incêndios, Solo e Território: da ameaça à sustentabilidade”. Bragança, 13 a 15 de outubro de 2021.



Publicação com suporte financeiro do POCTEP - programa Interreg VA España-Portugal, através do projeto TERRAMATER “Medidas innovadoras de recuperación preventiva en áreas quemadas”.