

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

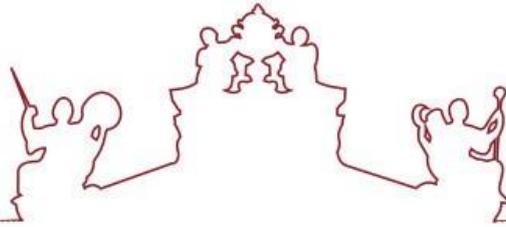
Cogumelos na Ecopista de Évora - diversidade de
macrofungos do solo

Cristina Isabel Velez Parreira

Orientador(es) | Celeste Maria Martins Santos e Silva

Évora 2020





Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

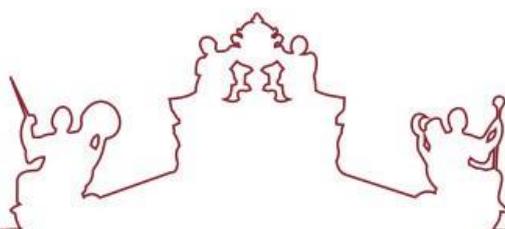
Dissertação

Cogumelos na Ecopista de Évora - diversidade de
macrofungos do solo

Cristina Isabel Velez Parreira

Orientador(es) | Celeste Maria Martins Santos e Silva

Évora 2020



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Paulo Alexandre Cunha e Sá de Sousa (Universidade de Évora)

Vogais| | Celeste Maria Martins Santos e Silva (Universidade de Évora) (Orientador)
Tânia Mesquita Nobre (Universidade de Évora) (Arguente)

Agradecimentos

A concretização do Mestrado em Biologia da Conservação termina com esta dissertação e foram dois anos e meio marcados por pessoas a quem dedico algumas palavras de agradecimento. Começo por agradecer à minha orientadora, Prof^a Dr^a Celeste Santos e Silva, por todo o profissionalismo, eficiência e conhecimento transmitidos no desenvolvimento desta etapa, e sem a qual não conseguiria desenvolver este trabalho. A todos os meus amigos, destacando os colegas de Mestrado, pela boa disposição, amizade, entreajuda. À minha família, sobretudo à família materna, principalmente à minha mãe e à minha irmã gémea, agradeço todo o incentivo e a confiança que depositaram em mim. Agradeço, ainda, ao meu pai que, infelizmente, já não está entre nós, por todo o auxílio e sacrifícios que fez para que eu e a minha irmã pudéssemos estudar. Agradeço, por fim, a todos os professores/investigadores/convidados no MBC13, pela transmissão de conhecimentos dados ao longo destes anos e que, certamente, me será muito útil na minha vida futura.

Índice

Resumo.....	1
Abstract.....	2
Introdução	3
Ecopistas, Ecopista de Évora e Habitats Associados.....	4
Cogumelos: usos diversos.....	5
Macrofungos Ectomicorrízicos e a sua Função nos Ecossistemas	12
Macrofungos Sapróbios e a sua Função nos Ecossistemas	13
Declínio e Ameaças à Diversidade de Macrofungos	14
Livro Vermelho de Fungos e Proteção de Macrofungos na Europa	15
Objetivos.....	19
Metodologia	19
Área de Estudo	19
Resultados	22
Discussão de Resultados.....	34
Conclusão e Considerações Finais.....	36
Referências.....	37
Anexos	43

Cogumelos na Ecopista de Évora - diversidade de macrofungos do solo

Resumo

É de extrema importância executar ações de educação ambiental em áreas citadinas de modo a sensibilizar as populações sobre a importância da conservação de macrofungos. Neste sentido, este trabalho visa documentar a diversidade macrofúngica da Ecopista de Évora, assim como caracterizar os locais mais micodiversos. Este trabalho, que decorreu entre fevereiro de 2018 e fevereiro de 2019, realizou-se na Ecopista de Évora, que foi dividida em 4 troços, e o foco foram os macrofungos do solo (espécies ectomicorrízicas e sapróbias). Assim, após a quantificação dos espécimes de macrofungos e análise das diferenças entre os troços selecionados e três estações climatológicas (primavera 2018, outono 2018 e inverno 2018/2019), concluiu-se que o troço 4 foi aquele com maior registo de espécies e exemplares totais e o outono e o inverno foram as estações mais favoráveis à observação de macrofungos.

Palavras-chave: Percursos Micológicos, Macrofungos, Ectomicorrízicos, Sapróbios, Conservação.

Mushrooms in Ecopista of Évora - soil macrofungal diversity

Abstract

Environmental education actions are of utmost importance in order to raise people awareness for macrofungal conservation. In this sense, this work aims to document the macrofungal diversity of Évora Ecopista, as well as to characterize the most mycodiverse sites. This study was conducted between February 2018 and February 2019, at 4 sections of Évora Ecopista, and focused on soil macrofungi (ectomycorrhizal and saprotrophic species). Thus, after quantifying the macrofungal specimens and analysing the differences between the selected sections and three climatological seasons (spring 2018, autumn 2018 and winter 2018/2019), it was concluded that section n. 4 was the one with the largest record of species and specimens and autumn and winter were the most favourable seasons for macrofungi observation.

Keywords: Mycological Pathways, Macrofungi, Ectomycorrhizal, Saprobies, Conservation.

Introdução

Desde sempre que o Homem explorou os recursos que a natureza disponibiliza. No entanto, com a expansão demográfica dos últimos anos, a gestão dos recursos do planeta e a valorização da natureza são grandes desafios para a conservação. Um dos recursos explorados pelo ser humano são os macrofungos, cuja relação com o Homem data desde a Pré-História (Chang & Miles, 2004). Entende-se por macrofungos os fungos que possuem estruturas reprodutoras macroscópicas e passíveis de serem colhidas, vulgarmente designadas por cogumelos. Cada espécie de macrofungo produz um cogumelo com características particulares que permitem, na maioria dos casos, uma determinação até à espécie.

As estratégias para o desenvolvimento do ecoturismo abrangem a conservação e a manutenção da biodiversidade e do património cultural (Rua & Albuquerque, 2009). Algumas estratégias preveem a execução de ações de educação ambiental, dirigidas às populações rurais e citadinas (Kausar *et al.*, 2013), de modo a fortalecer a ligação da sociedade com a natureza e dar a conhecer espécies que estão ameaçadas e em risco de extinção. Assim, é necessária uma maior sensibilização às populações citadinas, pois estas encontram-se mais afastadas do meio rural e têm uma perceção reduzida dos rendimentos adquiridos da natureza. Posto isto, é de extrema importância executar ações de educação ambiental em áreas citadinas, como escolas e locais de visitação.

Neste contexto, este trabalho pretende sensibilizar e alertar as populações sobre a importância da conservação de macrofungos. As ecopistas são áreas excelentes para se proceder a esta sensibilização, uma vez que são áreas naturais onde o ser humano contacta com várias espécies de macrofungos. Esta abordagem pode ser considerada uma inovação na medida em que nenhum trabalho realizado em ecopistas teve objetivos tão direcionados para a conservação de macrofungos. O caso concreto deste trabalho é a Ecopista de Évora, uma antiga ferrovia que liga inúmeros pontos da cidade de Évora, e o foco deste estudo são os macrofungos do solo, em particular as espécies micorrízicas e sapróbias. Enquanto o primeiro grupo se refere a macrofungos mutualistas com plantas e que presumivelmente serão encontrados em número superior em

locais com mais espécies vegetais, o segundo grupo engloba macrofungos decompositores de matéria orgânica, maioritariamente com mecanismos de dispersão de esporos muito eficazes, o que lhes confere melhor adaptação ruderal. Assim, percorreu-se a Ecopista de Évora, ao longo de troços urbanos e citadinos, e, após a quantificação dos espécimes de macrofungos e da análise da sua distribuição, procurou-se encontrar indicadores para a mesma, analisar as diferenças entre os troços selecionados e identificar os locais com maior diversidade micológica. Esta última ação tem como principal objetivo, propor a sinalização desses locais para promover a literacia micológica dos visitantes da Ecopista.

Ecopistas, Ecopista de Évora e Habitats Associados

As Ecopistas são trajetos reservados a deslocações não motorizadas (percorridas a pé ou de bicicleta), que permitem o contacto direto com a natureza, desempenhando uma função essencial no desenvolvimento de atividades de lazer, dando a conhecer pontos de interesse histórico e sensibilizando para a valorização de sistemas naturais. Desta forma, podemos considerar a Ecopista um local propício para atividades de ecoturismo, pese embora a pouca informação existente sobre espécies e ecossistemas. Seria importante reforçar esta componente, nomeadamente com colocação de sinalética apropriada, pois o ecoturismo pode desempenhar um papel importante na transmissão de informação às populações, consciencializando-as para a prática da conservação da natureza (Brandão *et al.*, 2011).

A Ecopista de Évora corresponde a uma antiga linha férrea restaurada, destacando a existência de edifícios históricos que atraem as populações locais, como é o caso da antiga Fábrica dos Leões, agora Pólo Universitário de Arquitetura. Portanto, a Ecopista constitui uma ligação física entre diferentes partes da cidade, salientando que, muitas vezes, é mesmo o único percurso com as condições necessárias à circulação quotidiana (Gonçalves *et al.*, 2013).

Nesta Ecopista predominam sistemas de montado e, pontualmente, surgem áreas de olival e de vegetação ripícola, sendo que as áreas de montado são reconhecidamente mico-diversas. Este facto representa um dado importante na criação de medidas mitigadoras de impactos referentes à exploração deste

ecossistema, bem como à proteção e sustentabilidade ecológica do sobreiro, um dos principais hospedeiros de macrofungos nesta região (Monteiro *et al.*, 2010).

As características do clima mediterrâneo (verões quentes e secos e invernos muito frios e rigorosos) e os solos pouco férteis tornam o montado um ecossistema muito particular. Este ecossistema está sujeito à ação humana e é o habitat mais comum no Alentejo e, de modo geral, de todo o Sudoeste da Península Ibérica (Olea & San Miguel-Ayanz, 2006). Teve a sua origem em bosques mediterrâneos (Pinto-Correia *et al.*, 2013) que o Homem transformou para dele obter diversos rendimentos, sendo um dos principais a cortiça (Silva & Catry, 2006). Portanto, é um sistema agro-silvo-pastoril (Pinto-Correia & Godinho, 2013), onde dominam árvores do género *Quercus* sob as quais existe um sub-coberto arbustivo e/ou herbáceo de proporções variáveis (Figura 1). A variedade de nichos ecológicos e de microhabitats presente no montado fazem dele um hotspot de biodiversidade (Pinto-Correia *et al.*, 2013).



Figura 1 – Área de montado na Ecopista de Évora.

Cogumelos: usos diversos

Maioritariamente, é devido ao uso culinário que surge o interesse pela micologia, sobretudo na cultura ocidental. Espécies como *Agaricus bisporus* ou *Boletus edulis*, entre outras, são exemplos de espécies comestíveis. Em Portugal, Trás-os-Montes e Beira Interior são as regiões onde esta prática está mais consolidada. Para além de saborosos, os cogumelos são ricos em água e vitaminas, entre outras substâncias benéficas ao ser humano, sendo que Furlani

& Godoy (2007) demonstraram que os hidratos de carbono são os principais constituintes nutricionais dos cogumelos.

Neste contexto, o consumo de cogumelos alucinogénios, comumente conhecidos por cogumelos mágicos, é um tema controverso, embora um estudo realizado nos Países Baixos tenha concluído que a dependência psicológica destes cogumelos era baixa e o consumo relativamente seguro (Amsterdam *et al.*, 2011).

No entanto, é de salientar que muitas espécies de macrofungos são tóxicas, algumas letais (Figura 2) (Brandão *et al.*, 2011). Várias análises documentam que muitos envenenamentos fatais são causados por cogumelos que contêm amatoxinas. Contudo, a eficácia dos tratamentos para combater estes envenenamentos foi testada rigorosamente (Diaz, 2018).



Figura 2 – *Amanita phalloides* (Secr, 1833) é uma das espécies de macrofungos mais letais (Diaz, 2018).

No tratamento de intoxicações por cogumelos, concretamente na denominada Síndrome Hepatotóxica, que causa insuficiência hepática, destaca-se a existência de três fármacos que parecem ter efeitos benéficos. No entanto, e visto que não existe nenhum teste que indique a comestibilidade de um cogumelo, prevalece a opinião de que estas intoxicações são patologias pouco conhecidas, e um diagnóstico errado ou uma deteção tardia pode realmente ditar a morte (Brandão *et al.*, 2011).

Contudo, a recolha de cogumelos silvestres comestíveis para fins comerciais e recreativos tem sido de tal modo explorada que alguns países

(como Itália e Áustria) foram obrigados a introduzir leis de modo a salvaguardar o património micológico (Senn-Irlet *et al.*, 2007).

Existem estudos que revelam que alguns cogumelos têm diversas propriedades medicinais. Destaca-se, por exemplo, os compostos bioativos purificados que são uma fonte de agentes anticancerígenos (Sullivan *et al.*, 2006) e o facto de, em 1981, um dos principais compostos antimicrobianos ter sido isolado pela primeira vez a partir do macrofungo *Crepidotus epibryus* (Quéll, 1888) (Ishikawa *et al.*, 2012). Na África oriental são utilizados cogumelos silvestres, em concreto a espécie *Geastrum triplex* (Jungh, 1840), no tratamento de infeções diversas, para estancar feridas e atenuar dores abdominais (Tibuhwa, 2012).

Macrofungos: Morfologia e Ecologia

Os macrofungos, uma das mais misteriosas formas de vida (Sesli & Tüzen, 1999), são um dos grupos de organismos mais ricos e diversificados da Terra, constituindo uma parte significativa dos ecossistemas terrestres, onde são frequentemente elementos chave nos processos do ecossistema, nomeadamente nos ciclos de nutrientes, em particular na disponibilização de macro e micronutrientes para as plantas (Molina, 1993).

O aparecimento dos primeiros fungos data do período Silúrico, há mais de 400 milhões de anos, na Era Paleozóica. Contudo, foi há 300 milhões de anos que ocorreu uma grande diversificação dos fungos (Chang & Miles, 2004). Sendo um grupo tão diverso e, ao mesmo tempo, pouco estudado, a filogenia e a taxonomia de muitas espécies foram constantemente alteradas. Contudo, atualmente as técnicas de biologia molecular permitem esclarecer algumas situações (Senn-Irlet *et al.*, 2007).

A maioria dos macrofungos pertencem às divisões *Ascomycota* e *Basidiomycota*. Estas divisões distinguem-se, principalmente, pelas estruturas onde são formados os esporos, pois em *Ascomycota*, os esporos (ascósporos) são produzidos nos ascos, estruturas em forma de saco (Schoch *et al.*, 2009), e em *Basidiomycota* os esporos (basidiósporos) são produzidos numa célula modificada, externamente, em estruturas em forma de bastão designadas de basídios (Stolze-Rybczynski *et al.*, 2009).

Estes organismos apresentam as mais diversas formas morfológicas, sendo que muitos apresentam píleo e estipe e são os comumente designados por “cogumelos de pé e chapéu”, enquanto outros não possuem estas estruturas. Os macrofungos que possuem píleo e estipe contêm características macroscópicas que auxiliam na sua identificação, como a coloração e o tipo de himénio (lâminas, pregas, poros ou agulhas), a morfologia e a textura do píleo e a presença ou ausência de anel e/ou volva e/ou véu/cortina. Além disso, alguns cogumelos têm ornamentações, como escamas, no pé, no chapéu e por vezes no anel (Figura 3).



Figura 3 – *Tricholoma sulphureum*, recolhido e fotografado na Ecopista de Évora.

No subgrupo de macrofungos que não possuem píleo nem estipe estão incluídos os macrofungos que contêm os esporos em estruturas fechadas, dependendo a sua libertação de forças externas (como, por exemplo, a ação de diversos animais) (Ishikawa *et al.*, 2012). Os macrofungos gasteróides (gasteromicetes) pertencem a este subgrupo e derivam de várias linhagens de *Hymenomyces* (a maior divisão em *Basidiomycota*), assemelhando-se morfológicamente entre si (Hibbett *et al.*, 1997). Assim, este é um grupo polifilético, de formas secotióides, que se pensa que seja uma forma de adaptação a climas xéricos (Figura 4).



Figura 4 – *Astraeus hygrometricus*, um exemplar de gasteromicete, recolhido e fotografado na Ecopista de Évora.

Quando os macrofungos formam esporos acima da superfície do solo denominam-se epígeos, e quando os esporos amadurecem abaixo da superfície do solo, hipógeos (Sunhede, 1989). Depois da maturação os esporos são libertados e ocorre a sua dispersão pelo vento, pela água ou por animais, sucedendo-se a fase de germinação, originando-se um conjunto de hifas que colonizam um determinado habitat, dependendo da espécie que as originou (Nusbaumer *et al.*, 2015).

Estes organismos são heterotróficos por absorção, podendo ser globalmente classificados em três grandes grupos: a) sapróbios (decompositores de matéria orgânica), b) mutualistas (micorrízicos com plantas ou simbiontes de outros seres fotossintéticos) e c) parasitas (alojam-se em organismos vivos, dos quais obtêm a energia e os nutrientes que necessitam, provocando lesões diversas que podem ocasionar a morte do hospedeiro) (Thorn & Barron, 1984; Jasalavich *et al.*, 2000; Senn-Irlet *et al.*, 2007; Monteiro *et al.*, 2010). Este último grupo contribui para a diversidade de habitats nas florestas, pois causam a morte de certas espécies arbóreas possibilitando que, mais tarde, os troncos dessas árvores sejam habitados por outros organismos (O`Dell *et al.*, 1994).

O estudo de Santos-Silva *et al.* (2011) mostrou que, nos montados do sul de Portugal, os macrofungos micorrízicos, geralmente, preferem sombras oferecidas pela projeção das copas das árvores. O contrário se verificou para os sapróbios. Também Pinto-Correia *et al.* (2018) demonstraram que, de modo

geral, a presença de macrofungos micorrízicos está negativamente associada ao pastoreio intensivo.

Os habitats influenciam a ocorrência de macrofungos, pois existem espécies mais generalistas, ou seja, menos exigentes em termos de requisitos de habitat, e outras mais especialistas, que aparecem em locais restritos (Santos-Silva, 2007). A título de exemplo, alguns macrofungos parasitas conseguem sobreviver como sapróbios após a morte dos hospedeiros (Lisiewska, 1992). Também a competição com outras espécies influencia a presença ou ausência de certos organismos, na medida em que muitas espécies competem pelo mesmo hospedeiro (Guidot *et al.*, 2002).

Os macrofungos variam na sua produtividade e fenologia. Na região mediterrânea, muitos frutificam exclusivamente no outono e alguns apenas na primavera. A época de frutificação é influenciada pelas características genéticas da espécie e por fatores abióticos (como as condições de temperatura e humidade do solo) (Cázares *et al.*, 1999). A capacidade de um macrofungo crescer e frutificar, ou seja, produzir cogumelos, está relacionada com as características da parte vegetativa, designada do micélio (que consiste no conjunto de hifas que forma o fungo e está totalmente imergido no substrato) (Sales-Campos *et al.*, 2008; Andrade *et al.*, 2010). Segundo diversos autores, a temperatura é um dos fatores que mais influencia o crescimento micelial, destacando-se outros como a disponibilidade de nutrientes e o pH do substrato, e, em condições favoráveis, os micélios de indivíduos de certas espécies podem atingir dimensões consideráveis, até mais de 50 metros (Arnolds, 1992a). Os macrofungos micorrízicos participam pouco na decomposição da matéria orgânica, mas o seu micélio, muitas vezes, penetra no solo mineral a grande profundidade (Bujakiewicz, 1992).

Pode considerar-se que, globalmente, existem dois grupos de macrofungos que apresentam estratégias de sobrevivência opostas: o primeiro, engloba os fungos cujos micélios apresentam um crescimento mais lento, mas persistente - sendo que muitos estão associados a espécies vegetais - e só frutificam quando as condições externas e internas lhes são favoráveis; o segundo, inclui fungos que evoluíram de modo a desenvolver micélios com vida curta e esporulação abundante - e muitos são sapróbios - podendo colonizar diversos substratos. Este grupo mostra maior adaptação ruderal, o que indica que têm facilidade em

surgir em locais com distúrbios, como o fogo e a ação antropogénica, pois possuem meios eficazes de dispersão e absorção de nutrientes (Gams, 1992) (Figura 5).



Figura 5 – *Volvopluteus gloiocephalus* foi das espécies mais encontradas em áreas com perturbação antrópica, na Ecopista de Évora.

Vários estudos demonstram que a produção de esporocarpos é superior em áreas não perturbadas, contrariamente a áreas onde ocorre algum tipo de intervenção. Contudo, esta situação não é generalizável, pois sabe-se que algumas espécies de macrofungos frutificam em maior número em zonas intervencionadas, o que indica que esses organismos são estimulados pela alteração das condições abióticas (radiação, oxigenação, aumento da disponibilidade de nutrientes e/ou matéria orgânica). Por exemplo, um estudo realizado na Holanda sugere que algumas espécies, em particular macrofungos coprófilos, são estimuladas pela presença de dejetos de origem animal, frutificando abundantemente em locais usados para pastoreio (Arnolds, 1992b).

Realizar amostragens eficazes de macrofungos é um trabalho dispendioso, não só ao nível de recursos humanos, mas também em tempo empregue para atingir os objetivos pretendidos. Para tal, é considerado mais eficiente dividir um local em microhabitats e realizar subamostragens para grupos específicos de certos substratos (O`Dell *et al.*, 1994). Outros aspetos complexos no estudo dos macrofungos são a determinação à espécie dos exemplares, que requer longa experiência dos investigadores (Nusbaumer *et al.*, 2015), e a sua monitorização devido à elevada riqueza de espécies e forte dependência das condições climáticas (Dahlberg & Croneborg, 2003). Mais ainda, a curta duração da maioria dos esporocarpos leva a que, durante as amostragens, grande parte dos

macrofungos não sejam detetados. A duração do micélio é imensamente superior à dos esporocarpos e é limitada pelo substrato disponível e pela presença de micélios competidores. Acrescente-se que, como o micélio está oculto no substrato, distinguir e contar o número de indivíduos é algo extremamente impreciso, pois os cogumelos encontrados podem pertencer a indivíduos diferentes ou, contrariamente, podem surgir do mesmo micélio. Exceção feita para os casos de anéis de fada, constituídos por cogumelos que frutificam em grupo, formando um círculo/anel. Estes cogumelos têm origem num único micélio que cresce radialmente (Peter, 2006).

Por conseguinte, para realizar amostragens e identificar macrofungos é necessária informação sobre o habitat das espécies, ecologia, identificação das potenciais plantas hospedeiras de macrofungos micorrízicos e possíveis substratos para sapróbios. Uma análise laboratorial detalhada de espécimes amostrados permite elaborar uma descrição macroscópica e microscópica completa, anotações relativamente ao cheiro, reações a certos químicos e cor dos esporos, o que facilita a determinação à espécie (Nusbaumer *et al.*, 2015).

Macrofungos Ectomicorrízicos e a sua Função nos Ecossistemas

Existem evidências de que alguma vegetação ancestral já possuía micorrizas, o que indica que os fungos micorrízicos e as plantas passaram por um processo de co-evolução. Os macrofungos ectomicorrízicos estabelecem relações de simbiose com as plantas hospedeiras (Hibbett & Matheny, 2009), envolvendo as células vivas das raízes das plantas sem as penetrar. Na zona ectomicorrizada, os pêlos radiculares estão ausentes ou muito reduzidos, sendo as hifas que desempenham a sua função. As ectomicorrizas têm a particularidade de serem facilmente detetadas devido às modificações ao nível do crescimento e morfologia das raízes, resultantes da interação fungo-planta (Souza *et al.*, 2006).

As associações ectomicorrízicas são comuns em plantas lenhosas, como por exemplo árvores da família dos carvalhos (*Fagaceae*) e pinheiros (*Pinaceae*), estimando-se que pelo menos 5.000 espécies de fungos estão envolvidas em associações ectomicorrízicas, com diferentes graus de especificidade, e distribuídas sobretudo por florestas de regiões temperadas e tropicais (Souza *et al.*, 2006; Tsiaras & Domakinis, 2013).

Este grupo de macrofungos tem um papel ecológico muito importante, pois são indicadores do bom estado de conservação de ecossistemas e fornecem às plantas hospedeiras vários recursos, como água e nutrientes. Os benefícios resultantes desta interação proporcionam um melhor crescimento às plantas, dando-lhes a possibilidade de se estabelecerem em locais hostis ao seu crescimento (Souza *et al.*, 2006). Por outro lado, as plantas hospedeiras, geralmente espécies arbóreas ou arbustivas, fornecem aos fungos a matéria orgânica necessária ao seu desenvolvimento, fruto da sua atividade fotossintética (Nusbaumer *et al.*, 2015).

Algumas evidências sugerem que o micélio de espécies que estabelecem micorrizas tem um valor ecológico muito maior do que se possa pensar. Um exemplo disso é o estudo de Babikova *et al.* (2013), que demonstrou que favas silvestres (*Vicia faba*, L.) utilizam a rede miceliar comum para alertar as plantas adjacentes de ataques precoces de insetos.

Macrofungos Sapróbios e a sua Função nos Ecossistemas

Os fungos sapróbios absorvem moléculas resultantes da decomposição de matéria orgânica. Deste modo, desempenham um papel importante na reciclagem de nutrientes no meio ambiente, pois possuem a capacidade de reconverter os tecidos mortos, como detritos lenhosos, em compostos mais simples, que são reabsorvidos pelas plantas desse ecossistema (Molina, 1993). Contudo, a rapidez com que essa matéria se decompõe leva a que muitos sapróbios procurem novos habitats frequentemente (Winterhoff, 1992).

Os sapróbios podem ter diferentes graus de especialização, consoante o substrato que ocupam (húmus, folhas caídas, troncos de árvores, restos de ervas ou excrementos de animais, entre outros) (Lisiewska, 1992). Neste contexto, de modo geral, é possível dividir os macrofungos sapróbios em três subgrupos, dependendo do substrato que ocupam: humícolas (decompõem a manta morta do solo), lignícolas (decompõem material lenhoso) e coprófilos (decompõem materiais ricos em azoto e são encontrados mais facilmente em áreas de pastoreio) (Bujakiewicz, 1992).

Algumas espécies de fungos sapróbios sobrevivem aos períodos de stress hídrico, aguardando épocas mais favoráveis para frutificarem e libertarem os esporos (Nusbaumer *et al.*, 2015). Ágreda *et al.*, num estudo efetuado em Sória

(Espanha) (2015) observou que, num pinhal, a abundância de fungos sapróbios está positivamente correlacionada com a temperatura média de março, setembro e dezembro e com precipitação acumulada de julho. Por outro lado, está correlacionada negativamente com a precipitação de fevereiro e março. Demonstra ainda que, de modo geral, este grupo de macrofungos possuem uma época de frutificação mais longa comparativamente aos ectomicorrízicos.

Declínio e Ameaças à Diversidade de Macrofungos

Na Europa, sobretudo no sul e oeste europeu, a partir da década de cinquenta, a intensificação e alteração do uso do solo, particularmente na silvicultura e na agricultura, tornou-se a principal causa de declínio da diversidade de macrofungos (Senn-Irlet *et al.*, 2007).

Regista-se um elevado número de associações de macrofungos com espécies vegetais florestais, fruto do longo período de evolução dos macrofungos nas florestas. Contudo, a influência humana nas florestas europeias mudou drasticamente as condições destes sistemas e a perda de habitat, causada pelo Homem, levou ao declínio de macrofungos. Outras causas de declínio são a poluição do solo, na medida em que a contínua eutrofização modifica a composição das comunidades fúngicas, principalmente as ectomicorrízicas, e as alterações climáticas, que alteram o período de frutificação destes organismos (Senn-Irlet *et al.*, 2007).

Existem alguns estudos concretos referentes ao declínio de macrofungos. Um trabalho realizado na Suécia demonstra que os habitats semi-naturais e as florestas boreais são exemplos de habitats com maior número de macrofungos ameaçados. Isto deve-se, provavelmente, à redução da madeira nas florestas suecas durante o último século que levou à diminuição de vários substratos passíveis de serem utilizados por estes seres vivos (Rydin *et al.*, 1997). Em Portugal, o desconhecimento relativamente aos macrofungos conduz à implementação de medidas de gestão que rentabilizam a área económica em detrimento da área da conservação como, por exemplo, a remoção de camadas orgânicas, a remoção do sub-coberto e a introdução de gado, medidas prejudiciais para muitos destes organismos (Figura 6) (Santos-Silva, 2007).



Figura 6 – Pastoreio em montado, no sul de Portugal (Pinto-Correia & Godinho, 2013).

Livro Vermelho de Fungos e Proteção de Macrofungos na Europa

Os fungos são um grupo com necessidades próprias de conservação (Senn-irlet & Havoyva, 2010). Este grupo encontra-se muito ameaçado e verifica-se uma diminuição na diversidade de macrofungos ectomicorrízicos desde a década de 1950 (O`Dell *et al.*, 1994).

Mueller *et al.* (2004) mencionou que um dos maiores constrangimentos aos estudos de macrofungos é a escassez de taxonomistas que se dediquem a este grupo. Atualmente, este facto ainda se comprova e a pouca informação sobre tais organismos, relativamente a outros seres vivos, leva a que apenas algumas espécies sejam incluídas em herbários, dificultando a identificação de muitas espécies e, conseqüentemente, a maioria dos macrofungos observados são identificados unicamente ao nível do género (Nusbaumer *et al.*, 2015).

Para garantir a diversidade de macrofungos na Europa é fundamental inferir sobre a gestão mais apropriada destes seres vivos (Senn-Irlet *et al.*, 2007). Embora alguns esforços de conservação tenham fracassado, os fungos já estão incluídos em Planos de Conservação e alguns até integram Livros Vermelhos (Senn-irlet & Havoyva, 2010). Porém, nenhuma espécie está representada na Convenção de Berna ou na Diretiva Habitat (Dahlberg & Croneborg, 2003).

Assim, o Conselho Europeu de Conservação de Fungos (*European Council for Conservation of Fungi*, - ECCF) propôs a inclusão de 33 espécies de macrofungos ameaçadas na Europa no Anexo I da Convenção de Berna (Dahlberg & Croneborg, 2003), juntamente com as espécies de flora estritamente

protegidas que já lá permanecem (ICNF, 2012), a fim de reconhecer a necessidade de conservação destes organismos e dos seus habitats (Dahlberg & Croneborg, 2003). Muitas das espécies propostas estão incluídas no Livro Vermelho de Fungos de vários países e todas estão presentes e são raras na Europa, sendo que cinco espécies poderão ser exclusivas do continente europeu, por exemplo, a espécie *Cantharellus melanoxeros* (Desm, 1890) (Figura 7) (Dahlberg & Croneborg, 2003).



Figura 7 – A espécie *Cantharellus melanoxeros* é comestível e micorriza com *Fagus* e *Quercus*, e é apenas detetada em 17 países europeus. Não está presente em Portugal, mas foi registada em Espanha (Dahlberg & Croneborg, 2003).

Para a elaboração da referida proposta, foram conjugadas informações de 36 países europeus que ratificaram a Convenção de Berna, dos quais 14 têm Livro Vermelho de Fungos oficialmente publicado e 12 têm Livro Vermelho, embora não esteja oficialmente publicado. Em alguns países, incluindo Portugal, ainda não existe esta ferramenta (Figura 8) (Dahlberg & Croneborg, 2003).

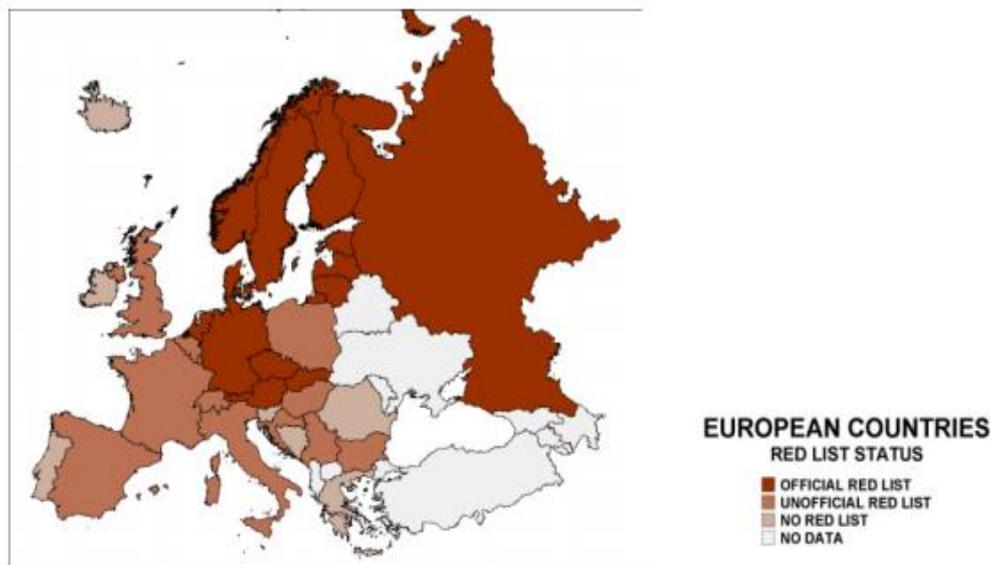


Figura 8 – Países europeus com Livro Vermelho de Fungos oficialmente publicado, Livro Vermelho não oficialmente publicado e países sem Livro Vermelho (Dahlberg & Croneborg, 2003).

De referir que as 33 espécies representam apenas uma pequena fração das espécies fúngicas ameaçadas na Europa e ao incluí-las na Convenção de Berna pretende-se reconhecer a necessidade de conservação de todos os fungos e dos seus habitats (Dahlberg & Croneborg, 2003).

Contudo, no trabalho de Dahlberg & Croneborg (2003), é importante mencionar que é biologicamente incorreto comparar a abundância de macrofungos em áreas geográficas muito distintas, pois espécies raras no norte da Europa podem ser abundantes na região mediterrânea, ou vice-versa.

A conservação de espécies endémicas deve ser uma prioridade, dada as suas áreas de distribuição restritas, pois estas espécies não ocorrem espontaneamente em mais nenhum lugar no mundo. Neste contexto, os inventários conduzidos desde 1980 têm levado ao aumento do conhecimento e do valor das espécies fúngicas em certos habitats como, por exemplo, áreas de souto e castiçal, revelando que a melhor forma de conservar tal diversidade é através da gestão apropriada dos habitats (Azevedo, 2012). Desta forma, para a conservação de espécies ectomicorrízicas é fundamental conhecer as suas interações biológicas como, por exemplo, com que espécies vegetais micorrizam, por forma a conservar os seus habitats (O`Dell *et al.*, 1994; Azevedo, 2012).

Atualmente, a criação de modelos que relacionem a ocorrência de macrofungos com variáveis do habitat tem sido uma aposta na área da micologia. Por exemplo, Tsiaras & Domakinis (2013) sugeriu que existe uma relação entre os habitats florestais de certos macrofungos e a geologia e pedologia da região. Yang *et al.* (2006) já anteriormente revelaram que é possível modelar o habitat de macrofungos com alguma precisão, estabelecendo uma relação entre a geologia e a pedologia da região e a ocorrência de várias espécies de *Tricholoma*. Ágreda *et al.* (2015) relacionam parâmetros climáticos (pluviosidade e evapotranspiração) com a abundância e produtividade de macrofungos epígeos micorrízicos e sapróbios numa floresta de pinheiros na Província espanhola de Castela e Leão. Os resultados deste estudo destacam o efeito negativo do déficit hídrico na abundância de macrofungos.

O micélio é uma estrutura que pode viver anos num determinado local e produzir esporocarpos com pouca frequência ou, contrariamente, pode ocorrer pontualmente, frutificando com frequência. Por outras palavras, o facto de uma espécie não frutificar durante anos induz a incerteza sobre a existência do micélio no substrato. Portanto, os locais com possível ocorrência fúngica devem ser examinados repetidamente e com elevado pormenor, de modo a permitir pesquisas e monitorizações rigorosas de espécies de interesse (O'Dell *et al.*, 1994). Estes factos impedem a delimitação rigorosa da área de distribuição das espécies de macrofungos, constituindo um obstáculo para a tomada de medidas de conservação.

Apesar de todos os trabalhos mencionados, a complexidade destes organismos associada ao baixo número de investigadores e sobretudo a escassez de estudos completos focados apenas numa espécie, leva a que não sejam produzidos frequentemente Livros Vermelhos de Fungos em comparação com os que são realizados para outros grupos biológicos.

Apesar da situação atual ser melhor que há quinze anos atrás, os esforços a efetuar para ampliar os conhecimentos na área da conservação de macrofungos, tal como Dahlberg & Croneborg (2003) enunciaram, terão de prosseguir, nomeadamente:

- 1) Disponibilizar boas ferramentas científicas para demonstrar alterações na abundância e composição das comunidades fúngicas;

2) Apostar numa ampla educação em micologia, pois sem especialistas em taxonomia e ecologia fúngica haverá pouca capacidade para a conservação destes organismos;

3) Desenvolver uma base ecológica para recuperação de fungos, de modo a perceber que medidas se devem adotar para a conservação de fungos e dos seus habitats.

Objetivos

Este estudo tem como objetivo geral caracterizar o micobiota da área da Ecopista de Évora, com particular ênfase nos macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios do solo.

Pretende-se, ainda, averiguar algumas situações, nomeadamente:

1. Se o elenco de macrofungos - ectomicorrízicos e sapróbios - difere entre as áreas urbanas e as áreas rurais, sendo que a hipótese é que, realmente, existem diferenças;

2. Qual(is) a(s) época(s) mais propensa(s) para a observação de macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios na área da Ecopista de Évora, sendo que a hipótese é que serão identificados mais macrofungos no outono e inverno;

3. Quais são os “hotspots” para observação de macrofungos, quer ectomicorrízicos, quer sapróbios, ao longo da Ecopista de Évora, sendo que a hipótese é que serão encontrados mais macrofungos na área de montado.

Metodologia

Área de Estudo

A Ecopista de Évora possui 21 quilómetros de extensão, com início no Bairro do Chafariz Del Rei, em Évora, e fim no Bairro da Sempre-Noiva, perto de Arraiolos, os quais foram divididos em 4 troços com diferentes características urbanísticas e ecológicas.

1. Bairro do Chafariz Del Rei – Bairro do Bacelo (aproximadamente 3,5 km).
2. Bairro do Bacelo – Estrada do Sr. Dos Aflitos/Louredo (aproximadamente 3,9 km).

3. Estrada do Sr. Dos Aflitos/Louredo – Estação da Graça do Divor (aproximadamente 5,8 km).
4. Estação da Graça do Divor - Fim da Ecopista de Évora, perto do Bairro da Sempre-Noiva, coincidindo com o início da Ecopista de Arraiolos (aproximadamente 6,8 km) (Figura 9).

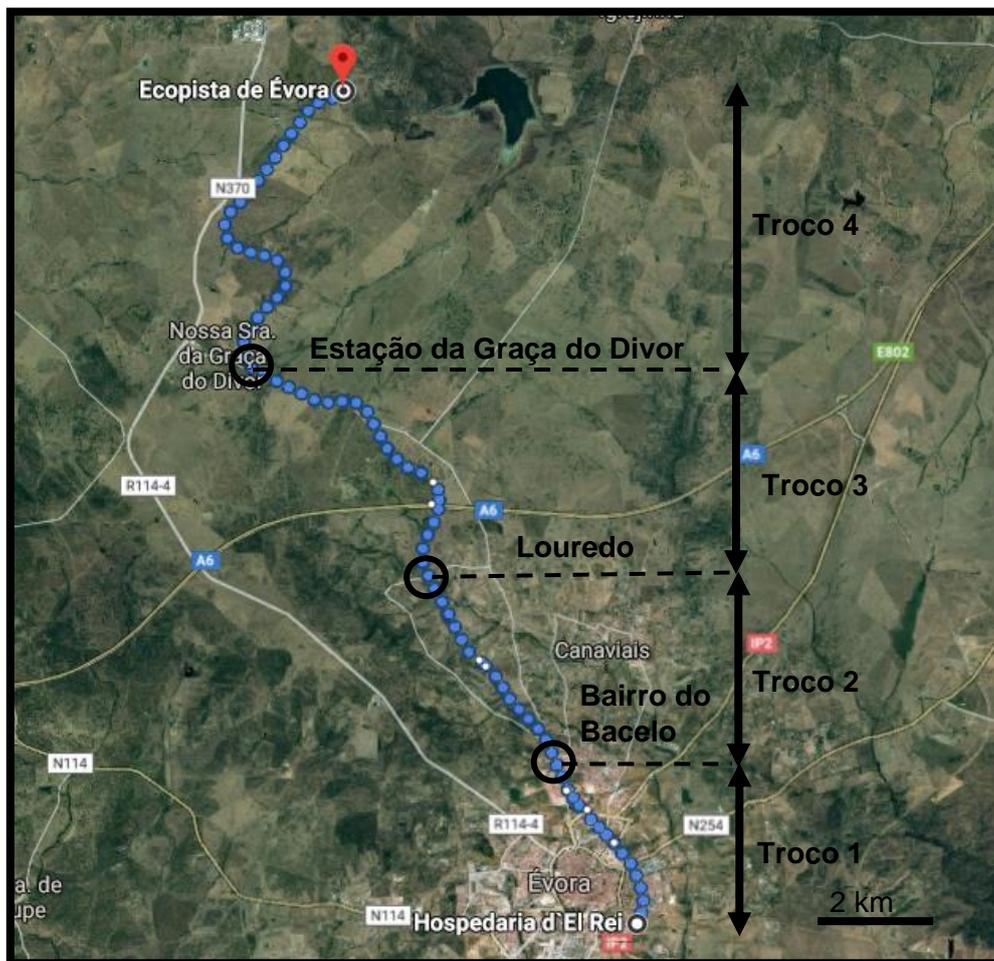


Figura 9 – Ecopista de Évora, com início no Bairro Chafariz Del Rei, ao lado do Hospedaria D'El Rei, e fim perto do Bairro da Sempre-Noiva, em Arraiolos, coincidindo com o início da Ecopista de Arraiolos. Na figura está assinalado com círculos o fim de um troço/início do seguinte: Bairro do Bacelo, Louredo e Estação da Graça do Divor.

O primeiro troço coincidiu com uma zona urbanizada, que corresponde à cidade de Évora e bairros periféricos. No segundo e terceiro troços predominam habitats rurais com pastoreio, com algumas zonas florestais dominadas por

sobreiros. No quarto troço o ecossistema dominante é o montado, com zonas rurais e florestais extensas (Figura 10).

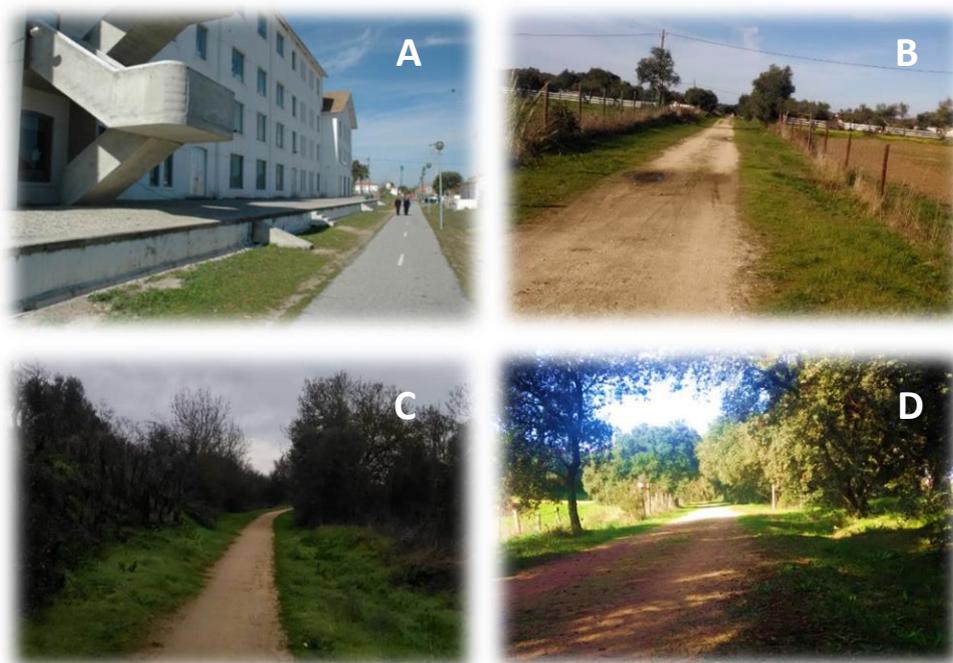


Figura 10 – A: Pólo Universitário da Universidade de Évora, no Troço 1 (Gonçalves *et al.*, 2013). B e C: Troços 2 e 3, respetivamente, onde predominam áreas rurais com pastoreio. D: Troço 4, área de montado.

Amostragem de Macrofungos e Caracterização dos Locais de Colheita

A Ecopista de Évora foi percorrida a pé, de modo a observar e registar a presença de todos os macrofungos na faixa pedestre e na berma (1,5 metros de cada lado) da mesma. Cada um dos quatro troços foi subdividido em sub-troços de 250 m de extensão, correspondendo respetivamente a 14 sub-troços no troço 1, 16 no troço 2, 24 no troço 3 e 28 no troço 4. A amostragem foi efetuada todos os meses entre fevereiro de 2018 e fevereiro de 2019, com exceção dos meses mais quentes e secos (junho, julho, agosto e setembro). Nos meses de amostragem as saídas de campo foram feitas todas as semanas, algumas vezes de 15 em 15 dias, consoante os dados e as previsões meteorológicas, e a amostragem decorria durante 2 a 4 dias por semana.

À medida que se avistavam cogumelos procedia-se ao registo fotográfico, anotação da sua posição relativa (troço e segmento do troço), quantificação por taxa e recolha dos espécimes. Adicionalmente realizou-se uma caracterização de espécies arbóreas e arbustivas, com registo da cobertura e abundância.

A determinação ou confirmação taxonómica dos exemplares colhidos foi efetuada em laboratório, assim como a atribuição do grupo. Para tal, procedeu-se à observação e registo das características microscópicas dos espécimes e recorreu-se a bibliografia da especialidade. Após a identificação, os exemplares foram colocados na estufa, a 30°C, até terem peso constante, e foram, posteriormente, inseridos no herbário (UEVH-Fungi, Herbário da Universidade de Évora).

Após a determinação, que foi efetuada até à espécie sempre que possível, consultou-se bibliografia da especialidade para a atribuição do grupo trófico a cada espécie.

Tratamento Estatístico

O número de espécies e de exemplares de macrofungos do solo (ectomicorrízicos e sapróbios) foram comparados por troços, sub-troços e por 3 estações climatológicas, sendo elas a primavera de 2018 (1 março – 31 maio), o outono de 2018 (1 setembro – 30 novembro) e inverno de 2018/2019 (1 dezembro – 28 fevereiro). Procedeu-se ainda ao cálculo de diversos Índices de diversidade e riqueza (Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (C), Índice de Dominância de Berger-Parker (d) e Equitabilidade de Pielou (J)). Estes índices foram comparados utilizando a ANOVA, após ser testada a homogeneidade de variâncias, seguida de um teste a posteriori (Tukey).

Efetuaram-se correlações (Spearman), para os 4 troços, entre o número de espécies de macrofungos e: o número de espécies arbustivas, o número de espécies arbóreas, a percentagem de cobertura de espécies arbustivas e a percentagem de cobertura de espécies arbóreas.

Resultados

Caracterização dos Locais de Colheita

Ao longo da Ecopista de Évora, registou-se um total de 33 espécies vegetais (30 angiospérmicas e 3 gimnospérmicas).

A análise da vegetação mostrou que:

- Troço 1: Correspondeu ao troço com maior registo de espécies vegetais (29 espécies) embora se tenham identificado apenas 13 espécies de

macrofungos. De referir que se anotou somente uma ocorrência pontual de azinheira (*Quercus ilex*) e outra de sobreiro (*Quercus suber*).

- Troços 2 e 3: Embora o troço 3 tenha mais espécies vegetais, comparativamente ao troço 2, respetivamente 12 e 8 espécies, ambos os troços abrangem áreas com diversas ocorrências de freixos (*Fraxinus excelsior*), oliveiras (*Olea europaea*), sobreiros e azinheiras, e, no caso do troço 3, *Rubus sp.* Contudo, a principal diferença entre estes dois troços é a distância entre as ocorrências das espécies vegetais, pois no troço 2 existem inúmeras áreas sem árvores ou arbustos (apenas com vegetação herbácea ou mesmo sem vegetação), enquanto que, no troço 3, os indivíduos estão mais próximos e as áreas sem vegetação arbórea ou arbustiva são mais escassas.

- Troço 4: Neste troço identificaram-se 10 espécies vegetais, sendo que predominam azinheiras praticamente por todo o troço, e surgem diversas ocorrências de outras espécies, como sobreiros (*Quercus suber*) e *Rubus sp* (Tabela I).

Tabela I – Número e razão entre espécies vegetais angiospérmicas e gimnospérmicas nos respetivos troços.

	Riqueza específica total	Riqueza específica Angiospérmicas	Riqueza específica Gimnospérmicas	Razão Gimno/Angi
Troço 1	29	26	3	0,12
Troço 2	8	7	1	0,14
Troço 3	12	12	0	0
Troço 4	10	10	0	0
Total	33	30	3	0,10

Quando se analisou estatisticamente o número de espécies de macrofungos e o número de espécies arbustivas, o número de espécies arbóreas, a percentagem de cobertura de espécies arbustivas e a percentagem de cobertura de espécies arbóreas não se verificaram correlações em nenhum dos casos (Figura 11 e Anexo II).

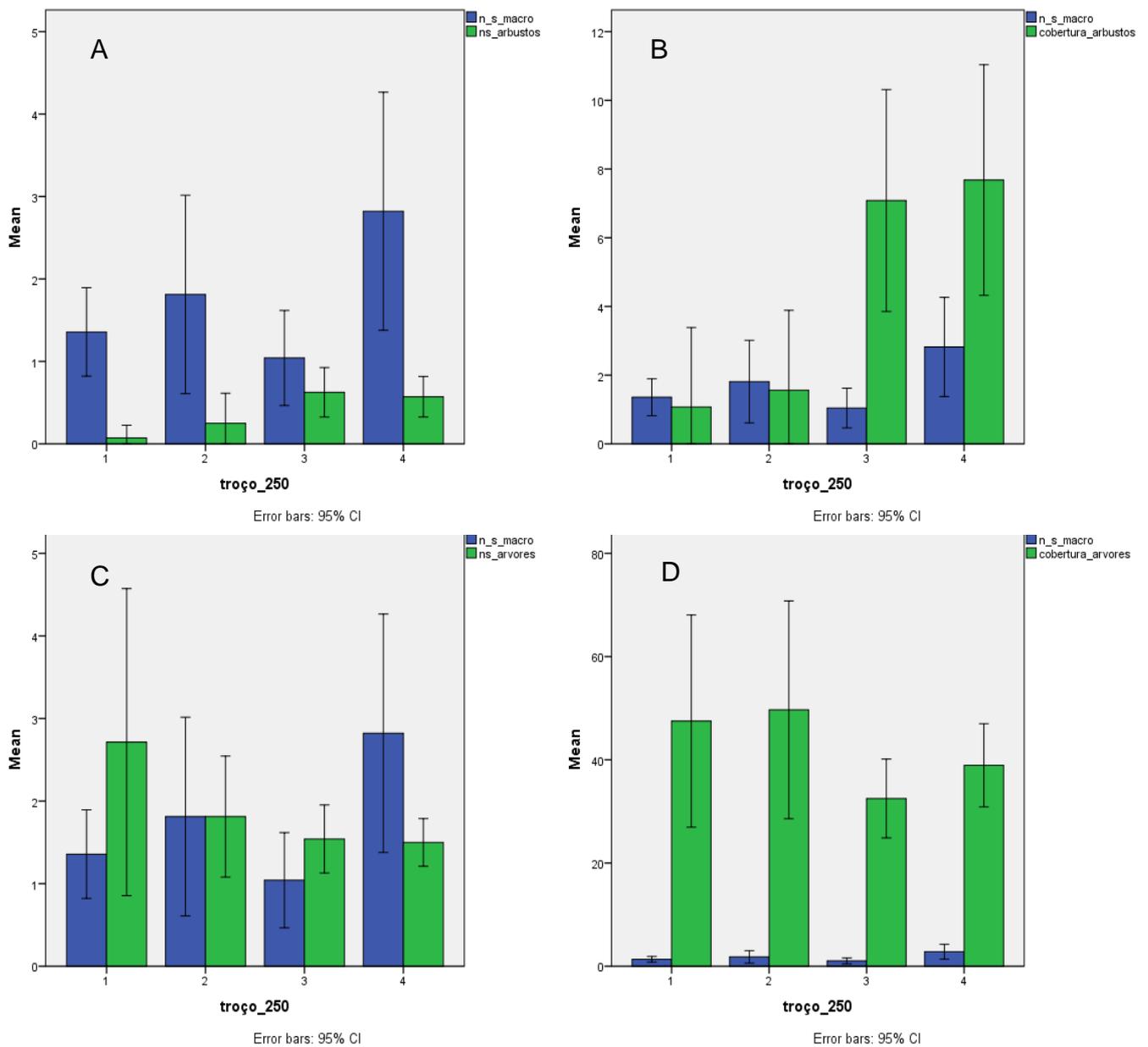


Figura 11 – Média do número de espécie de macrofungos (n_s_macro), por cada troço (divididos por parcelas de 250 metros), e: A - número de espécies arbustivas (ns_arbustos). B - percentagem de cobertura arbustiva (cobertura_arbustos). C – número de espécies arbóreas (ns_arvores). D – percentagem de cobertura arbórea (cobertura_arvores).

Amostragem de Macrofungos

Identificaram-se 2615 exemplares (618 ectomicorrízicos e 1997 sapróbios) distribuídos por 81 espécies de macrofungos (27 ectomicorrízicos e 54 sapróbios). O género de macrofungos ectomicorrízicos com mais exemplares foi *Laccaria*, enquanto que, nos sapróbios, as espécies mais abundantes pertenciam aos géneros *Psahtyrella*, *Mycena* e *Clitocybe*. A família mais

abundante, com 455 exemplares, foi Psathyrellaceae (17,4% dos exemplares totais) (Figuras 12 e 13 e Anexo I). Encontram-se alguns exemplos de macrofungos recolhidos na Ecopista de Évora na Figura 14.

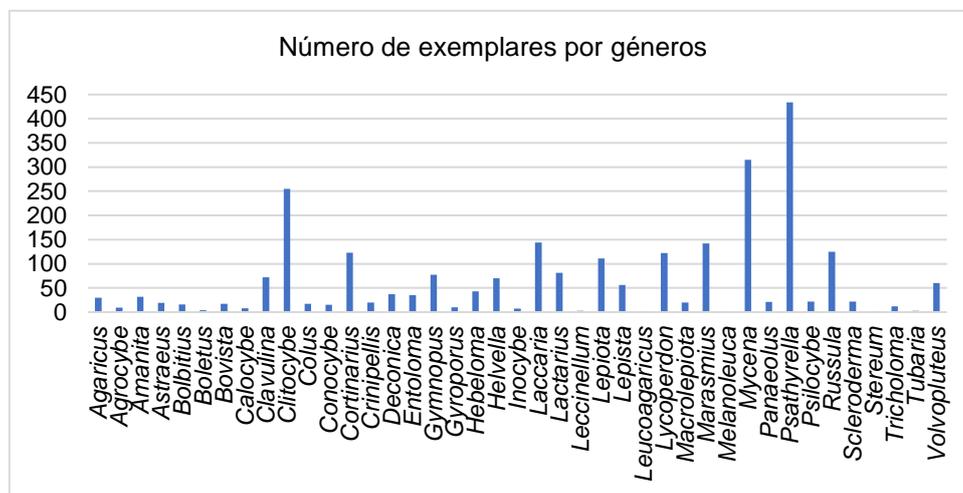


Figura 12 – Distribuição dos 2615 exemplares pelos 41 géneros de macrofungos. Os géneros mais abundantes foram *Psathyrella* (434 exemplares), *Mycena* (315 exemplares) e *Clitocybe* (255 exemplares). Nos ectomicorrízicos destaca-se o género *Laccaria* (144 exemplares).

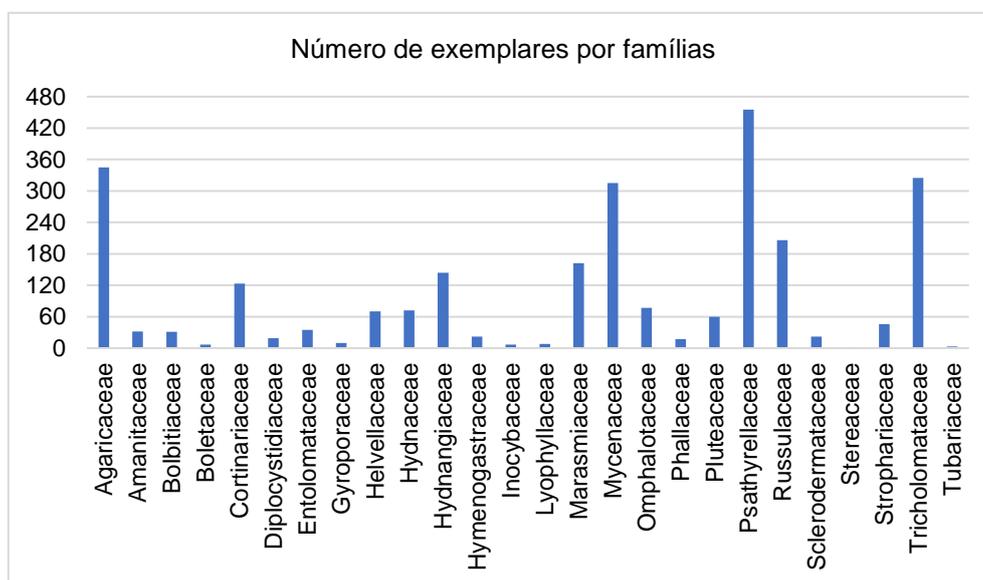


Figura 13 – Distribuição dos 2615 exemplares pelas 26 famílias de macrofungos. As famílias mais abundantes foram Psathyrellaceae (455 exemplares), Agaricaceae (345 exemplares), Tricholomataceae (325 exemplares), Mycenaceae (315 exemplares) e Russulaceae (206 exemplares).



Figura 14 – Exemplos de macrofungos recolhidos na Ecopista de Évora: A – *Bovista plumbea*, recolhido em fevereiro de 2019 no troço 4; B – *Colus hirudinosus*, recolhido em dezembro de 2018 no troço 2; C – *Helvella lacunosa*, recolhido em dezembro de 2018 no troço 4; D – *Gyroporus* sp., recolhido em novembro de 2018 no troço 4; E – *Psathyrella* sp., recolhido em abril de 2018 no troço 3; F – *Clitocybe odora*, recolhido em novembro de 2018 no troço 4; G – *Lycoperdon* sp., recolhido em março de 2018 no troço 1; H – *Agaricus campestris*, recolhido em outubro de 2018 no troço 3; I – *Laccaria laccata*, recolhido em abril de 2018 no troço 4.

A análise estatística dos Índices, ANOVA, mostrou que não existem diferenças significativas entre os troços relativamente ao Índice de Dominância de Berger-Parker e à Equitabilidade de Pielou ($p=0,229$ e $p=0,257$, respetivamente). Porém, nos Índices de Shannon e Simpson existiram diferenças significativas ($p=0,005$ e $p=0,024$). O Teste de Tukey do Índice de Shannon mostrou a existência de dois grupos homogêneos, dos quais não se rejeitou a hipótese de igualdade de médias. O primeiro grupo consistia nos troços 1, 2 e 3 e o segundo englobou os troços 2 e 4. Esta análise mostra que, para o Índice de Shannon, as médias dos troços que diferem significativamente entre si são as médias do troço 1 e as do troço 4 e as médias do troço 3 e as do troço 4. Relativamente ao Índice de Simpson, o teste à posteriori revelou também a existência de dois grupos homogêneos, sendo que o primeiro engloba os troços 1, 2 e 3 e o segundo abrange os troços 2, 3 e 4. Assim, esta análise demonstra que, para o Índice de Simpson, as médias do troço 1 e as médias do troço 4 diferem significativamente entre si (Figura 15 e Anexo III).

O troço 4 foi aquele com maior registo de espécies e exemplares totais (Tabela II) e foi também o troço onde se verificou maior índice de proporção de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios (quer relativamente ao número de exemplares, quer ao número de espécies) (Tabela III, Figura 16, Tabela IV e Figura 17).

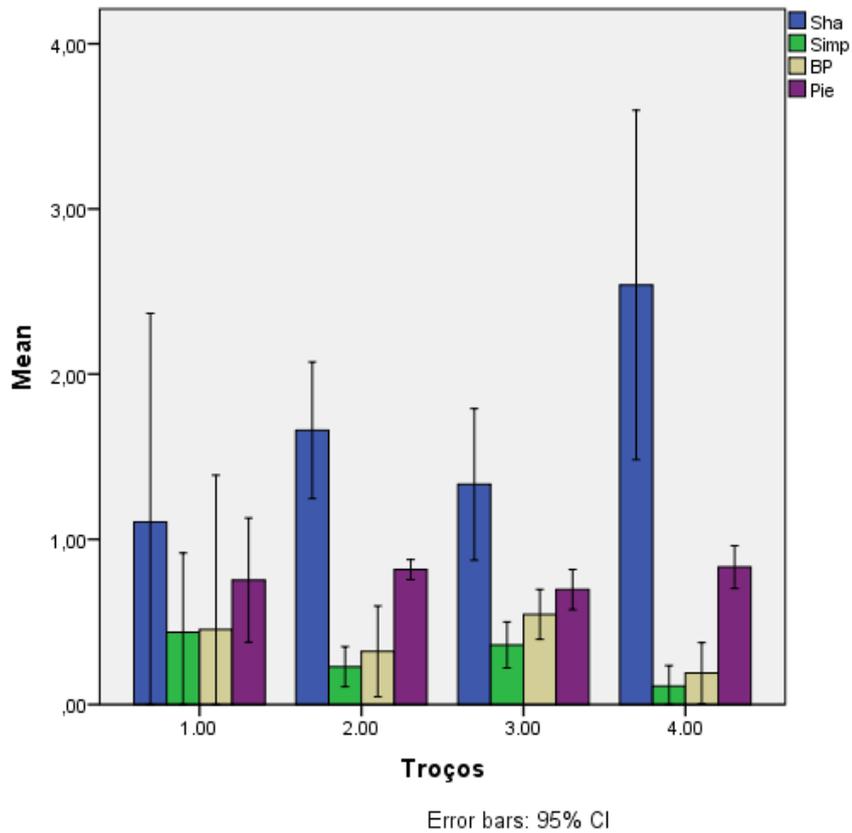


Figura 15 – Média dos Índices (Shannon, Simpson, Berger-Parker e Pielou) nos 4 troços. Não se verificaram diferenças significativas entre os troços para a Equitabilidade de Pielou e o Índice de Dominância de Berger Parker. Contudo, os Índices de Shannon e Simpson registaram diferenças significativas.

Tabela II – Riqueza específica e número de exemplares identificados, por troço.

Troço	Ectomicorrízicos		Sapróbios		Total	
	Riqueza específica (S)	Nº Exemplares	Riqueza específica (S)	Nº Exemplares	Riqueza específica (S)	Nº Exemplares
Troço 1	2	9	11	446	13	455
Troço 2	6	30	16	303	22	333
Troço 3	4	131	18	693	22	824
Troço 4	23	448	31	555	54	1003

Tabela III – Tabela com proporção de exemplares de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios nos 4 troços.

Número de troço	Proporção de Exemplares Ectomicorrízicos/Sapróbios
Troço 1	0,020
Troço 2	0,099
Troço 3	0,189
Troço 4	0,897

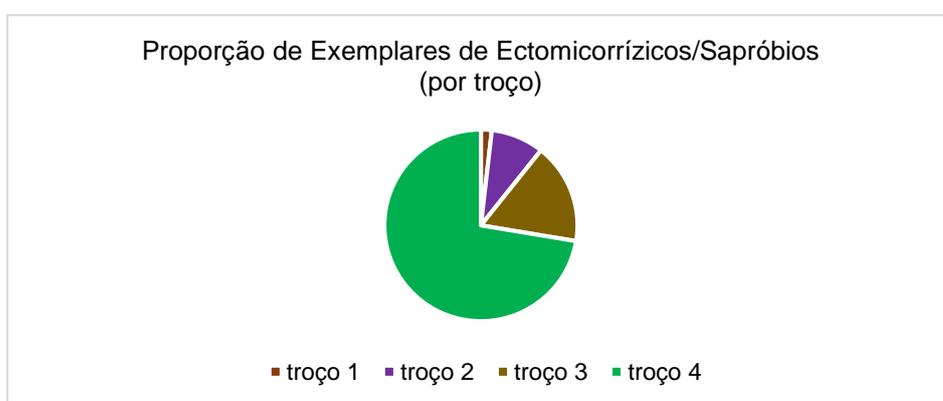


Figura 16 – Proporção de exemplares de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios nos 4 troços da Ecopista de Évora. Estes valores revelam que, claramente, o troço 4 é o troço onde o equilíbrio entre macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios é maior, provavelmente devido ao grande número de hospedeiros e substratos que podem ser ocupados, por este ser um troço de montado.

Tabela IV - Tabela com proporção de espécies de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios nos 4 troços.

Número de troço	Proporção de Espécies Ectomicorrízicos/Sapróbios
Troço 1	0,182
Troço 2	0,375
Troço 3	0,222
Troço 4	0,742

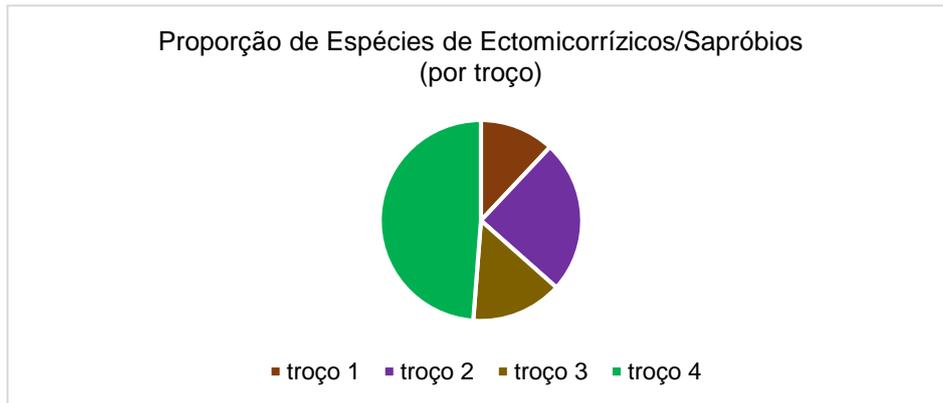


Figura 17 – Proporção de espécies de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios nos 4 troços da Ecopista de Évora. Embora não seja um equilíbrio tão acentuado como no número de exemplares, o troço 4 continua a ser o troço com maior equilíbrio entre espécies ectomicorrízicas e espécies sapróbias.

Contudo, a distribuição dos dois grupos de macrofungos ao longo da Ecopista foi diferente, pois grande parte das espécies e exemplares ectomicorrízicos identificados encontravam-se no troço 4, enquanto que, nos sapróbios, a distribuição foi mais repartida ao longo da Ecopista. Neste contexto, das 27 espécies totais de macrofungos ectomicorrízicos identificadas na Ecopista de Évora, 20 foram registadas num único troço, sendo que 16 foram apenas registadas no troço 4, 3 no troço 2 e 1 no troço 1. Nos sapróbios, 38 das 54 espécies totais foram encontradas num só troço, sendo que 19 foram assinaladas somente no troço 4, 7 no troço 3, 7 no troço 2 e 5 no troço 1. A única espécie encontrada em todos os troços foi *Volvopluteus gloiocephalus*.

Os hotspots assinalados, para os sapróbios, corresponderam ao primeiro quilómetro do troço 1, dos 2,5 quilómetros aos 3 quilómetros do troço 2, os primeiros 750 metros do troço 3 e dos 3 quilómetros aos 3,5 quilómetro do troço 4. Os hotspots dos macrofungos ectomicorrízicos coincidiram com mais alguns hotspots de sapróbios: dos 750 metros ao primeiro quilómetro do troço 2, os últimos 250 metros do mesmo troço, o último quilómetro do troço 3, os primeiros 500 metros do troço 4 e dos 1,250 quilómetros aos 2,5 quilómetros do mesmo troço. Assim, o troço 4 foi aquele com maior percentagem de troço que é hotspot (Tabela V e Figura 18).

Tabela V – Hotspots de diversidade micológica nos 4 troços da Ecopista de Évora.

Número de troço	Quilómetros de troço que são hotspot (km)	Quilómetros total (km)	Porcentagem de troço que é hotspot (%)
Troço 1	1	3,5	28,6
Troço 2	1	3,9	25,6
Troço 3	1,750	5,8	30,2
Troço 4	2,250	6,8	33,0

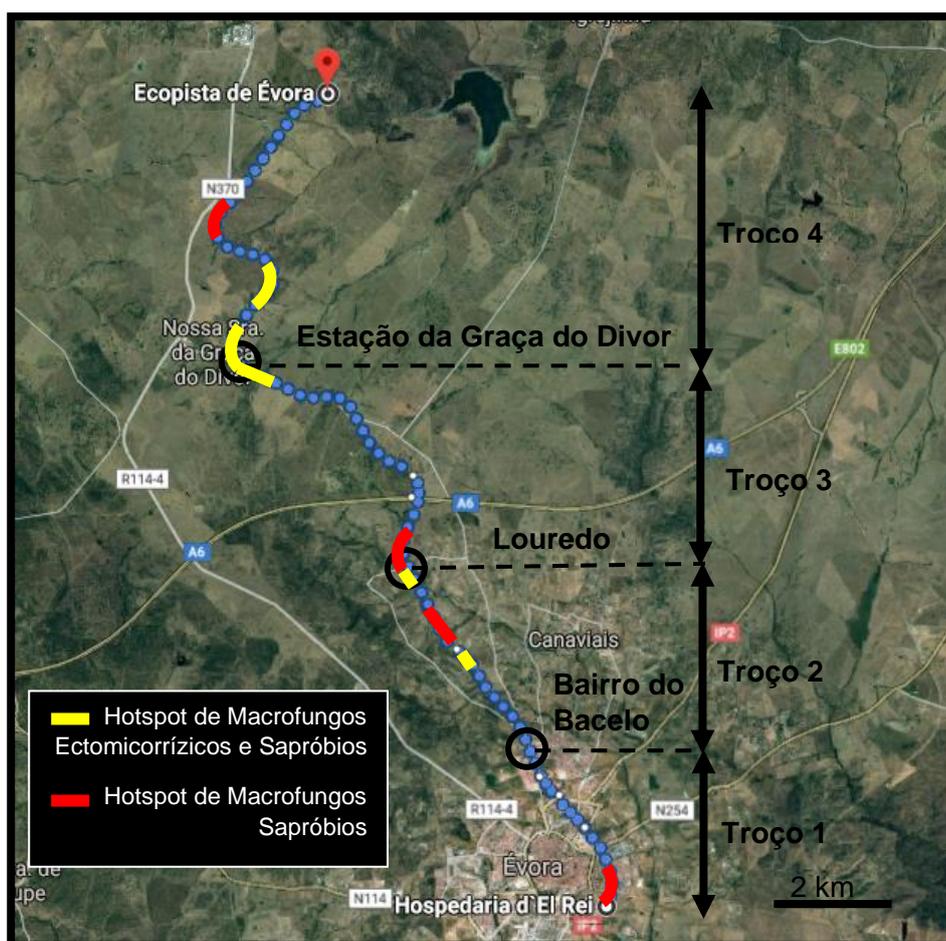


Figura 18 – Hotspots de macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios ao longo da Ecopista de Évora. A amarelo estão assinalados os hotspots coincidentes de macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios, a vermelho estão assinalados os hotspots somente de sapróbios. Não foram encontrados hotspots somente de macrofungos ectomicorrízicos.

Relativamente às estações climatológicas a análise de variâncias verificou que não existem diferenças significativas entre os quatro Índices calculados nas três estações, sendo que na primavera de 2018 identificaram-se 26 espécies (187 exemplares), no outono de 2018 registaram-se 43 espécies (1741

exemplares) e no inverno de 2018/2019 assinalaram-se 33 espécies (687 exemplares) (Tabela VI, Figura 19 e Anexo IV).

Tabela VI – Riqueza específica e número de exemplares, por estação climatológica.

Estação	Ectomicorrízicos		Sapróbios		Total	
	Riqueza específica (S)	Nº Exemplares	Riqueza específica (S)	Nº Exemplares	Riqueza específica (S)	Nº Exemplares
Primavera 2018	5	12	21	175	26	187
Outono 2018	12	220	31	1521	43	1741
Inverno 2018/2019	17	386	16	301	33	687

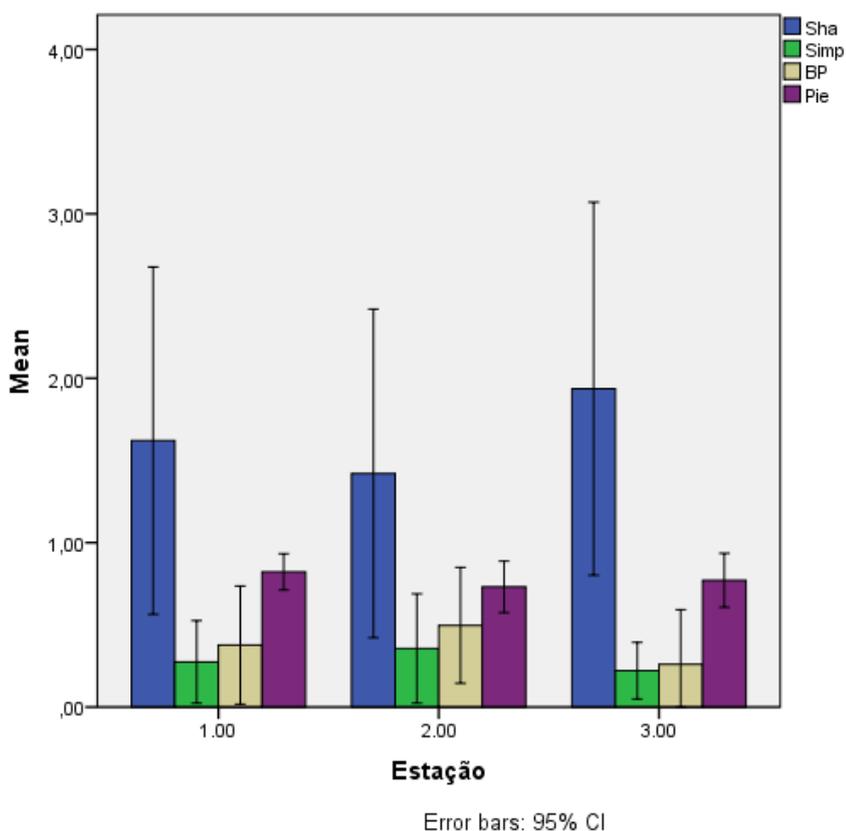


Figura 19 - Média dos Índices (Shannon, Simpson, Berger-Parker e Pielou) nas três estações climatológicas (1,00 - inverno 2018/2019; 2,00 - primavera 2018; 3,00 - outono 2018). Não se verificaram diferenças significativas nos quatro Índices.

O Índice de proporção de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios nas três estações demonstrou que o inverno é a única estação onde o número total de espécies e de exemplares de macrofungos ectomicorrízicos é superior aos valores encontrados para os sapróbios (Tabela VII, Figura 20, Tabela VIII e Figura 21).

Tabela VII – Tabela com proporção de exemplares de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios nas 3 estações climatológicas.

Estação Climatológica	Proporção de Exemplares Ectomicorrízicos/Sapróbios
Primavera 2018	0,069
Outono 2018	0,145
Inverno 2018/2019	1,282

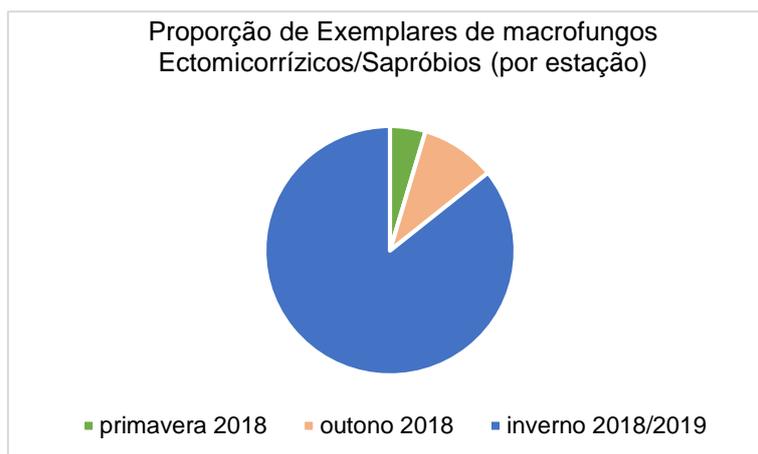


Figura 20 – A proporção de exemplares de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios indica que, nitidamente, o inverno foi a estação onde o número de exemplares de macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios foi mais próximo.

Tabela VIII - Tabela com proporção de espécies de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios nas 3 estações climatológicas.

Estação Climatológica	Proporção de Espécies Ectomicorrízicos/Sapróbios
Primavera 2018	0,238
Outono 2018	0,387
Inverno 2018/2019	1,063

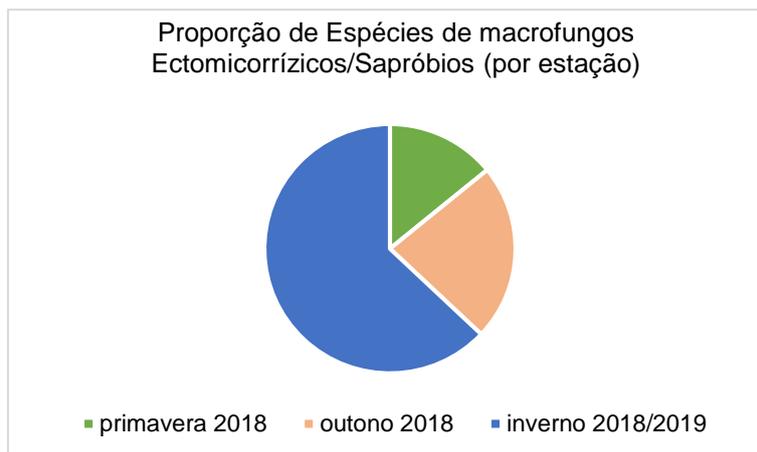


Figura 21 - A proporção de espécies de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios demonstra que, embora não com tanta evidência como acontece no número de exemplares, o inverno continua a ser a estação onde o número de exemplares de macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios foi mais equilibrado.

Discussão de Resultados

No ambiente Mediterrânico é comum as condições favoráveis ao aparecimento de macrofungos concentrarem-se numa janela de tempo mais reduzida na primavera do que no outono, resultando num maior registo de macrofungos na última estação referida. Assim, no outono, devido há maior duração de condições que favoreçam o surgimento de macrofungos, foi possível determinar-se uma ordem de aparecimento destes organismos, sendo que os primeiros a surgir foram os *Hebeloma*. A meio do outono, surgiu um elevado número de frutificações de sapróbios, como por exemplo *Lepista sp.* e *Clitocybe sp.*. Seguiram-se alguns *Lactarius sp.* e *Russula sp.* e, mais tarde, algumas *Amanita sp.*. No final do outono surgiram os macrofungos pertencentes ao filo *Ascomycota*, como *Helvella sp.*. Alguns macrofungos surgiram praticamente durante todo o ano, quando e se houver humidade no substrato, como é o caso da espécie *Bovista plumbea*.

De referir que o surgimento de grande parte destes organismos depende da formação de primórdios no substrato. Caso estes primórdios não se formem, quando não há condições favoráveis, o macrofungo não produz o esporocarpo. Posto isto, a primavera de 2018 foi uma primavera atípica, com níveis de precipitação elevados e temperaturas amenas, quer durante os meses primaveris quer nos meses anteriores. O mesmo se verificou no outono de 2018. No inverno de 2018/2019, embora as condições climáticas sejam um pouco mais

instáveis, as temperaturas atingiram níveis ligeiramente mais altos, enquanto que os níveis de precipitação foram consideravelmente mais baixos. Contudo, verificaram-se condições climáticas que favoreciam o surgimento de macrofungos (Anexo V). Estes dados climáticos podem explicar o elevado número de espécies e exemplares de macrofungos recolhidos nas três estações e, embora a análise estatística não tenha encontrado diferenças significativas nos índices calculados, as estações a destacar são o outono e o inverno. A primeira pela diversidade e número de espécies e exemplares recolhidos, e a segunda pelo facto de ser a única estação com índices de proporção de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios favoráveis para o primeiro grupo, o que significa que nesta estação os macrofungos ectomicorrízicos identificados foram em número superior aos sapróbios (aproximadamente 62,5% dos macrofungos ectomicorrízicos foram recolhidos no inverno).

O troço 1 foi aquele com mais espécies vegetais, contudo foi o que registou menor número de espécies de macrofungos ectomicorrízicos e um dos quais menos espécies de macrofungos foram encontradas em geral. Isso pode ser explicado pelo facto da maior parte das espécies vegetais presentes no referido troço serem espécies exóticas usadas pelo interesse estético, visto que este é um troço urbano. Nos dois troços do meio, identificou-se um número de espécies de macrofungos superior ao registado no troço 1, provavelmente devido ao facto de estes serem troços rurais, com mais hospedeiros para macrofungos ectomicorrízicos, e também por abrangerem zonas com pastoreio, o que explica a identificação de alguns macrofungos coprófilos típicos destas áreas. No troço 4 predominam espécies típicas de montado, como *Quercus suber* e *Quercus ilex*. Estas espécies, principalmente *Quercus ilex*, estendem-se por praticamente todo o troço, contrariamente ao que acontece nos troços 2 e 3, o que resulta numa maior probabilidade de surgirem macrofungos, quer pela grande disponibilidade de hospedeiros, no caso dos macrofungos ectomicorrízicos, quer pela disponibilidade de outros substratos passíveis de serem ocupados, no caso dos sapróbios. Isto justifica o maior registo total de espécies e exemplares no troço 4, resultando num troço com maior percentagem de área com hotspots de diversidade micológica.

A proporção de macrofungos ectomicorrízicos/sapróbios é um parâmetro de avaliação do grau de conservação dos ecossistemas, sendo que quando um

ecossistema tem proporção favorável ao primeiro grupo pode-se considerar que esse ecossistema é saudável. Portanto, os resultados deste trabalho revelam que, embora haja dominância de sapróbios em todos os troços, o troço 4 é o troço com maior grau de conservação e o troço 1 é o troço com menor grau de conservação, obviamente, visto que se trata de um zona urbanizada. Este fator enfatiza ainda mais a diferença entre estes dois troços e, juntamente com a elevada diferença entre espécies macrofungicas encontradas (13 espécies no troço 1 e 54 no troço 4), pode explicar as diferenças estatísticas significativas encontradas em dois dos quatro índices.

Conclusão e Considerações Finais

Verificou-se que, de modo geral, o troço 4 é o mais favorável à observação de macrofungos, pois é um troço de montado, que propicia uma diversidade de nichos ecológicos e substratos passíveis de serem ocupados. Contudo, a distribuição de macrofungos sapróbios na Ecopista de Évora foi mais dispersa que a dos ectomicorrízicos, provavelmente causada pela maior concentração de espécies pertencentes a *Quercus*, no troço 4, um género que micorriza com muitas espécies de macrofungos.

O elenco de macrofungos ectomicorrízicos e sapróbios difere entre as áreas urbanas e as áreas rurais, principalmente o primeiro grupo, pois muitas das espécies vegetais dessas áreas são utilizadas predominantemente pelo seu efeito estético e, portanto, o número de hospedeiros é francamente reduzido nas áreas urbanas. Assim, muitas das espécies que surgem no troço urbano são maioritariamente espécies de sapróbios com grande adaptação ruderal e com elevada capacidade de suportar a perturbação antrópica.

As estações climatológicas mais favoráveis para observação de macrofungos são o outono e o inverno, pois as temperaturas estão amenas e os níveis de precipitação são relativamente elevados durante um maior intervalo de tempo, comparativamente à primavera. Além disso, alguns macrofungos ectomicorrízicos só frutificam, se houver condições para tal, no final do outono e inverno.

Tendo em conta as áreas identificadas como hotspots de diversidade micológica sugere-se que, nesses mesmos locais, seja colocada sinalização

adequada, quer nas zonas urbanas quer nas zonas rurais, de modo a promover a literacia micológica dos visitantes da Ecopista e a conservação de macrofungos. Esta sinalização, semelhantemente ao que acontece com alguma sinalização da flora da Ecopista, pode consistir em colocar placas de identificação de espécies macrofungicas dominantes.

Algumas limitações deste trabalho estão associadas ao tempo em que decorreu a amostragem, que levou apenas um ano, e às condições climáticas que se verificaram durante o tempo de amostragem, pois podem não ter favorecido o surgimento de algumas espécies. Soluções futuras seriam aumentar o tempo de amostragem, o que não só aumentaria o número de dados, mas também permitia variar as condições climáticas entre os diferentes anos de amostragem. Assim, iria-se favorecer a frutificação de outras espécies de macrofungos que podem não ter sido registadas no único ano de amostragem deste estudo e, conseqüentemente, poderiam acrescentar-se outros locais de hotspots.

Referências

Ágreda, T., Águeda, B., Olano, J. M., Vicente-Serrano, S. M., & Fernandez-Toirán, M. (2015). Increased evapotranspiration demand in a Mediterranean climate might cause a decline in fungal yields under global warming. *Global Change Biology*, 21, 3499–3510.

Águeda, B., Parladé, J., Fernández-Toirán, M., Cisneros, O., Miguel, M. A. Modrego, P. M., Martínez-Peña, F. & Pera, J. (2008). Mycorrhizal synthesis between *Boletus edulis* species complex and rockroses (*Cistus sp.*). *Springer*. 18. 443-449.

Amsterdam, J. V., Opperhuizen, A., & Brink, W. V. D. (2011). Harm potential of magic mushroom use: A review. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 59, 423–429.

Andrade, M. C. N., Chavari, J. L., Minhoni, M. T. M. A. & Zied, D. C. (2010). Crescimento micelial in vitro de cinco linhagens de *Agaricus bisporus* submetidas a diferentes condições de temperatura. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32, 69–72.

Arnolds, E. (1992a). The analysis and classification of fungal communities with special reference to macrofungi. In: Fungi in vegetation science. *Vegetation science*. 19. 7-47.

Arnolds, E. (1992b). Macrofungal communities outside forests. In: Fungi in vegetation science. *Vegetation science*. 19. 113-149.

Azevedo, J. C. (2012). Florestas, Ambiente E Sustentabilidade - Uma Abordagem Centrada Nos Serviços De Ecossistemas Das Florestas Do Distrito De Bragança. Lisboa: Academia das Ciências.

Babikova, Z., Gilbert, L., Toby J. A., B., Birkett, M., Caulfield, C. J., Woodcock, C., ... Johnson, D. (2013). Underground signals carried through common mycelial networks warn neighbouring plants of aphid attack. In *Ecology Letters*, (pp. 835–843).

Brandão, L. J., Pinheiro, J., Pinho, D., Correia da Silva, D., Fernandes, E., Fragoso, G. & Silva, A. (2011). Intoxicação por cogumelos em Portugal. *Acta Med Port*, 24, 269–278.

Bujakiewicz, A. (1992). Macrofungi on soil in deciduous forests. In: Fungi in vegetation science. *Vegetation science*. 19. 49-78.

Cázares, E., Luoma, D. L., Amaranthus, M. P., Chambers, C. L., Lehmkuhl, J. F., Halpern, C. B., Raphael, MG (1999) Interaction of fungal sporocarp production with small mammal abundance and diet in Douglas-fir stands of the southern Cascade Range. *Northwest Science*, 73, 64–76.

Chang, S.T. & Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact*.

Dahlberg, A. & Croneborg, H. (2003). 33 threatened fungi in Europe Complementary and revised information on candidates for listing in Appendix I of the Bern Convention, T-PVS (2001) 34 rev. 2. Swedish Environmental Protection Agency and the European Council for the Conservation of Fungi, Uppsala.

Diaz, J. H. (2018). Amatoxin-Containing Mushroom Poisonings: Species, Toxidromes, Treatments, and Outcomes. *Wilderness and Environmental Medicine*, 29, 111–118.

Furlani, Z. P. R. & Godoy, T. H. (2007). Valor nutricional de cogumelos comestíveis Nutritional value of edible mushrooms. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 27, 154–157.

Gams, W. (1992). The analysis of communities of saprophytic microfungi with special reference to soil fungi. In: Fungi in vegetation science. *Vegetation science*. 19. 183-223.

Gonçalves, A., Tomé, A. & Medeiros, V. (2013). Processos de Contaminação e Regeneração Urbana. *Revista Iberoamericana de Urbanismo*, 10, 115–133.

Guidot, A., Gryta, H., Gourbiere, F., Debaud, J. C., & Marmeisse, R. (2002). Forest habitat characteristics affect balance between sexual reproduction and clonal propagation of the ectomycorrhizal mushroom *Hebeloma cylindrosporum*. *OIKOS*. 1. 25–36.

Hibbett, D. S., & Matheny, P. B. (2009). The relative ages of ectomycorrhizal mushrooms and their plant hosts estimated using Bayesian relaxed molecular clock analyses. *BioMed Central*, 13, 1–13.

Hibbett, D. S., Pine, E. M., Langer, E., Langer, G. & Donoghue, M. J. (1997). Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 94, 12002–12006.

ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas). (2012). (www.icnf.pt, consultado a 10/05/2018).

Ishikawa, K. N., Vargas-Isla, R., Chaves, S. R. & Cabral, S. T. (2012). Macrofungos da Amazónia – Importância e Potencialidades. *ResearchGate*. 129-139.

Jasalavich, C. A., Ostrofsky, A. & Jellison, J. (2000) Detection and identification of decay fungi in spruce wood by restriction length polymorphism analysis of amplified genes encoding rRNA. *Appl Environ Microbiol* 66, 4725–4734.

Kausar, R., Mirza, S. N., Saboor, A., Saleem, A., & Khalid, B. (2013). ROLE OF ECOTOURISM IN PROMOTING AND SUSTAINING CONSERVATION OF NATURE: A CASE STUDY OF MURREE FOREST RECREATIONAL RESORT. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 50, 463–468.

Lisiewska, M. (1992). Macrofungi on special substrates. In: Fungi in vegetation science. *Vegetation Science*. 19. 151 – 182.

Molina, R. (1993). *Biology, Ecology and Social Aspects of wild edible mushrooms in the Forests of Pacific Northwest: A Preface to managing commercial harvest*. U.S. Department of Agriculture, Oregon.

Monteiro, B., Sarmiento, C., Azul, A. M., Raposo, H., Borges, V., Brugioni, E., & Carvalhais, I. E. (2010). *Debates Contemporâneos: Jovens Cientistas no CES (III, IV e V ciclos anuais)*. Centro de Estudos Sociais, Universidade de Coimbra.

Mueller, G. M., Schmit, J. P., Sabine, M., Ryvardeen, H. L., O`Dell, T. E. O., Lodge, D. J., Leacock, P. R., Mata, M., Umania, L., Wu, Q. & Czederpiltz, D. L. (2004). Recommended Protocols For Sampling Macrofungi. In: *Biodiversity Of Fungi - Inventory and Monitoring Methods*. Elsevier Academic Press. 169 – 172.

Nusbaumer, L., Cáceres, M. E. S., Aptroot, A., Gibertoni, T. B., & Horak, E. (2015). Fungos e Líquenes da Reserva Biológica de Pedra Talhada In: *Biodiversidade da reserva biologica de Pedra Talhada*. Boissiera, 68. 137–151.

O`Dell, E.T., Smith, E. J., Castellano, M. & Luoma, D. (1994). Diversity and Conservation of Forest Fungi *In: Managing Forest Ecosystems to Conserve Fungus Diversity and Sustain Wild Mushroom Harvests*. 5-18.

Olea, L. & San Miguel-Ayanz, A. (2006) The Spanish dehesa: a traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. 21st General Meeting of the European Grassland Federation, Badajoz (Spain).

Peter, M. (2006). Ectomycorrhizal fungi – fairy rings and the wood-wide web. *New Phytologist*. 171. 688–693.

Pinto-Correia, T. & Godinho, S. (2013). Chapter 4. Changing Agriculture - changing landscapes: What is going on in the high valued montado landscapes of southern Portugal? In: *Agriculture in Mediterranean Europe: between old and new paradigms*. *Research in Rural Sociology and Development*, 19, 75-90

Pinto-Correia, T., Guiomar, N., Ferraz-de-Oliveira, I. M., Sales-Baptista, E., Rabaça, J., Godinho, C., Ribeiro, N., Sá-Sousa, P., Santos, P., Santos-Silva, C., Simões, M. P., Belo A. D. F., Catarino, L., Costa, P., Fonseca, E., Godinho, S., Azeda, C., Almeida, M., Gomes, L., Lopes de Castro, J., Louro, R., Silvestre, M. & Vaz, M. (2018). Rangeland Ecology & Management Progress in Identifying High Nature Value Montados: Impacts of Grazing on Hardwood Rangeland Biodiversity. *Rangeland Ecology & Management*.

Pinto-Correia, T., Ribeiro, N. & Potes, J. (2013). Livro Verde dos Montados, ICAAM, Évora.

Rua, J. & Albuquerque, H. (2009). Ciclovias e Turismo – Uma forma de Integração na Europa? De Aveiro ... ao Baixo Vouga ... e à Região Centro. *Revista Turismo E Desenvolvimento*, 12, 65–79.

Rydin, H., Diekmann, M. & Hallingbäck, T. (1997). Biological Characteristics, Habitat Associations, and Distribution of Macrofungi in Sweden. *Conservation Biology*, 11, 628–640.

Sales-Campos, C., Jesus, M. A., Campagnolli, F. & Andrade, M. C. N. (2008). Notas Científicas Crescimento micelial de *Pleurotus ostreatus* em resíduo de Simarouba amara. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 1633–1635.

Santos-Silva, C. 2007. Vem conhecer os cogumelos: Uma riqueza do Alentejo. (www.cogumelo.uevora.pt, consultado a 07/07/2018).

Santos-Silva, C., Gonçalves, A. & Louro, R. (2011). Canopy cover influence on macrofungal richness and sporocarp production in montado ecosystems. *Agroforestry systems*. 82. 149-159.

Schoch, L.C., Sung, G.L., López-Giráldez, F., Townsend, P.J., *et al.* (2009). The Ascomycota Tree of Life: A Phylum-wide Phylogeny Clarifies the Origin and Evolution of Fundamental Reproductive and Ecological Traits. *Systematic Biology*, 58, 224–239.

Senn-irlet, B. & Havoyva, V. (2010). European Council for the Conservation of Fungi Chairman.

Senn-Irlet, B., Heilmann-Clausen, J. & Dahlberg, A. (2007). *GUIDANCE FOR THE CONSERVATION OF MUSHROOMS IN EUROPE*.

Sesli, E. & Tüzen, M. (1999). Levels of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi growing in the East Black Sea region of Turkey. *Elsevier Science*. 65. 453-460.

Silva, J. S. & Catry, F. (2006). Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies*. 63. 235–257.

Souza, V. C. De, Silva, R. A., Cardoso, G. D., & Barreto, A. F. (2006). Estudos sobre fungos micorrízicos Studies on mycorrhizal fungi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 83, 612–618.

Stolze-Rybczynski, J. L., Cui, Y., Stevens, M. H. H., Davis, D. J., Fischer, M. W. F., & Money, N. P. (2009). Adaptation of the Spore Discharge Mechanism in the Basidiomycota. *PLoS ONE*, 4, 1–6.

Sullivan, R., Smith, J. E., & Rowan, N. J. (2006). Medicinal Mushrooms and Cancer Therapy: translating a traditional practice into Western medicine. *Perspectives in Biology and Medicine*, 159–170.

Sunhede, S. (1989). Geastraceae (Basidiomycotina): Morphology, Ecology and Systematics with a Special Emphasis of the North European Species. *Synopsis Fungorum*. 1. 1-534.

Thorn, R. G. & Barron, G. L. (1984) Carnivorous Mushrooms. *Science* 224, 76-78.

Tibuhwa, D. D. (2012). Folk taxonomy and use of mushrooms in communities around Ngorongoro and Serengeti National Park, Tanzania. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8, 1–9.

Tsiaras, S. & Domakinis, C. (2013). Assessment of the Relationship between Forest Habitats of Mushrooms and Geology in Grevena, Greece using Geographic Information Systems (GIS). *Procedia Technology*, 8, 122–129.

Winterhoff, W. (1992). Introduction. In: Fungi in vegetation science. *Vegetation Science*. 19. 1-5.

Yang, X. F., Skidmore, A. K., Melick, D. R., Zhou, Z. K., Xu, J. C. (2006). Mapping nonwood forest product (matsutake mushrooms) using logistic regression and a GIS expert system. *Ecological Modelling*. 198. 208-218.

Anexos

Anexo I - Tabela IX – Famílias de macrofungos, recolhidos e identificados na Ecopista de Évora, e respetivos números de exemplares e números de espécies.

Famílias	Número Exemplares	Número Espécies
Agaricaceae	345	18
Amanitaceae	32	2
Bolbitiaceae	31	2
Boletaceae	7	2
Cortinariaceae	123	4
Diplocystidiaceae	19	1
Entolomataceae	35	1
Gyroporaceae	10	1
Helvellaceae	70	1
Hydnaceae	72	1
Hydnangiaceae	144	1
Hymenogastraceae	22	1
Inocybaceae	7	2
Lyophyllaceae	8	1
Marasmiaceae	162	2
Mycenaceae	315	2
Omphalotaceae	77	1
Phallaceae	17	1
Pluteaceae	60	1
Psathyrellaceae	455	7
Russulaceae	206	8
Sclerodermataceae	22	2
Stereaceae	2	1
Strophariaceae	46	5
Tricholomataceae	325	11
Tubariaceae	3	2

Anexo II – Tabelas com correlação de Spearman entre o número de espécies de macrofungos e: A - o número de espécies arbustivas (ns_arbustos). B - cobertura arbustiva (cobertura_arbustos). C - número de espécies arbóreas (ns_arvores). D – cobertura arbórea (cobertura_arvores). Em nenhum dos casos se verificou correlação.

Correlations

			n_s_macro	ns_arbustos	
A	Spearman's rho	n_s_macro	Correlation Coefficient	1,000	-,128
			Sig. (2-tailed)	.	,251
			N	82	82
	ns_arbustos	Correlation Coefficient	-,128	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,251	.	
		N	82	82	

Correlations

			n_s_macro	cobertura_arbustos	
B	Spearman's rho	n_s_macro	Correlation Coefficient	1,000	-,095
			Sig. (2-tailed)	.	,398
			N	82	82
	cobertura_arbustos	Correlation Coefficient	-,095	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,398	.	
		N	82	82	

Correlations

			n_s_macro	ns_arvores	
C	Spearman's rho	n_s_macro	Correlation Coefficient	1,000	,000
			Sig. (2-tailed)	.	1,000
			N	82	82
	ns_arvores	Correlation Coefficient	,000	1,000	
		Sig. (2-tailed)	1,000	.	
		N	82	82	

Correlations

			n_s_macro	cobertura_arvores	
D	Spearman's rho	n_s_macro	Correlation Coefficient	1,000	,081
			Sig. (2-tailed)	.	,470
			N	82	82
	cobertura_arvores	Correlation Coefficient	,081	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,470	.	
		N	82	82	

Anexo III – Tabelas com Teste de Homogeneidade de Variâncias, Análise de Variâncias (ANOVA) e Teste de Tukey, por troço.

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Sha	1,784	3	8	,228
Simp	3,029	3	8	,093
BP	3,945	3	8	,054
Pie	1,920	3	8	,205

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sha	Between Groups	3,569	3	1,190	9,486	,005
	Within Groups	1,003	8	,125		
	Total	4,572	11			
Simp	Between Groups	,187	3	,062	5,492	,024
	Within Groups	,091	8	,011		
	Total	,278	11			
BP	Between Groups	,217	3	,072	1,778	,229
	Within Groups	,325	8	,041		
	Total	,542	11			
Pie	Between Groups	,035	3	,012	1,632	,257
	Within Groups	,057	8	,007		
	Total	,092	11			

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) Troços	(J) Troços	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
Sha	1,00	2,00	-,55571	,28915	,292	-1,4817	,3702
		3,00	-,22810	,28915	,858	-1,1540	,6978
		4,00	-1,43521*	,28915	,005	-2,3612	-,5093
	2,00	1,00	,55571	,28915	,292	-,3702	1,4817
		3,00	,32760	,28915	,681	-,5983	1,2535
		4,00	-,87951	,28915	,063	-1,8055	,0464
	3,00	1,00	,22810	,28915	,858	-,6978	1,1540
		2,00	-,32760	,28915	,681	-1,2535	,5983
		4,00	-1,20711*	,28915	,013	-2,1331	-,2812
	4,00	1,00	1,43521*	,28915	,005	,5093	2,3612

		2,00	,87951	,28915	,063	-,0464	1,8055
		3,00	1,20711*	,28915	,013	,2812	2,1331
Simp	1,00	2,00	,20827	,08702	,156	-,0704	,4869
		3,00	,07597	,08702	,819	-,2027	,3546
		4,00	,32613*	,08702	,023	,0475	,6048
	2,00	1,00	-,20827	,08702	,156	-,4869	,0704
		3,00	-,13230	,08702	,470	-,4110	,1464
		4,00	,11786	,08702	,558	-,1608	,3965
	3,00	1,00	-,07597	,08702	,819	-,3546	,2027
		2,00	,13230	,08702	,470	-,1464	,4110
		4,00	,25016	,08702	,079	-,0285	,5288
	4,00	1,00	-,32613*	,08702	,023	-,6048	-,0475
		2,00	-,11786	,08702	,558	-,3965	,1608
		3,00	-,25016	,08702	,079	-,5288	,0285

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Sha

Tukey HSD^a

Troços	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1,00	3	1,1044	
3,00	3	1,3325	
2,00	3	1,6601	1,6601
4,00	3		2,5396
Sig.		,292	,063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Simp

Tukey HSD^a

Troços	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4,00	3	,1107	
2,00	3	,2286	,2286
3,00	3	,3609	,3609
1,00	3		,4368
Sig.		,079	,156

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Anexo IV – Tabelas com Teste de Homogeneidade de Variâncias e Análise de Variâncias (ANOVA), por estação climatológica.

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Sha	,074	2	9	,929
Simp	,808	2	9	,476
BP	,162	2	9	,853
Pie	,310	2	9	,741

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sha	Between Groups	,541	2	,270	,604	,567
	Within Groups	4,031	9	,448		
	Total	4,572	11			
Simp	Between Groups	,037	2	,019	,695	,524
	Within Groups	,241	9	,027		
	Total	,278	11			
BP	Between Groups	,112	2	,056	1,168	,354
	Within Groups	,431	9	,048		
	Total	,542	11			
Pie	Between Groups	,017	2	,008	,990	,409
	Within Groups	,076	9	,008		
	Total	,092	11			

Anexo V – Tabelas e figuras que comparam as temperaturas do ano de amostragem com dados desde 1982.

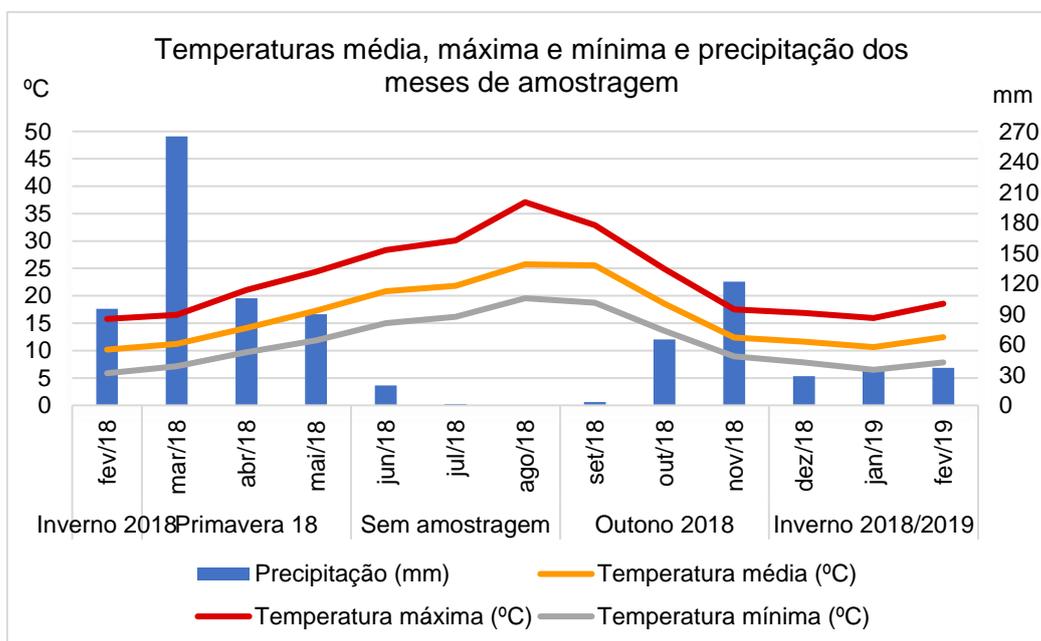


Figura 22 – Gráfico com temperaturas média, máxima e mínima e precipitação (eixo secundário) do ano de amostragem. Dados retirados do Instituto de Ciências da Terra (ICT).

Tabela X – Tabela com temperaturas média, máxima e mínima e precipitação do ano de amostragem. Dados retirados do Instituto de Ciências da Terra (ICT).

	Inverno 2018	Primavera 18			Sem amostragem			Outono 2018			Inverno 2018/2019		
	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19
Temperatura média (°C)	10.168	11.226	14.117	17.268	20.85	21.829	25.742	25.54	18.548	12.371	11.623	10.645	12.446
Temperatura máxima (°C)	15.771	16.487	21.06	24.371	28.363	30.103	37.084	32.88	24.89	17.52	16.835	15.935	18.542
Temperatura mínima (°C)	5.857	7.106	9.697	11.858	15.02	16.142	19.548	18.71	13.581	8.963	7.816	6.506	7.85
Precipitação (mm)	95.122	265.07	105.67	89.948	19.502	1.393	0	3.184	64.874	121.79	28.855	36.019	36.815

Tabela XI – Tabela retirada de CLIMATE-DATA.ORG, com dados entre 1982 e 2012 na cidade de Évora.

	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Temperatura média (°C)	9.6	10.4	12	13.6	26.6	20.3	23.1	23.4	21.8	17.5	12.9	10.1
Temperatura mínima (°C)	6.6	6.7	7.7	9.1	11.3	14.2	16.1	16.4	15.9	13	9.1	6.7
Temperatura máxima (°C)	13.1	14.1	16.3	18.2	21.9	26.5	30.2	30.4	27.7	22	16.7	13.5
Precipitação (mm)	87	86	57	57	41	27	5	4	26	72	83	84

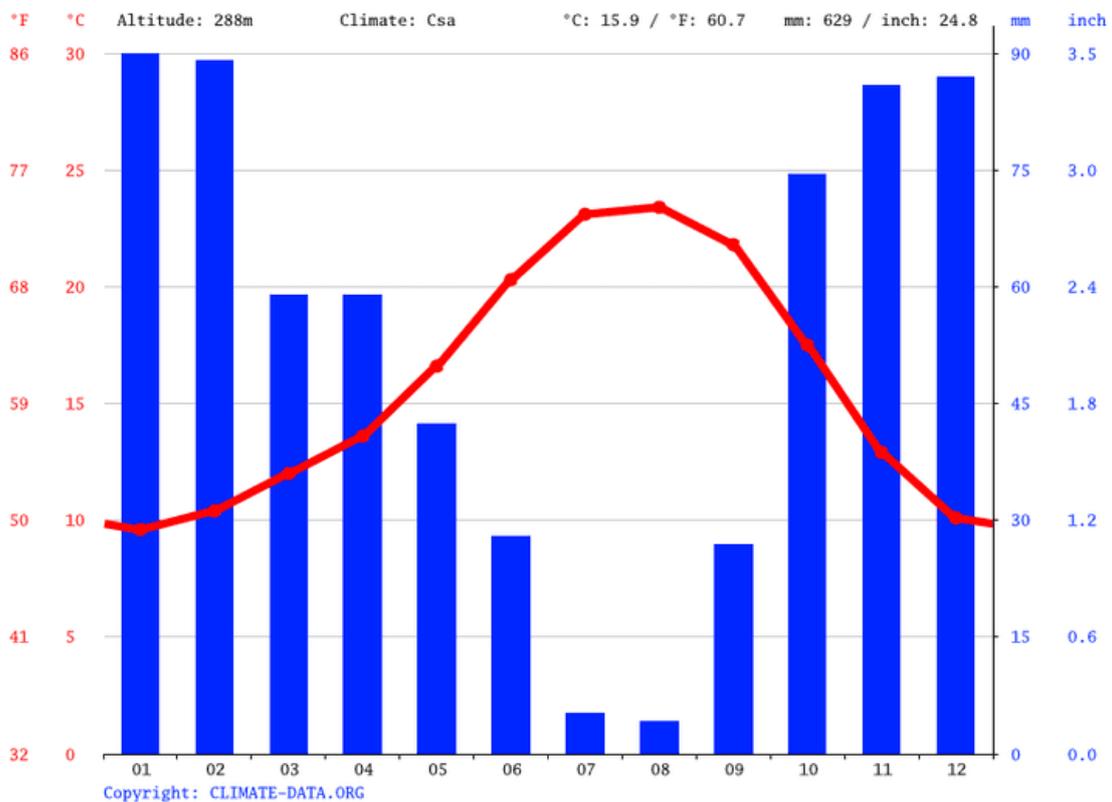


Figura 23 – Gráfico ombrotérmico retirado de CLIMATE-DATA.ORG, com dados entre 1982 e 2012 na cidade de Évora.