

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

Distribuição de artrópodes do solo nos habitats agrícolas (vinha) e semi-naturais adjacentes (montado)

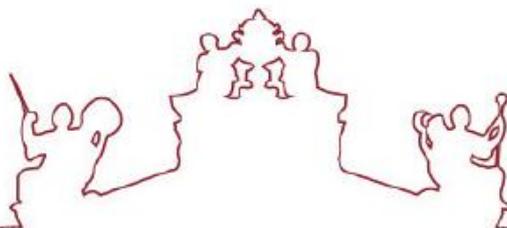
Beatriz Bruno Costa

Orientador(es) | Amália Maria Marques Espiridão de Oliveira

João Marques

Évora 2022





Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

Distribuição de artrópodes do solo nos habitats agrícolas (vinha) e semi-naturais adjacentes (montado)

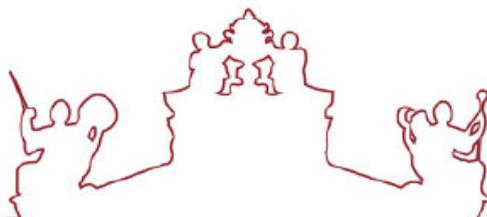
Beatriz Bruno Costa

Orientador(es) | Amália Maria Marques Espiridão de Oliveira

João Marques

Évora 2022





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

Presidente | Paulo Sá-Sousa (Universidade de Évora)

Vogais | Amália Maria Marques Espiridão de Oliveira (Universidade de Évora) (Orientador)
D. Figueiredo (Universidade de Évora) (Arguente)

Évora 2022



Agradecimentos

À minha orientadora, Doutora Amália Oliveira, pelo importante auxílio na amostragem, pela partilha de conhecimentos e ferramentas indispensáveis na identificação dos artrópodes, assim como o seu apoio durante todo este processo.

Ao meu coorientador, Doutor João Tiago Marques, pela sua imensa disponibilidade tanto na análise e interpretação dos dados como na revisão deste trabalho.

À Professora Isabel Ramos, pela apresentação deste tema de dissertação e pela sua amabilidade de me pôr em contacto tanto com a Casa Relvas, assim como com a minha orientadora.

À Casa Relvas, particularmente ao Eng^o Nuno Franco, por gentilmente me possibilitarem a realização deste estudo nas vinhas da Herdade de São Miguel.

À Universidade de Évora, pelos 5 anos repletos de aprendizagens e bons momentos, onde tive a oportunidade de conhecer pessoas e criar memórias que levarei comigo para o resto da minha vida.

A todos os meus familiares e amigos, pelo apoio e incentivo, que me ajudaram imenso durante a elaboração desta dissertação.

À minha mãe, por todo o amor, carinho e ajuda incondicionais, que me ajudou a tornar na pessoa que sou hoje e a alcançar todos os meus objetivos.

Distribuição de artrópodes do solo nos habitats agrícolas (vinha) e semi-naturais adjacentes (montado)

Resumo

A expansão de áreas agrícolas apresenta efeitos ambientais significativos, estando os artrópodes do solo entre os organismos mais afetados. Os objetivos deste trabalho são estudar a distribuição de artrópodes do solo nos habitats agrícolas (vinha) e semi-naturais (montado) adjacentes, e compreender se, e como, varia essa distribuição entre estes habitats e áreas de transição (interface). A área onde se realizou a amostragem de artrópodes localiza-se na Herdade de São Miguel, pertencente à empresa Casa Relvas. A amostragem foi feita utilizando armadilhas de queda. A maioria das ordens de artrópodes apresentaram maior abundância na vinha, com algumas preferindo o interface, revelando a importância da vinha para a biodiversidade dos habitats adjacentes. Os carabídeos também parecem ter sido influenciados pelos fatores da vinha, sendo que não são influenciados pela distância ao montado. As características associadas à vinha parecem contribuir para a maior abundância de artrópodes.

Palavras-chave: Montado; Vinha; Artrópodes do solo; Carabidae

Distribution of soil arthropods in agricultural (vineyard) and adjacent semi-natural (montado) habitats

Abstract

The expansion of agricultural areas has significant environmental effects and soil arthropods are among the most affected. The objectives of this work are to study the distribution of soil arthropods in agricultural (vinha) and adjacent semi-natural (montado) habitats, and to understand if, and how, this distribution varies between these habitats and in transition areas (interface). The area where the arthropod sampling was carried out is located in Herdade de São Miguel, belonging to the company Casa Relvas, and the sampling used was pitfall traps. Most of the analyzed arthropods' orders were more abundant in the Vineyard, with some preferring the interface, showing the importance of the vineyard for the biodiversity of adjacent habitats. The carabids also seem to be influenced by factors of the vineyard, but not by the distance to the montado. The characteristics associated with the vineyard seem to contribute to a greater abundance of arthropods.

Key words: Montado; Vineyard; Soil arthropods; Carabidae

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tabelas.....	vi
Introdução	
Vitivinicultura e os seus impactos na biodiversidade do solo.....	1
Serviços de ecossistema.....	3
Artrópodes do solo.....	5
Objetivos do trabalho.....	8
Metodologia	
Área de Estudo.....	9
Amostragem.....	9
Análise Estatística.....	12
Resultados	
Riqueza taxonómica (S) e abundância (n) total nos locais.....	13
Abundância absoluta (n) de artrópodes.....	15
Análise multivariada da abundância de carabídeos.....	18
Relação entre as espécies de carabídeos e o local.....	21
Discussão.....	24
Conclusão.....	27
Referências Bibliográficas.....	28
Anexos.....	33

Índice de Figuras

Figura 1: Herdade de São Miguel com a representação dos locais em estudo (Google Earth Pro, 2017): M – Montado; I – Interface; V – Vinha.....	10
Figura 2: Armadilha de pitfall no processo da sua colocação na entrelinha do interface (à esquerda), e de uma armadilha completa com o “telhado” no montado (à direita).....	10
Figura 3: Frequência relativa de cada classe no total de artrópodes amostrados.....	13
Figura 4: Abundância absoluta de ácaros, himenópteros, e isópodes em relação ao tipo de local.....	15
Figura 5: Abundância absoluta de aranhas e dípteros em relação ao tipo de local. As letras representam os grupos identificados pelo teste <i>a posteriori</i>	16
Figura 6: Abundância absoluta de hemípteros em relação ao tipo de local.....	17
Figura 7: Abundância absoluta de coleópteros e carabídeos em relação ao tipo de local. As letras representam os grupos identificados pelo teste <i>a posteriori</i>	18
Figura 8: Abundância das unidades taxonómicas de carabídeos. A abundância foi calculada através da fórmula apresentada no gráfico. As unidades taxonómicas correspondentes às abreviaturas podem ser consultadas na Tabela 3.....	20
Figura 9: Resíduos do modelo linear generalizado das abundâncias das espécies de carabídeos em relação ao tipo de local, distância ao montado e interação entre as duas variáveis, usando a distribuição binomial negativa.....	21
Figura 10: Abundância de cada unidade taxonómica de carabídeos em relação a cada tipo de local. A abundância foi calculada através da fórmula apresentada no gráfico e cada símbolo representa uma armadilha pitfall. As unidades taxonómicas correspondentes às abreviaturas podem ser consultadas na Tabela 3.....	22

Índice de Tabelas

Tabela 1: Classes registadas neste estudo e a sua menor unidade taxonómica identificada.....	11
Tabela 2: Valores de abundância absoluta (n) e frequência relativa (Fr) de artrópodes por tipo de local.....	15
Tabela 3: Nomes científicos e abreviaturas correspondentes às unidades taxonómicas de carabídeos identificadas.....	19
Tabela 4: Modelo multivariado que relaciona a comunidade de carabídeos com o tipo de local, a distância ao montado e a interação entre as duas variáveis.....	20
Tabela 5: Resultado da análise univariada da abundância de cada unidade taxonómica de carabídeos em relação ao tipo de local. As unidades taxonómicas correspondentes às abreviaturas podem ser consultadas na Tabela 3.....	23

Introdução

➤ Vitivinicultura e os seus impactos na biodiversidade do solo

A agricultura representa a forma dominante de ocupação do solo pelo Homem a nível mundial, sendo aproximadamente 40% do solo dedicado a esse fim (Pérez-Bote e Romero, 2012; Souty-Grosset e Faberi, 2018). As paisagens agrícolas normalmente consistem num mosaico de habitats cultivados e semi-naturais (Bianchi *et al.*, 2006; Tschardtke *et al.*, 2007; Gardiner *et al.*, 2009; Gonçalves *et al.*, 2018; Rosas-Ramos *et al.*, 2018; Taranto *et al.*, 2022); no entanto, a expansão de áreas agrícolas provoca fragmentação e consequente destruição de habitats semi-naturais, tendo como resultado um declínio acentuado na biodiversidade e nos serviços de ecossistema (Rainio e Niemelä, 2003; Bianchi *et al.*, 2006; Stone *et al.*, 2018). Com o aumento do impacto antropogénico, existe um interesse crescente na conservação da biodiversidade, através da gestão destas áreas, diminuindo o seu impacto e tornando-as numa atividade sustentável que possa contribuir para a sua exploração equilibrada (Viers *et al.*, 2013).

A vitivinicultura é uma atividade agrícola de elevada importância económica na região mediterrânica. Nesta região ocorrem as condições climáticas ideais para o cultivo de vinha, caracterizadas por um clima temperado de invernos frios e húmidos, e de verões quentes e secos (Viers *et al.*, 2013). Portugal continental é atualmente o nono produtor de vinho do mundo (International Organisation of Vine and Wine, 2019), sendo a área de vinha plantada em 2021 de 189 640 hectares (Instituto da Vinha e do Vinho, 2022).

Do ponto de vista ecológico, a vitivinicultura tem efeitos ambientais significativos pois grande parte dessas áreas apresentam comunidades ecológicas e ecossistemas simplificados, devido à homogeneização da paisagem, assim como a ocupação de habitats-chave, representando uma ameaça à biodiversidade (Viers *et al.*, 2013; Franin *et al.*, 2016; Gonçalves *et al.*, 2018; Kolb *et al.*, 2020). Esta homogeneização, juntamente com a

intensificação da vitivinicultura, tem um impacto profundo nas comunidades ecológicas, podendo causar alterações às características do solo, microclima e vegetação (Pérez-Bote e Romero, 2012).

A abundância e diversidade dos artrópodes do solo dependem da estrutura da paisagem, estando entre os mais afetados pela agricultura (Masoni *et al.*, 2017); pelo que a presença de habitats semi-naturais em paisagens agrícolas é crucial para estes organismos. Os habitats semi-naturais são locais temporalmente mais estáveis e heterogêneos do que as áreas agrícolas, fornecem diversos recursos importantes para artrópodes, como cobertura vegetal permanente adequada para hibernação, refúgios contra perturbações, bem como recursos alimentares. Estes habitats, quando localizados na proximidade de áreas cultivadas, podem auxiliar no controlo de espécies de artrópodes com impacto negativo em culturas, aumentando a abundância dos seus inimigos naturais (Bianchi *et al.*, 2006; Tschardtke *et al.*, 2007; Carlos *et al.*, 2013; Gonçalves *et al.*, 2013; Duflot *et al.*, 2015).

Os habitats semi-naturais, como o montado e as orlas de áreas agrícolas, normalmente suportam uma maior biodiversidade do que as áreas agrícolas adjacentes. Como consequência, as paisagens heterogêneas compostas de habitats agrícolas e habitats semi-naturais suportam uma maior biodiversidade do que paisagens agrícolas homogêneas e simplificadas (Bianchi *et al.*, 2006; Pérez-Bote e Romero, 2012).

Como resultado da preocupação crescente pela perda de habitats e pelos impactos na biodiversidade provocados pela vitivinicultura, Viers *et al.* (2013) criaram o conceito Vinecologia e definiram-no como a integração de princípios e práticas ecológicas e vitivinícolas sustentáveis, considerando a paisagem agrícola dentro do contexto do habitat natural circundante e todos os processos e funções ecológicos que sustentam esse habitat. Este conceito apresenta soluções para o setor vitivinícola e para a conservação da natureza, em que o objetivo é a obtenção de uma paisagem diversificada que produza benefícios económicos e sustentáveis, proteção de espécies auxiliares e habitats, bem como um fornecimento de longo prazo de serviços de ecossistema (Gonçalves *et al.*, 2018).

➤ **Serviços de ecossistema**

A maioria da biodiversidade dos agroecossistemas ocorre no solo, desempenhando um papel crítico no fornecimento de serviços essenciais para o funcionamento sustentável dos habitats semi-naturais e agrícolas (Jeffery *et al.*, 2010; Caprio *et al.*, 2015; Menta e Remelli, 2020; Gonçalves *et al.*, 2021). Os serviços de ecossistema são as características ecológicas, funções ou processos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano. Estes incluem:

- ❖ serviços de **aprovisionamento**, como alimentos, água, madeira e combustíveis;
- ❖ serviços de **regulação**, que têm como finalidade regular fatores ou processos ambientais, como o controlo biológico, polinização, dispersão de sementes, decomposição do solo e regulação climática;
- ❖ serviços **culturais**, que incluem valores recreativos, espirituais e estéticos; e
- ❖ serviços de **suporte**, cujo propósito é a produção de outros serviços do ecossistema, como regulação do ciclo de nutrientes, formação do solo e aprovisionamento de habitats para a biodiversidade (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Fiedler *et al.*, 2008; Costanza *et al.*, 2017; Gonçalves *et al.*, 2021).

Os agroecossistemas têm como finalidade otimizar os serviços de aprovisionamento de bens materiais, dependendo de diversos serviços de suporte e regulação. No entanto, estes ecossistemas também podem gerar funções e propriedades vistas como prejudiciais e com impactos negativos, denominados de "desserviços do ecossistema", como é o caso dos danos causados por espécies com impacto negativo, através de herbivoria, reduzindo a produtividade dos habitats agrícolas (Zhang *et al.*, 2007; Costanza *et al.*, 2017; Gonçalves *et al.*, 2021). As interações entre serviços e desserviços de ecossistema dependem de como os agroecossistemas são geridos ao nível do habitat agrícola, assim como da paisagem que o rodeia (Zhang *et al.*, 2007; Fiedler *et al.*, 2008; Paiola *et al.*, 2020).

Os artrópodes do solo estão envolvidos em vários processos ambientais que são vitais para todo o ecossistema, através de serviços de regulação como polinização e controlo de espécies com impactos negativos; e através de serviços de suporte, como manutenção da estrutura do solo e intervenção no ciclo de nutrientes (Lavelle *et al.*, 1997; Pérez-Bote e Romero, 2012; Souty-Grosset e Faberi, 2018; Menta e Remelli, 2020; Gonçalves *et al.*, 2021).

Relativamente aos serviços de regulação, a reduzida diversidade de plantas em sistemas agrícolas (devido à monocultura) aliada a práticas inadequadas, podem criar condições favoráveis para o aumento e disseminação de espécies que potencialmente causam danos às colheitas (Bianchi *et al.*, 2006). Um processo importante que os artrópodes predadores realizam é o consumo destas espécies (Haan *et al.*, 2021), atuando como controladores populacionais das mesmas (Engelmann, 1961).

Os artrópodes têm um papel importante no funcionamento dos ecossistemas do solo através de serviços de suporte, atuando como transformadores de matéria orgânica e engenheiros do ecossistema, melhorando assim a qualidade do solo e suas propriedades estruturais (Culliney, 2013; Gonçalves *et al.*, 2018). Ao alterarem as condições físico-químicas do solo, assim como a sua hidrologia, os artrópodes podem (direta e indiretamente) regular a disponibilidade de recursos para outras espécies (Lavelle *et al.*, 1997; Jeffery *et al.*, 2010; Culliney, 2013). A transformação de matéria orgânica, através de decomposição e humificação da mesma, é um dos serviços de ecossistema mais importantes dos organismos do solo (Gonçalves *et al.*, 2021), apresentando uma grande influência na fertilidade do mesmo (Bagyaraj *et al.*, 2016). As práticas agrícolas que utilizam poucas ou nenhuma operações de lavoura geralmente promovem a atividade de engenheiros do ecossistema e melhoram as características físicas do solo (Jeffery *et al.*, 2010).

Outros dos serviços de suporte que estão ligados aos artrópodes do solo é a regulação da disponibilidade e absorção de nutrientes, como é o caso do azoto, que é disponibilizado através da sua fixação biológica ou mineralização (Jeffery *et al.*, 2010).

Para além do seu papel no ecossistema, os artrópodes respondem a vários fatores ambientais, ecológicos e antropogénicos, como o teor de matéria orgânica, características do solo, vegetação, perturbação do solo (lavoura mecânica), fogo e poluição (Rainio e Niemelä, 2003; Menta e Remelli, 2020), sendo por isso reconhecidos como bioindicadores, mais concretamente indicadores da qualidade do solo (Lavelle *et al.*, 2006; Menta e Remelli, 2020).

➤ **Artrópodes do solo**

Do número total de espécies de organismos descritas atualmente (aproximadamente 1,5 milhões), a fauna do solo apresenta cerca de 360 mil espécies, sendo que cerca de 80% das espécies pertencem à classe Insecta, 12% à classe Arachnida e 5% corresponde a outros artrópodes do solo (Decaëns *et al.*, 2006).

Os insetos são abundantes em todos os ecossistemas do solo e apresentam uma grande variedade intra e interespecífica, sendo elevado o seu significado funcional para agroecossistemas (Jankielsohn, 2018), nomeadamente nas vinhas. Entre as ordens de insetos mais importantes destacam-se:

A ordem Hymenoptera, que fornece importantes serviços de regulação, como a polinização e a limitação natural de espécies com impacto negativo nas culturas (Gonçalves *et al.*, 2013). Nesta ordem estão incluídas as formigas (Formicidae), um dos grupos de organismos mais abundantes no solo, encontrados em grande parte dos ecossistemas, incluindo habitats agrícolas como as vinhas (Thomson *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2021). São engenheiras de ecossistemas, pelos seus efeitos na modificação da estrutura e nos processos do solo, que afetam direta e indiretamente os fluxos de energia e de materiais nos ecossistemas, bem como os habitats de outras espécies (Folgarait, 1998; Culliney, 2013; Gonçalves *et al.*, 2018). Através da sua atividade, as formigas modificam as propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, deslocando partículas sedimentares (bioturbação) e

acumulando matéria orgânica; estes serviços de suporte providenciados pelas formigas impactam significativamente o funcionamento do ecossistema, em diferentes escalas espaciais e temporais (Lavelle *et al.*, 1997; Folgarait, 1998; Jouquet *et al.*, 2006; Wilkinson *et al.*, 2009).

As formigas podem ser consideradas como bioindicadores, pois possuem uma elevada diversidade específica e estão presentes em diversos níveis tróficos, como por exemplo predadores, herbívoros e detritívoros (Jeffery *et al.*, 2010).

A ordem Coleoptera, para além da sua elevada variedade taxonómica e funcional, destaca-se pela prestação de múltiplos serviços de suporte e de regulação, como intervenção no ciclo de nutrientes, bioturbação, melhoria do crescimento de plantas, dispersão de sementes, polinização e regulação trófica (Nichols *et al.*, 2008). Nas vinhas, algumas espécies de Coleoptera têm sido indicadas como potenciais inimigos naturais de espécies herbívoras (Hadjicharalampous *et al.*, 2002; Thomson e Hoffmann, 2013), como é o caso da família Carabidae.

Os carabídeos são uma das famílias de insetos mais estudadas, devido à sua elevada diversidade específica (Holland, 2002; Jiménez-García *et al.*, 2019). Em agroecossistemas, são uma das famílias mais comuns de artrópodes de superfície do solo, com uma biologia relativamente bem conhecida (Cole *et al.*, 2002); na vinha são elementos reguladores importantes (Caprio *et al.*, 2015), dado que a maioria das espécies são predadores polífagos, preservando funções e serviços de ecossistema e promovendo a sustentabilidade do agroecossistema (Kromp, 1999; Cole *et al.*, 2002; Fiera *et al.*, 2020).

Também são considerados bioindicadores pois são sensíveis a fatores bióticos e abióticos, como temperatura, humidade, vegetação, luz e recursos alimentares, respondendo rapidamente à fragmentação de habitat e aos impactos provocados pelas práticas agrícolas (Kromp, 1999; Niemelä, 2001; Holland, 2002; Rainio e Niemelä, 2003; Jiménez-García *et al.*, 2019).

Para além dos insetos, os aracnídeos também estão bastante presentes nas vinhas. As aranhas (Arachnida, Aranea) são um dos grupos de predadores mais abundante neste habitat agrícola (Costello e Daane, 1995; Gaigher e Samways, 2010; Pérez-Bote e Romero, 2012; Gonçalves *et al.*, 2018), desempenhando também um papel importante na regulação de espécies com impacto negativo nas videiras (Bolduc *et al.*, 2005; Isaia *et al.*, 2006; Gaigher e Samways 2014; Caprio *et al.*, 2015; Fiera *et al.*, 2020). Apesar das aranhas poderem reduzir fortemente essas espécies nocivas, também podem atuar como predadores intraguilda, reduzindo o controlo biológico realizado por outros predadores especialistas ou parasitóides (Caprio *et al.*, 2015); sendo necessária uma variedade de espécies complementares em fatores como distribuição e preferência alimentar para um bom funcionamento do agroecossistema (Bolduc *et al.*, 2005; Gaigher, 2008; Gaigher e Samways, 2014).

Pensa-se que as aranhas possam ser bons bioindicadores (Jeffery *et al.*, 2010), pois são fortemente influenciadas por mudanças ambientais, alterações no seu habitat (principalmente relativas à vegetação) e fatores microclimáticos, sendo que a variação na sua composição e abundância pode indicar a qualidade biológica do habitat (Menta e Remelli, 2020).

Os ácaros, também pertencentes aos aracnídeos, ocorrem em todos os tipos de habitats (Vermaak, 2019), como as vinhas, onde possuem amplas estratégias de alimentação (Jeffery *et al.*, 2010; Fiera *et al.*, 2020). Existem espécies de ácaros que provocam danos nas videiras, mas também outras que fornecem serviços de regulação e suporte, através da predação de espécies nocivas e promoção de uma melhor estrutura do solo através da fragmentação da matéria orgânica, respetivamente (Jeffery *et al.*, 2010; Gonçalves *et al.*, 2013; Vermaak, 2019).

Os isópodos terrestres também apresentam elevada importância no funcionamento dos processos do solo, podendo ser considerados engenheiros do ecossistema, através da bioturbação, decomposição de matéria orgânica, assim como disponibilização e regulação do ciclo de nutrientes (Bagyaraj *et al.*,

2016; Souty-Grosset e Faberi, 2018). Esta ordem ocorre frequentemente em agroecossistemas, e está fortemente associada a habitats húmidos (Hadjicharalampous *et al.*, 2002; Jeffery *et al.*, 2010; Perez e Barrion-Dupo, 2013), sendo amplamente afetados pelas características associadas ao solo, como humidade, aplicação de pesticidas e mobilização do solo (Souty-Grosset e Faberi, 2018). Para além disso, apresentam uma baixa capacidade de dispersão e uma vasta diversidade específica no Mediterrâneo, sendo assim bons indicadores ecológicos e biogeográficos (Jeffery *et al.*, 2010).

Dado o interesse crescente em torno da sustentabilidade da agricultura, é necessário aprofundar o conhecimento relativo às espécies de artrópodes do solo que ocorrem no agroecossistema da vinha e como os diferentes tipos de habitats influenciam estas comunidades.

➤ **Objetivos do trabalho**

Os objetivos deste trabalho são estudar a distribuição de artrópodes do solo nos habitats agrícolas (vinha) e semi-naturais (montado) adjacentes, e compreender se, e como, varia essa distribuição entre estes habitats e em áreas de transição (interface). Estes objetivos foram avaliados através da análise de várias taxa de artrópodes (classe, ordem e família) e espécies de carabídeos.

Metodologia

➤ Área de Estudo

A área onde se realizou a amostragem de artrópodes localiza-se na Herdade de São Miguel, pertencente à empresa produtora de vinhos Casa Relvas. Esta herdade está localizada no município do Redondo, tem cerca de 35 hectares de vinha em produção integrada plantados, e apresenta um solo franco-argiloso derivado de xisto.

Na Herdade de São Miguel, a casta plantada é a Aragonez, tendo sido instalada em 2001 (Casa Relvas, 2022). A vinha está envolvida por montado e terrenos com pastagens. A cerca de 200m a norte existe um corpo de água com aproximadamente 1,8km² (Figura 1).

➤ Amostragem

A amostragem dos artrópodes foi feita utilizando armadilhas de queda do tipo pitfall, colocadas no solo. No total, foram colocadas 28 armadilhas: um conjunto de quatro armadilhas em zona de montado e seis conjuntos de quatro armadilhas em vinha. Cada conjunto de armadilhas foi disposto num transecto linear, sendo a distância entre cada armadilha cerca de 3 a 4 metros. Em cada um dos locais de vinha, duas armadilhas foram colocadas na linha das videiras e duas na entrelinha.

Na zona de vinha, as linhas possuíam um sistema de irrigação gota-a-gota localizado à superfície do solo. As entrelinhas, que estavam enrelvadas, não sofreram quaisquer alterações por mobilização de solo ou corte da vegetação durante a realização deste estudo.

No total efetuaram-se três recolhas dos artrópodes capturados, nos meses de maio e junho de 2021. Os dados recolhidos tiveram como finalidade a caracterização da fauna de artrópodes da área de estudo.



Figura 1: Herdade de São Miguel com a representação dos locais em estudo (Google Earth Pro, 2017): M – Montado; I – Interface; V – Vinha.

As armadilhas de solo ou “pitfall” consistem num copo de plástico de 14 centímetros de profundidade e 8 de diâmetro enterrado no chão, coberto com um “telhado” metálico para evitar a queda de vertebrados, folhas ou água da chuva. Dentro do copo, como conservante, colocou-se uma solução de etilenoglicol a 25% com gotas de detergente, para diminuir a tensão superficial, realizando-se a recolha de artrópodes em intervalos de 15 dias (Figura 2).



Figura 2: Armadilha de pitfall no processo da sua colocação na entrelinha do interface (à esquerda), e de uma armadilha completa com o “telhado” no montado (à direita).

Após a recolha no campo, os espécimes foram conservados em sacos de plástico etiquetados, com álcool etílico a 70% e no frio. Posteriormente, em laboratório realizou-se o processo de triagem, separando os artrópodes capturados do restante material, e a sua colocação em tubos distintos com álcool a 70%, de forma a facilitar a identificação e contagem subsequentes.

A identificação foi realizada utilizando lupa binocular Leica de modelo “WILD M3” com um poder de ampliação 40X e os livros: *Curso Practico de Entomología* (Barrientos, 2004) e *Insects of Britain and Western Europe* (Chinery, 2007). Para os carabídeos foi utilizado *Coleópteros carabídeos (Coleoptera, Carabidae) de Portugal Continental: Chaves para a sua identificação* (Aguiar e Serrano, 2012).

Os indivíduos das classes registadas neste estudo foram identificados da forma apresentada na Tabela 1. Os insetos das ordens Hymenoptera e Coleoptera foram identificados até à família; à exceção dos carabídeos, em que a sua identificação foi realizada sempre que possível até à espécie, com seis indivíduos apenas identificados até ao género (*Microlestes*, *Platyderus* e *Syntomus*).

As larvas ocorridas nos três locais, pertencentes às ordens Blattodea, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Neuroptera, apesar de terem sido identificadas, não foram analisadas neste estudo.

Tabela 1: Classes registadas neste estudo e a sua menor unidade taxonómica identificada.

Classe	Menor unidade taxonómica identificada
Chilopoda	Classe
Diplopoda	Classe
Arachnida	Ordem
Insecta (exceto ordens Hymenoptera e Coleoptera)	Ordem
Malacostraca	Família

➤ **Análise estatística**

Embora todas as armadilhas tenham sido amostradas, para a avaliação de diferenças entre a vinha e o montado, apenas 12 foram analisadas estatisticamente, considerando um conjunto de quatro armadilhas em cada local: habitat semi-natural (montado), área de transição (interface) e habitat agrícola (vinha). Os conjuntos de armadilhas do montado e do interface encontravam-se a uma distância de cerca de 20 metros; sendo que o conjunto de armadilhas da Vinha localizava-se aproximadamente a 100 metros do interface. O transecto situado a 20 metros do montado foi considerado como área de transição, pois é influenciado fortemente pelos dois habitats envolventes (montado e vinha). Na figura 1 estão identificados os transectos onde foram colocadas as armadilhas pitfall, sendo que os transectos coloridos representam cada local estudado, e os transectos a branco os que não foram analisados estatisticamente.

Os dados foram analisados através dos programas R (R Core team, 2021) e Excel (Microsoft Office, 2019), de modo a perceber se existiam diferenças entre a composição de espécies de artrópodes adultos nos três tipos de locais considerados (montado, interface e vinha).

Primeiramente, usando o programa Excel, observou-se a frequência relativa (Fr) e abundância absoluta (n) de cada unidade taxonómica de artrópodes. Calculou-se também a frequência relativa de cada ordem em relação à classe a que pertence, assim como a de cada família relativa à sua ordem. De seguida, foram determinados os valores de abundância absoluta (n) e frequência relativa (Fr) para cada local.

De modo a verificar se existiam diferenças significativas nas abundâncias absolutas (n) das ordens mais numerosas entre os três locais (incluindo os coleópteros da família Carabidae), utilizou-se o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis e, para uma análise *a posteriori*, o teste Nemenyi, ambos mediante o programa R (R Core Team, 2021).

A pesquisa da diferença entre locais, i.e., montado, interface e vinha, foi também investigada utilizando uma análise multivariada aplicada à abundância das espécies de carabídeos, com o pacote mvabund (Wang *et al.*, 2012). Esta análise permitiu a identificação das espécies que poderão contribuir para as potenciais diferenças entre locais.

Resultados

➤ Riqueza taxonómica (S) e abundância (n) total nos locais

No total foram recolhidos 11182 artrópodes adultos, pertencentes a cinco classes: Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Insecta e Malacostraca. A classe com o maior número de artrópodes foi a Insecta, tendo sido capturados 9343 indivíduos; seguindo-se as classes Arachnida e Malacostraca, sendo estas também importantes e representativas, com 1389 e 352 indivíduos, respetivamente. Ainda foram registados 85 espécimes da classe Chilopoda e 13 da classe Diplopoda. A Figura 3 representa as frequências relativas das diferentes classes no total de artrópodes adultos amostrados.

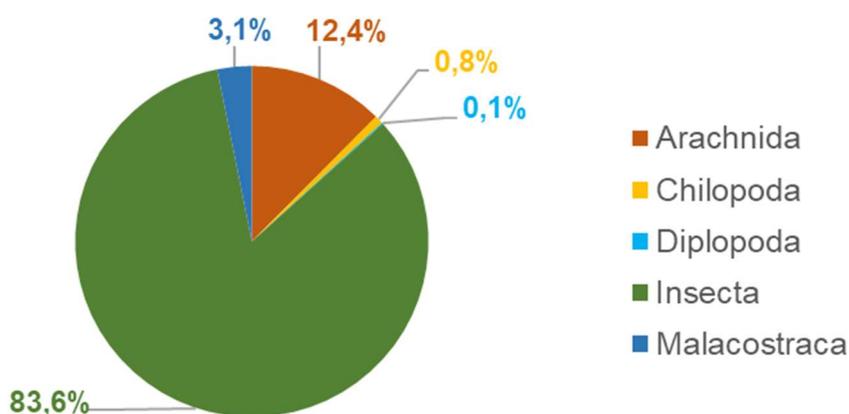


Figura 3: Frequência relativa de cada classe no total de artrópodes amostrados.

Na classe Insecta foram observadas 13 ordens: Blattodea, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Embioptera, Hemiptera, Hymenoptera, Neuroptera, Orthoptera, Psocoptera, Siphonaptera, Thysanoptera e Zygentoma. As quatro ordens mais comuns (maior número de indivíduos) foram a Hymenoptera com 78% do total da classe, a Coleoptera com 9%, e a Diptera e Hemiptera com 6%; as restantes nove ordens representavam cerca de 1% da totalidade de insetos.

Na classe Arachnida, foram identificadas quatro ordens distintas: Acari, Araneae, Opiliones e Pseudoescorpiones. As ordens que perfazem quase a totalidade dos aracnídeos são a Araneae com 52%, e a Acari com 40% do total da classe. No que diz respeito à classe Malacostraca, todos os indivíduos foram identificados até à única família registada neste estudo, a Armadillidiidae (ordem Isopoda).

Em relação à totalidade dos artrópodes identificados, as sete ordens mais numerosas foram: Hymenoptera com 65% dos indivíduos; Coleoptera e Araneae com 7% e 6%, respetivamente; as ordens Acari, Diptera e Hemiptera, cada uma com 5%; e a ordem Isopoda com 3% do total.

Foram identificados 7286 indivíduos da ordem Hymenoptera, que estão divididos em três famílias, sendo que a Formicidae representa 98% da totalidade dos himenópteros. Relativamente à ordem Coleoptera, os 834 indivíduos estão distribuídos por 25 famílias, sendo a mais importante a Carabidae, porque apresenta 47% dos coleópteros capturados.

As ordens mais numerosas apresentaram maior abundância na vinha, exceto as ordens Acari e Hymenoptera, que foram mais abundantes no interface, acabando por influenciar os dados gerais de abundância absoluta por tipo de local (Tabela 2). As abundâncias absolutas totais e por tipo de local de cada unidade taxonómica de artrópodes adultos recolhidos podem ser observadas na Tabela 1 dos Anexos.

Tabela 2: Valores de abundância absoluta (n) e frequência relativa (Fr) de artrópodes por tipo de local.

Tipo de local	n	Fr
Montado	2980	27%
Interface	4166	37%
Vinha	4037	36%

➤ **Abundância absoluta (n) de artrópodes**

As ordens Acari e Hymenoptera exibiram maior abundância absoluta na área de transição (interface), podendo ser influenciadas pelos dois habitats adjacentes; enquanto a ordem Isopoda foi mais abundante na vinha (Figura 4). Contudo, não foram encontradas diferenças significativas na abundância absoluta entre os tipos de locais estudados (Kruskal-Wallis: valor-p = 0,2866; valor-p = 0,3897 e valor-p = 0,0914, respectivamente).

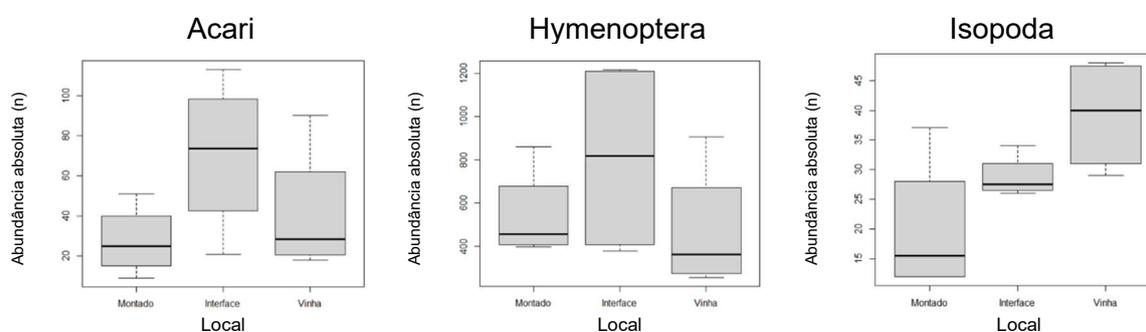


Figura 4: Abundância absoluta de ácaros, himenópteros, e isópodes em relação ao tipo de local.

Nos restantes grupos taxonômicos analisados foram encontradas diferenças entre locais (Araneae, Diptera, Hemiptera, Coleoptera e Carabidae).

A abundância absoluta da ordem Araneae demonstrou diferenças significativas entre pelo menos dois dos três locais (Kruskal-Wallis: valor-p = 0,0181). O teste *a posteriori* confirmou diferenças significativas entre o habitat

agrícola (vinha) e a área de transição (interface) (valor-p = 0,0166), sendo que as aranhas foram mais abundantes na vinha. Para os pares de locais montado-interface e montado-vinha não foram encontradas diferenças significativas (valor-p = 0,7126 e valor-p = 0,1220, respectivamente).

A abundância da ordem Diptera também exibiu diferenças significativas entre pelo menos dois dos três locais (Kruskal-Wallis: valor-p = 0,0210). O teste *a posteriori* provou que as diferenças significativas de abundâncias se encontravam entre o habitat agrícola (vinha) e a área de transição (interface) (valor-p = 0,0221), com a vinha a apresentar mais indivíduos (Figura 5). Os locais montado e interface não apresentaram diferenças significativas na abundância absoluta de dípteros (valor-p = 0,8264), assim como os habitats montado e vinha (valor-p = 0,0985).

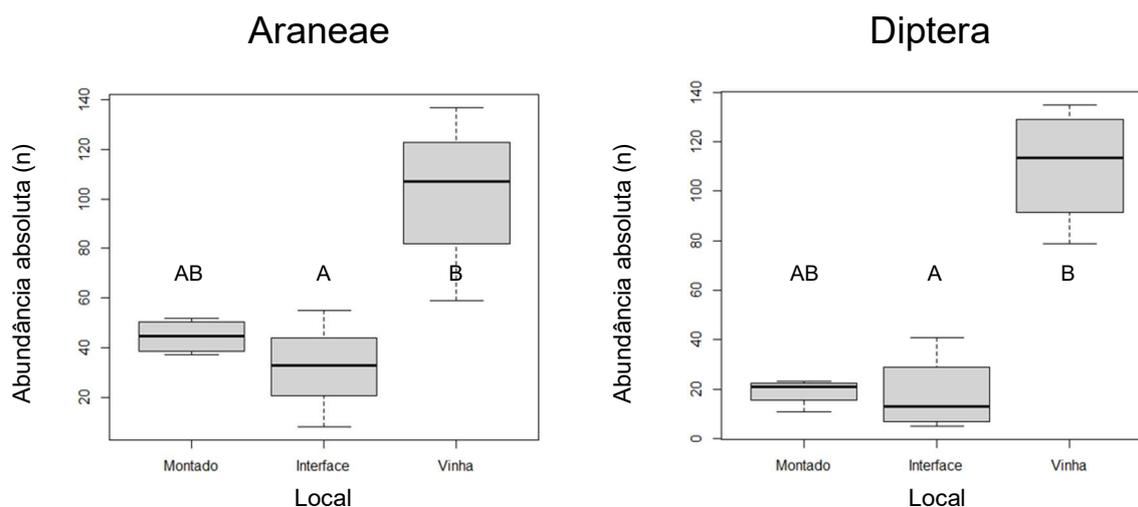


Figura 5: Abundância absoluta de aranhas e dípteros em relação ao tipo de local. As letras representam os grupos identificados pelo teste *a posteriori*.

Os dados de abundância absoluta de Hemiptera também evidenciaram diferenças significativas entre pelo menos dois dos três locais (Kruskal-Wallis: valor-p = 0,0388), no entanto o teste *a posteriori* não indicou diferenças significativas (Figura 6). Os locais montado e interface não apresentaram uma abundância absoluta de hemípteros diferente (valor-p = 0,9947), e apesar do valor de significância do teste entre os locais interface e vinha, como entre os habitats montado e vinha ser próximo de 0,05, não pode ser considerado como

significativo (valor-p = 0,0787 e valor-p = 0,0623, respectivamente), embora os hemípteros tenham sido mais abundantes na vinha.

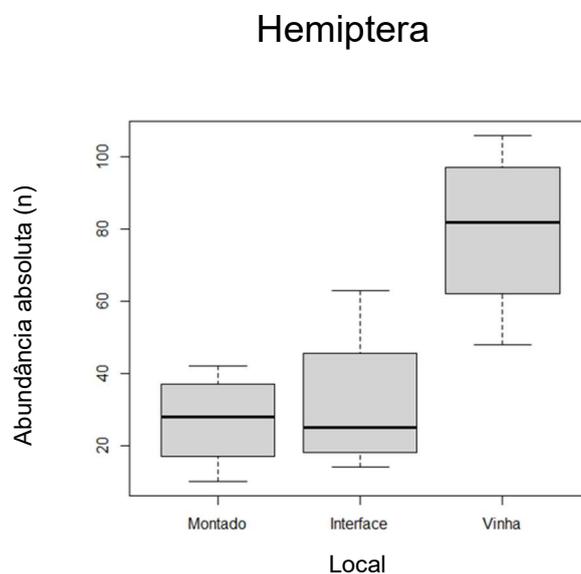


Figura 6: Abundância absoluta de hemípteros em relação ao tipo de local.

É possível observar que a maior abundância absoluta de coleópteros assim como de carabídeos, ocorreu na vinha (Figura 7). Os dados de abundância absoluta da ordem Coleoptera mostraram diferenças significativas entre pelo menos dois dos três locais (Kruskal-Wallis: valor-p = 0,0241). O teste *a posteriori* identificou que as diferenças de abundância absoluta se encontravam entre o montado e vinha (valor-p = 0,0378). Os locais montado e interface não apresentaram diferenças na abundância de coleópteros (valor-p = 0,9790), nem os locais interface e vinha (valor-p = 0,0623).

A abundância absoluta de indivíduos da família Carabidae apresentou semelhanças com o padrão da ordem Coleoptera (Kruskal-Wallis: valor-p = 0,0164), sendo que segundo o teste *a posteriori* os habitats vinha e montado (valor-p = 0,0144) são os que apresentam tais diferenças. Os locais montado e interface, bem como interface e vinha, apresentaram uma abundância absoluta de carabídeos semelhante (valor-p = 0,6514 e valor-p = 0,1352, respectivamente).

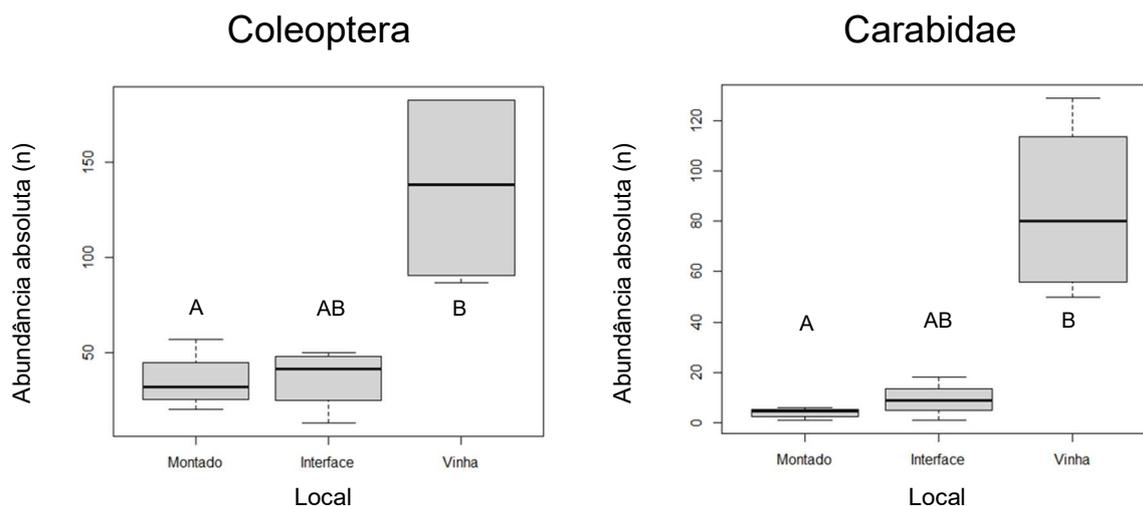


Figura 7: Abundância absoluta de coleópteros e carabídeos em relação ao tipo de local. As letras representam os grupos identificados pelo teste *a posteriori*.

➤ **Análise multivariada da abundância de carabídeos**

Os carabídeos foram a família de coleópteros mais amostrada, com 392 espécimes recolhidos, distribuídos por 13 unidades taxonómicas. A maioria dos carabídeos (339 indivíduos) foram amostrados no habitat agrícola (vinha), 37 espécimes ocorreram na área de transição (interface) e 16 no habitat semi-natural (montado), como se pode observar na Tabela 2 dos Anexos.

Na Tabela 3 consta a lista de unidades taxonómicas de carabídeos identificadas e a respetiva abreviatura utilizada nas análises seguintes.

Tabela 3: Nomes científicos e abreviaturas correspondentes às unidades taxonômicas de carabídeos identificadas.

Nome científico	Abreviatura
<i>Amara (Amara) aenea</i>	ama.aene
<i>Brachinus (Brachynaptinus) bellicosus</i>	bra.bell
<i>Brachinus (Brachynidius) sclopeta</i>	bra.sclo
<i>Carabus (Macrothorax) rugosus celtibericus</i>	car.rugo
<i>Microlestes abeillei</i>	mic.abei
<i>Microlestes luctuosus</i>	mic.luct
<i>Microlestes spp.</i>	mic.sp
<i>Bembidion (Neja) ambiguum</i>	nej.ambi
<i>Bembidion (Phyla) tethys</i>	phy.teth
<i>Platyderus sp.</i>	pla.sp
<i>Steropus (Sterocorax) globosus ebenus</i>	ste.glob
<i>Syntomus spp.</i>	syn.sp
<i>Chlaenius (Trichochlaenius) chrysocephalus</i>	tri.chry

As quatro espécies que apresentaram maior abundância foram: *Steropus (Sterocorax) globosus ebenus*, com 182 indivíduos; *Brachinus (Brachynaptinus) bellicosus*, com 157; *Bembidion (Neja) ambiguum* com 20; e *Brachinus (Brachynidius) sclopeta* com 13 espécimes. Nas restantes unidades taxonômicas observou-se 5 ou menos indivíduos identificados (Figura 8).

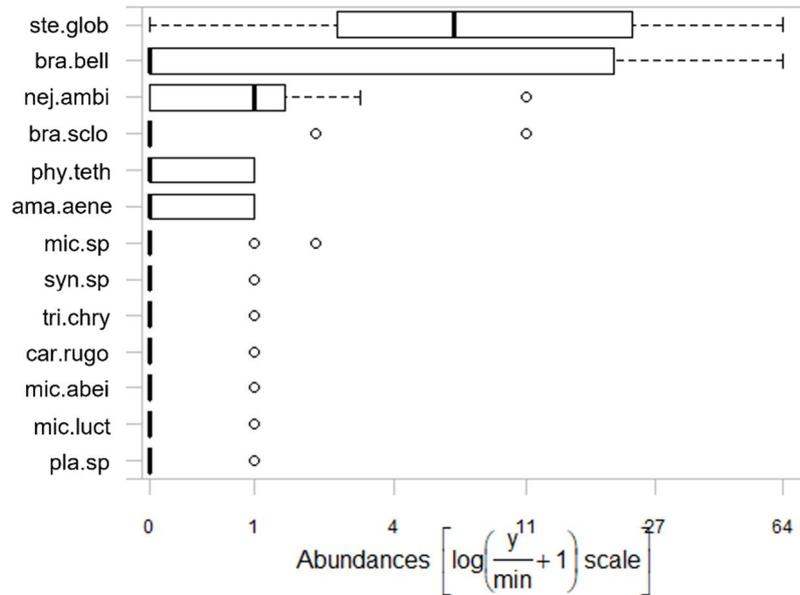


Figura 8: Abundância das unidades taxonômicas de carabídeos. A abundância foi calculada através da fórmula apresentada no gráfico. As unidades taxonômicas correspondentes às abreviaturas podem ser consultadas na Tabela 3.

Os resultados do modelo multivariado indicam que a abundância das espécies de carabídeos apresenta diferenças significativas entre o tipo de local; no entanto, não evidencia uma relação significativa entre a abundância de carabídeos e o efeito isolado da distância ao montado, nem com a interação das variáveis distância ao montado e o tipo de local (Tabela 4).

Tabela 4: Modelo multivariado que relaciona a comunidade de carabídeos com o tipo de local, a distância ao montado e a interação entre as duas variáveis.

Variáveis Explicativas	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)
(Intercept)	11			
Tipo de Local	9	2	75.19	0.001 ***
Distância ao montado	8	1	0.00	0.753
Tipo de Local : Distância ao montado	9	1	0.00	0.557

Os resíduos do modelo multivariado apresentam uma dispersão aleatória de pontos (Figura 9), indicando que o modelo multivariado usando a distribuição binomial negativa é adequado. Na Figura 1 dos Anexos é também possível observar a relação média-variância dos dados de abundância das espécies de carabídeos. As espécies que apresentaram médias mais elevadas também tiveram variâncias altas; reforçando a indicação da utilização de um modelo com distribuição negativa binomial.

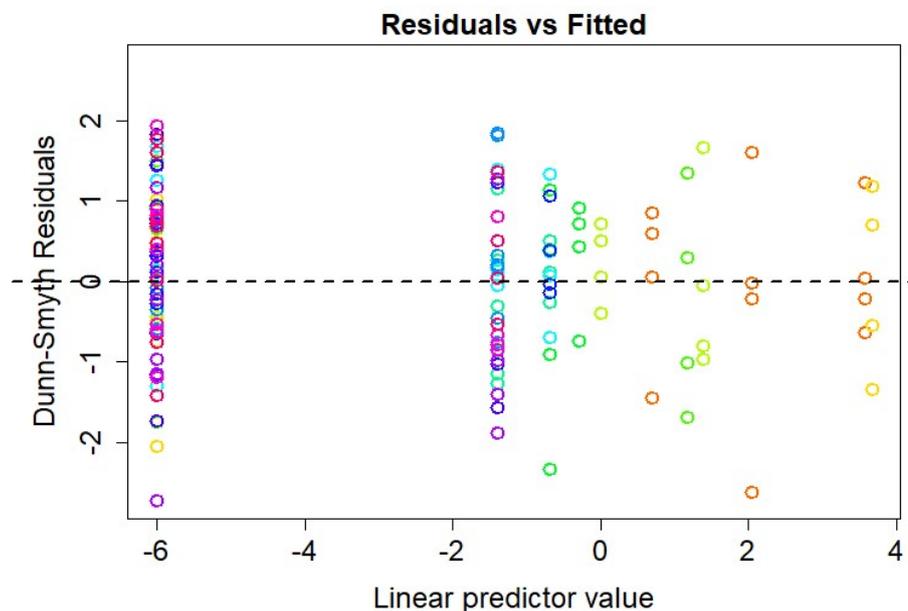


Figura 9: Resíduos do modelo linear generalizado das abundâncias das espécies de carabídeos em relação ao tipo de local, distância ao montado e interação entre as duas variáveis, usando a distribuição binomial negativa.

➤ **Relação entre as espécies de carabídeos e o local**

A espécie *Steropus (Sterocorax) globosus ebenus* evidenciou um gradiente espacial distinto, pois existe maior abundância de indivíduos no habitat agrícola (vinha), os valores médios correspondem à área de transição (interface), e no habitat semi-natural (montado) ocorreram relativamente poucos indivíduos (Figura 10). *Amara (Amara) aenea* também ocorreu em todos os tipos de locais, tendo sido registados no total quatro indivíduos, dois deles encontrados no habitat agrícola.

As espécies *Brachinus (Brachynaptinus) bellicosus*, *Bembidion (Neja) ambiguum* e *Brachinus (Brachynidius) sclopetata* apresentaram uma abundância relativamente elevada na vinha, em comparação com as restantes espécies, com 157, 16 e 13 indivíduos respetivamente. Os indivíduos das espécies *Carabus (Macrothorax) rugosus celtibericus*, *Chlaenius (Trichochlaenius) chrysocephalus* e o género *Platyderus* ocorreram exclusivamente no habitat agrícola (vinha); enquanto as espécies *Microlestes abeillei* e *Microlestes luctuosus* foram recolhidas apenas no habitat semi-natural (montado). As restantes três unidades taxonómicas apresentaram indivíduos em dois locais: a espécie *Bembidion (Phyla) tethys* e o género *Microlestes* nos habitats montado e vinha, e o género *Syntomus* nos locais montado e interface (Tabela 2 dos Anexos).

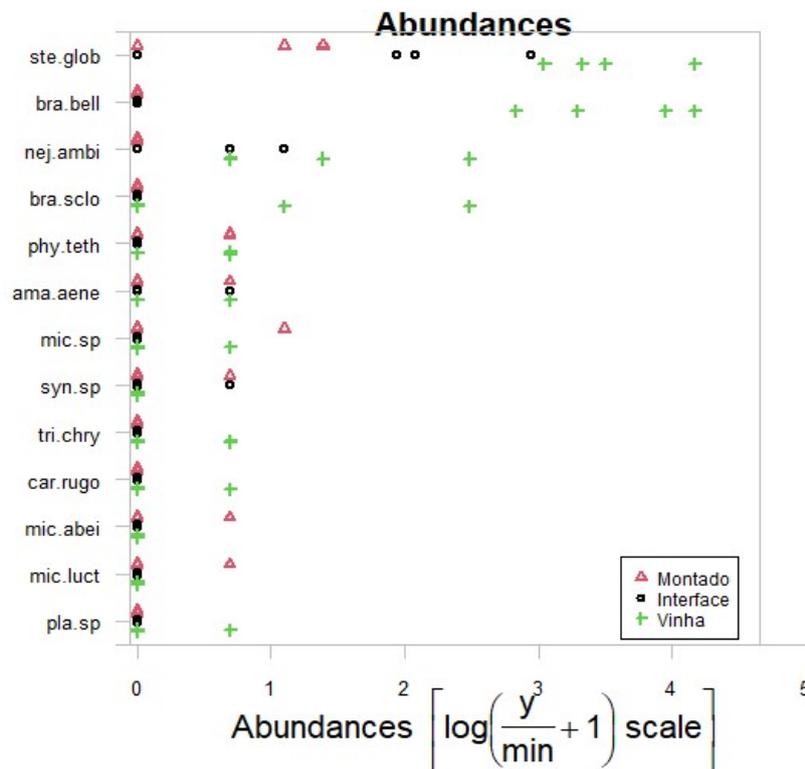


Figura 10: Abundância de cada unidade taxonómica de carabídeos em relação a cada tipo de local. A abundância foi calculada através da fórmula apresentada no gráfico e cada símbolo representa uma armadilha pitfall. As unidades taxonómicas correspondentes às abreviaturas podem ser consultadas na Tabela 3.

Na análise univariada do modelo com distribuição binomial negativa, é possível observar que as espécies que contribuíram para a diferença significativa entre a abundância de unidades taxonômicas de carabídeos e o tipo de local são: *Brachinus (Brachynaptinus) bellicosus*, *Bembidion (Neja) ambiguum* e *Steropus (Sterocorax) globosus ebenus* (Tabela 5).

Tabela 5: Resultado da análise univariada da abundância de cada unidade taxonômica de carabídeos em relação ao tipo de local. As unidades taxonômicas correspondentes às abreviaturas podem ser consultadas na Tabela 3.

Unidade Taxonômica	Dev	Pr (> Dev)
ama.aene	0,471	0,927
bra.bell	22,833	0,003*
bra.sclo	5,548	0,208
car.rugo	2,197	0,927
mic.abei	2,197	0,896
mic.luct	2,197	0,896
mic.sp	2,125	0,927
nej.ambi	11,121	0,011*
phy.teth	4,256	0,455
pla.sp	2,197	0,927
ste.glob	14,032	0,008*
syn.sp	1,622	0,927
tri.chry	4,394	0,400

Discussão

O agroecossistema vinícola apresenta efeitos ambientais significativos; no entanto, a sua heterogeneidade de habitats tem o potencial de suportar uma variada biodiversidade de artrópodes que realizam serviços de ecossistemas essenciais para o funcionamento sustentável destes sistemas, como por exemplo os que habitam no solo.

Neste estudo demonstrou-se que a distribuição de artrópodes do solo, tanto de riqueza taxonómica como de abundância absoluta, difere entre os habitats agrícolas (vinha) e semi-naturais (montado) adjacentes, assim como nas áreas de transição (interface). Alguns artigos relataram a alta diversidade e abundância de artrópodes do solo presentes em habitats semi-naturais (Gaigher e Samways, 2010; Carlos *et al.*, 2019); neste estudo, é possível observar que diversas ordens só ocorreram no montado (Insecta: Embioptera, Neuroptera, Psocoptera, Siphonaptera e Zygentoma – Tabela 1 dos Anexos). Como estas ordens apresentaram um número reduzido de indivíduos ($n \leq 11$) não foi possível analisar a sua abundância absoluta; no entanto, evidenciam uma grande riqueza de unidades taxonómicas no habitat semi-natural.

Os insetos foram a classe que representou a maioria dos indivíduos identificados neste estudo, com as duas ordens mais abundantes sendo Hymenoptera (65%) e Coleoptera (7%), ordens comuns de artrópodes do solo em estudos realizados em Portugal (Carlos *et al.*, 2012; Gonçalves *et al.*, 2018, 2021). Neste trabalho, a maioria dos indivíduos himenópteros pertencem à família Formicidae, família bastante presente em estudos relacionados com habitats semi-naturais e vinhas (Gaigher, 2008; Thomson e Hoffmann, 2009; Carlos *et al.*, 2012, 2019; Franin *et al.*, 2016; Gonçalves *et al.*, 2017, 2018, 2021; Sáenz-Romo *et al.*, 2019a; Fiera *et al.*, 2020; Venâncio, 2020; Giannetti *et al.*, 2021).

A ordem Coleoptera apresentou 25 famílias diferentes, sendo que cinco foram identificadas apenas no habitat agrícola (vinha), uma família na área de transição (interface) e três no montado. Segundo Banks *et al.* (2007), o maior

número de famílias de coleópteros ocorreu em habitats agrícolas, seguindo-se por áreas de transição e habitats semi-naturais; este estudo confirma essa variação de riqueza taxonómica, com 20 famílias amostradas na vinha, 16 no interface e 15 no montado.

A classe Arachnida é frequentemente a segunda classe mais abundante de artrópodes em artigos relacionados com vinhas (Carlos *et al.*, 2012; Gonçalves *et al.*, 2018, 2021; Giannetti *et al.*, 2021). Neste estudo, a ordem Araneae apresentou maior abundância do que a ordem Acari. Embora uma maior abundância de aranhas em relação a ácaros já tenha sido observada em Portugal (Carlos *et al.*, 2012), é mais comum ocorrer o inverso (Gonçalves *et al.*, 2018, 2021; Carlos *et al.*, 2019).

As restantes classes (Chilopoda, Diplopoda e Malacostraca) apresentaram uma abundância muito baixa, sendo que chegam a apresentar valores tão diminutos como 0,4% do total de indivíduos identificados (Gonçalves *et al.*, 2021), mas neste estudo observou-se uma percentagem superior (5%).

As ordens Acari e Hymenoptera apresentaram uma preferência pela área de transição (interface), podendo ser considerados os habitats semi-naturais e agrícolas circundantes necessários tanto para os ácaros (Duso *et al.*, 2004; Thomson e Hoffmann, 2009; Vermaak, 2019; Möth *et al.*, 2021) como para as formigas (Carlos *et al.*, 2019; Jiménez-García *et al.*, 2019; Masoni *et al.*, 2017), através da oferta de recursos alimentares e proteção contra fatores abióticos, como a temperatura.

Os restantes grupos taxonómicos analisados evidenciaram uma preferência pelo habitat agrícola (vinha), sendo que esta abundância elevada em comparação com o habitat semi-natural pode ser atribuível a dois fatores de microclima, nomeadamente a não mobilização do solo nas entrelinhas (Costello e Daane, 1995; Gaigher e Samways, 2010; Caprio *et al.*, 2015; Froidevaux *et al.*, 2017) e presença de irrigação nas linhas do habitat agrícola (Souty-Grosset e Faberi, 2018; Naamani *et al.*, 2020).

Neste estudo verificou-se o possível impacto positivo da não mobilização de solo em vinhas, e conseqüente presença de cobertura de herbáceas, sobre

a abundância e riqueza de artrópodes. Estas vinhas apresentam uma estrutura de sub-coberto mais diversa, o que pode influenciar positivamente a abundância de artrópodes do solo através de maior oferta de refúgios e recursos alimentares, principalmente de predadores, tendo o potencial de melhorar os serviços de regulação do agroecossistema (Gaigher, 2008; Franin *et al.*, 2016; Gonçalves *et al.*, 2018; Sáenz-Romo *et al.*, 2019a).

A utilização de sistema de irrigação no habitat agrícola (vinha) aumentou bastante a humidade disponível no solo, podendo favorecer grupos taxonómicos que dela necessitam, nomeadamente as ordens Isopoda e Diptera e a família Carabidae, ao fornecer proteção contra fatores abióticos, como a temperatura elevada (Holland e Luff, 2000; Vician *et al.*, 2015; Souty-Grosset e Faberi, 2018; Naamani *et al.*, 2020). De referir que nos meses em que as amostragens de artrópodes foram realizadas (maio e junho), as condições climáticas encontradas podem ser caracterizadas como quentes e secas, pelo que é muito provável que as abundâncias absolutas analisadas sejam afetadas por esses fatores, tornando assim mais evidente a variação entre o habitat semi-natural e agrícola.

A família mais importante de coleópteros é a Carabidae, não só pela sua abundância absoluta elevada, mas também pela sua representatividade em estudos semelhantes (Carlos *et al.*, 2012, 2019; Franin *et al.*, 2016; Sáenz-Romo *et al.*, 2019a; Fiera *et al.*, 2020; Giannetti *et al.*, 2021; Gonçalves *et al.*, 2021). Neste estudo, os carabídeos foram significativamente influenciados pelo tipo de local em que ocorrem, mas não pela distância ao habitat semi-natural (Tabela 4); verificou-se que a diferença entre a riqueza taxonómica e abundância dos carabídeos não se deve a fatores espaciais, mas sim a fatores ecológicos associados a cada local.

A maior abundância absoluta de carabídeos ocorreu na vinha, com 86,5% dos seus indivíduos presentes neste habitat. Esta elevada abundância pode estar relacionada com o facto de as entrelinhas analisadas apresentarem uma cobertura vegetal abundante, que oferece refúgio e recursos alimentares a estes indivíduos; assim como a ocorrência de humidade no solo da vinha, considerado um fator determinante para a maioria dos carabídeos (Holland e Luff, 2000; Vician *et al.*, 2015). Sáenz-Romo *et al.* (2019b) salientou alguns

gêneros de carabídeos dominantes nas vinhas como *Steropus* e *Brachinus*. Neste estudo é confirmada essa prevalência, sendo que 42% e 50% dos carabídeos registados no habitat agrícola (vinha) pertencem a esses gêneros, respetivamente.

Conclusão

Os resultados obtidos revelam que a distribuição de artrópodes do solo varia entre os habitats estudados, assim como em áreas de transição. A maioria das ordens de artrópodes analisadas apresentaram maior abundância no habitat agrícola, com algumas preferindo a área de transição, demonstrando a importância da vinha para a biodiversidade dos habitats adjacentes.

Os carabídeos também parecem ter sido influenciados pelos fatores que ocorrem na vinha, sendo que estes não são influenciados pela distância ao habitat semi-natural.

Os resultados deste trabalho permitem concluir que as espécies de artrópodes são muito abundantes na vinha, em comparação com o habitat semi-natural (montado). Contudo, e com o objetivo de diferenciar o efeito de dois fatores muito importantes que podem contribuir para este resultado (local e irrigação), deverá ser necessário um trabalho complementar. Este estudo complementar poderia ter um desenho experimental em que se pudesse diferenciar o efeito do tipo de local do efeito da irrigação, por exemplo, realizando transectos lineares como os utilizados neste estudo (em habitats agrícola e semi-natural) em áreas de vinha irrigada e comparar com transectos em áreas de vinha não irrigada.

Referências Bibliográficas

- ❖ Aguiar, C. A., & Serrano, A. R. M. (2012). Coleópteros Carabídeos (Coleoptera, Carabidae) de Portugal continental: chaves para a sua identificação. *Sociedade Portuguesa de Entomologia*.
- ❖ Bagyaraj, D. J., Nethravathi, C. J., & Nitin, K. S. (2016). Soil biodiversity and arthropods: Role in soil fertility, pp. 17-51. *Economic and ecological significance of arthropods in diversified ecosystems*. Springer, Singapore.
- ❖ Banks, J. E., Sandvik, P., & Keesecker, L. (2007). Beetle (Coleoptera) and spider (Araneae) diversity in a mosaic of farmland, edge, and tropical forest habitats in western Costa Rica¹. *The Pan-Pacific Entomologist*, 83(2), 152-160.
- ❖ Barrientos, J.A. (Ed.) (2004); Curso práctico de entomología. Asociación Española de Entomología; CIBIO, Centro Iberoamericano de la Biodiversidad; Universitat Autònoma de Barcelona. – (Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona; 41). 947 pp. ISBN: 84-490-2383-1.
- ❖ Bianchi, F. J., Booij, C. J. H., & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273 (1595), 1715-1727.
- ❖ Bolduc, E., Buddle, C. M., Bostanian, N. J., & Vincent, C. (2005). Ground-dwelling spider fauna (Araneae) of two vineyards in southern Quebec. *Environmental Entomology*, 34(3), 635-645.
- ❖ Caprio, E., Nervo, B., Isaia, M., Allegro, G., & Rolando, A. (2015). Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems*, 136, 61-69.
- ❖ Carlos, C., Alfonso, S., Crespí, A., Aranha, J., Thislewood, H., & Torres, L. (2012). Biodiversity of plants and arthropods in key ecological structures of vineyards of the Alto Douro region. *IOBC/wprs Bulletin*, 75, 51.
- ❖ Carlos, C., Pigeon, N., Rataux, A., Guenser, J., Alves, F. & Van Helden, M. (2013). Monitoring arthropod diversity in Douro Wine Region vineyards and evaluating the impact of the landscape. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 28: 1107-1111.
- ❖ Carlos, C., Gonçalves, F., Crespo, L., Zina, V., Oliveira, I., Crespí, A., & Torres, L. (2019). How does habitat diversity affect ground-dwelling arthropods assemblages in Douro Demarcated Region terraced vineyards? *Journal of insect conservation*, 23(3), 555-564.
- ❖ Casa Relvas. (2022). Vinhas e Adegas. In: Casa Relvas. <<https://casarelvas.pt/cellars>> [Consultado a 03-04-2022].
- ❖ Chinery, M. (2007). Insects of Britain and western Europe. A & C Black. 320 pp. ISBN: 978-0-7136-7239-8.
- ❖ Cole, L. J., McCracken, D. I., Dennis, P., Downie, I. S., Griffin, A. L., Foster, G. N., ... & Waterhouse, T. (2002). Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 323-336.
- ❖ Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., ... & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?. *Ecosystem services*, 28, 1-16.

- ❖ Costello, M. J., & Daane, K. M. (1995). Spider (Araneae) species composition and seasonal abundance in San Joaquin Valley grape vineyards. *Environmental Entomology*, 24(4), 823-831.
- ❖ Culliney, T. W. (2013). Role of arthropods in maintaining soil fertility. *Agriculture*, 3(4), 629-659.
- ❖ Decaëns, T., Jiménez, J. J., Gioia, C., Measey, G. J., & Lavelle, P. (2006). The values of soil animals for conservation biology. *European Journal of Soil Biology*, 42, S23-S38.
- ❖ Duflot, R., Aviron, S., Ernoult, A., Fahrig, L., & Burel, F. (2015). Reconsidering the role of 'semi-natural habitat' in agricultural landscape biodiversity: a case study. *Ecological Research*, 30(1), 75-83.
- ❖ Duso, C., Fontana, P., & Malagnini, V. (2004). Diversity and abundance of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in vineyards and the surrounding vegetation in northeastern Italy. *Acarologia*, 44(1-2), 31-47.
- ❖ Engelmann, M. D. (1961). The role of soil arthropods in the energetics of an old field community. *Ecological Monographs*, 31(3), 221-238.
- ❖ Fiedler, A. K., Landis, D. A., & Wratten, S. D. (2008). Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biological Control*, 45(2), 254-271.
- ❖ Fiera, C., Ulrich, W., Popescu, D., Bunea, C. I., Manu, M., Nae, I., ... & Zaller, J. G. (2020). Effects of vineyard inter-row management on the diversity and abundance of plants and surface-dwelling invertebrates in Central Romania. *Journal of insect conservation*, 24(1), 175-185.
- ❖ Folgarait, P. J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity & Conservation*, 7(9), 1221-1244.
- ❖ Franin, K., Kuštera, G., & Šišeta, F. (2016). Fauna of ground-dwelling arthropods in vineyards of Zadar County (Croatia). *Poljoprivreda*, 22(2), 50-56.
- ❖ Froidevaux, J. S., Louboutin, B., & Jones, G. (2017). Does organic farming enhance biodiversity in Mediterranean vineyards? A case study with bats and arachnids. *Agriculture, ecosystems & environment*, 249, 112-122.
- ❖ Gaigher, R. (2008). The effect of different vineyard management systems on the epigeic arthropod assemblages in the Cape Floristic Region, South Africa (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- ❖ Gaigher, R., & Samways, M. J. (2010). Surface-active arthropods in organic vineyards, integrated vineyards and natural habitat in the Cape Floristic Region. *Journal of Insect Conservation*, 14(6), 595-605.
- ❖ Gaigher, R., & Samways, M. J. (2014). Landscape mosaic attributes for maintaining ground-living spider diversity in a biodiversity hotspot. *Insect Conservation and Diversity*, 7(5), 470-479.
- ❖ Gardiner, M. M., Landis, D. A., Gratton, C., DiFonzo, C. D., O'neal, M., Chacon, J. M., ... & Heimpel, G. E. (2009). Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA. *Ecological applications*, 19(1), 143-154.
- ❖ Giannetti, D., Schifani, E., Castracani, C., Ghizzoni, M., Delaiti, M., Penner, F., ... & Grasso, D. A. (2021). Assessing ant diversity in agroecosystems: the case of Italian vineyards of the Adige valley. *REDIA*, 104: 97-109.
- ❖ Gonçalves, F., Carlos, C., Aranha, J., & Torres, L. (2018). Does habitat heterogeneity affect the diversity of epigeic arthropods in vineyards?. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(3), 366-379.
- ❖ Gonçalves, F., Carlos, C., Crespo, L., Zina, V., Oliveira, A., Salvação, J., ... & Torres, L. (2021). Soil Arthropods in the douro demarcated region vineyards:

- general characteristics and ecosystem services provided. *Sustainability*, 13(14), 7837.
- ❖ Gonçalves, F., Carlos, C., & Torres, L. (2013). Inimigos naturais das pragas da vinha: insectos e aracnídeos. Quem são e onde estão?. *ADVID-Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense*, 81 pp.
 - ❖ Gonçalves, F., Zina, V., Carlos, C., Crespo, L., Oliveira, I., & Torres, L. (2017). Ants (hymenoptera: formicidae) and spiders (araneae) co-occurring on the ground of vineyards from douro demarcated region. *Sociobiology*, 64(4), 404-416.
 - ❖ Haan, N. L., Iuliano, B. G., Gratton, C., & Landis, D. A. (2021). Designing agricultural landscapes for arthropod-based ecosystem services in North America. *Advances in Ecological Research*, 64, 191-250.
 - ❖ Hadjicharalampous, E., Kalburtji, K. L., & Mamolos, A. P. (2002). Soil arthropods (Coleoptera, Isopoda) in organic and conventional agroecosystems. *Environmental Management*, 29(5), 683-690.
 - ❖ Holland, J. M. (2002). Carabid beetles: their ecology, survival and use in agroecosystems. *The agroecology of carabid beetles*, 62, 1-40.
 - ❖ Holland, J. M., & Luff, M. L. (2000). The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated pest management reviews*, 5(2), 109-129.
 - ❖ Instituto da Vinha e do Vinho. (2022). Evolução da Área Total de Vinha - Portugal (Série 1989 a 2021). In Vinha. Estatística. Informação. <<https://www.ivv.gov.pt/np4/7179.html>> [Consultado a 06-10-2022].
 - ❖ International Organization of Vine and Wine. (2019). 2019 Statistical Report on World Vitiviniculture. In Standards and technical documents. Statistical analysis. Annual assessment. <<https://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/statistical-analysis/annual-assessment>> [Consultado a 14-10-2021].
 - ❖ Isaia, M., Bona, F., & Badino, G. (2006). Influence of landscape diversity and agricultural practices on spider assemblage in Italian vineyards of Langa Astigiana (Northwest Italy). *Environmental entomology*, 35(2), 297-307.
 - ❖ Jankielsohn, A. (2018). The importance of insects in agricultural ecosystems. *Advances in Entomology*, 6(2), 62-73.
 - ❖ Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke J., & van der Putten W. H. (eds.). (2010). European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
 - ❖ Jiménez-García, L., García-Martínez, Y. G., Marco-Mancebón, V., Pérez-Moreno, I., & Jiménez-García, D. (2019). Biodiversity analysis of natural arthropods enemies in vineyard agroecosystems in La Rioja, Spain. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 308-315.
 - ❖ Jouquet, P., Dauber, J., Lagerlöf, J., Lavelle, P., & Lepage, M. (2006). Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied soil ecology*, 32(2), 153-164.
 - ❖ Kolb, S., Uzman, D., Leyer, I., Reineke, A., & Entling, M. H. (2020). Differential effects of semi-natural habitats and organic management on spiders in viticultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 287, 106695.
 - ❖ Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 187-228.
 - ❖ Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P. O. W. H., ... & Dhillon, S. (1997). Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology (France)*, 33, 159–193.

- ❖ Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., ... & Rossi, J. P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European journal of soil biology*, 42, S3-S15.
- ❖ Masoni, A., Frizzi, F., Brühl, C., Zocchi, N., Palchetti, E., Chelazzi, G., & Santini, G. (2017). Management matters: A comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 246, 175-183.
- ❖ Menta, C., & Remelli, S. (2020). Soil health and arthropods: From complex system to worthwhile investigation. *Insects*, 11(1), 54.
- ❖ Microsoft Office (2019). Microsoft Excel. Microsoft Corporation, Washington, EUA. <<https://office.microsoft.com/excel>>.
- ❖ Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press*, Washington, DC.
- ❖ Möth, S., Walzer, A., Redl, M., Petrović, B., Hoffmann, C., & Winter, S. (2021). Unexpected effects of local management and landscape composition on predatory mites and their food resources in vineyards. *Insects*, 12(2), 180.
- ❖ Naamani, K., Jediyi, H., El Keroumi, A., & Elkoch, A. A. (2020). First study of Diptera seasonal dynamics and their community structure in Moroccan vineyards. *African Entomology*, 28(2), 312-328.
- ❖ Niemelä, J. A. R. I. (2001). Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and habitat fragmentation: a review. *European Journal of Entomology*, 98(2), 127-132.
- ❖ Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., Favila, M. E., & Network, T. S. R. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological conservation*, 141(6), 1461-1474.
- ❖ Paiola, A., Assandri, G., Brambilla, M., Zottini, M., Pedrini, P., & Nascimbene, J. (2020). Exploring the potential of vineyards for biodiversity conservation and delivery of biodiversity-mediated ecosystem services: A global-scale systematic review. *Science of the total environment*, 706, 135839.
- ❖ Perez, J. E. J., & Barrion-Dupo, A. L. A. (2013). Arthropod community structure during the early stages of leaf litter decomposition. *Asian Journal of Biodiversity*, 4(1).
- ❖ Pérez-Bote, J. L., & Romero, A. J. (2012). Epigeic soil arthropod abundance under different agricultural land uses. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(1), 55-61.
- ❖ R Core Team (2021). R: a Language and Environment for Statistical Computing. URL. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- ❖ Rainio, J. & Niemelä, J. (2003). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12: 487–506.
- ❖ Rosas-Ramos, N., Baños-Picón, L., Tobajas, E., de Paz, V., Tormos, J., & Asís, J. D. (2018). Value of ecological infrastructure diversity in the maintenance of spider assemblages: A case study of Mediterranean vineyard agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 265, 244-253.
- ❖ Sáenz-Romo, M. G., Veas-Bernal, A., Martínez-García, H., Campos-Herrera, R., Ibanez-Pascual, S., Martínez-Villar, E., ... & Marco-Mancebón, V. S. (2019a). Ground cover management in a Mediterranean vineyard: Impact on insect abundance and diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 283, 106571.
- ❖ Sáenz-Romo, M. G., Veas-Bernal, A., Martínez-García, H., Ibáñez-Pascual, S., Martínez-Villar, E., Campos-Herrera, R., ... & Pérez-Moreno, I. (2019b). Effects of ground cover management on insect predators and pests in a Mediterranean vineyard. *Insects*, 10(12), 421.

- ❖ Souty-Grosset, C., & Faberi, A. (2018). Effect of agricultural practices on terrestrial isopods: a review. *ZooKeys*, (801), 63.
- ❖ Stone, M. J., Catterall, C. P., & Stork, N. E. (2018). Edge effects and beta diversity in ground and canopy beetle communities of fragmented subtropical forest. *PloS one*, 13(3), e0193369.
- ❖ Taranto, L., Rodrigues, I., Santos, S., Villa, M., & Pereira, J. A. (2022). Intermediate fragmentation surrounding vineyards favours the Coleoptera community within the crop. *Agricultural and Forest Entomology*.
- ❖ Thomson, L. J., & Hoffmann, A. A. (2009). Vegetation increases the abundance of natural enemies in vineyards. *Biological Control*, 49(3), 259-269.
- ❖ Thomson, L. J., & Hoffmann, A. A. (2013). Spatial scale of benefits from adjacent woody vegetation on natural enemies within vineyards. *Biological Control*, 64(1), 57-65.
- ❖ Thomson, L. J., Neville, P. J., & Hoffmann, A. A. (2004). Effective trapping methods for assessing invertebrates in vineyards. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(9), 947-953.
- ❖ Tscharrntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., van Nouhuys, S., Vidal, S. (2007). Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, 43, 294–309.
- ❖ Venâncio, E. C. (2020). *Formigas associadas às vinhas da região de Évora* (Master's thesis, Universidade de Évora).
- ❖ Vermaak, M. (2019). The diversity and ecology of mites (acari) in vineyards (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- ❖ Vician, V., Svitok, M., Kočík, K., & Stašiov, S. (2015). The influence of agricultural management on the structure of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages. *Biologia*, 70(2), 240-251.
- ❖ Viers, J. H., Williams, J. N., Nicholas, K. A., Barbosa, O., Kotzé, I., Spence, L., Reynolds, M. (2013). Vinecology: Pairing wine with nature. *Conservation Letters*, 6(5), 287–299.
- ❖ Wang, Y. I., Naumann, U., Wright, S. T., & Warton, D. I. (2012). mvabund—an R package for model-based analysis of multivariate abundance data. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3), 471-474. R package version 3.6.11.
- ❖ Wilkinson, M. T., Richards, P. J., & Humphreys, G. S. (2009). Breaking ground: pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation. *Earth-Science Reviews*, 97(1-4), 257-272.
- ❖ Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological economics*, 64(2), 253-260.

Anexos

Tabela 1: Abundâncias absolutas (n) totais e por tipo de local de cada unidade taxonômica no total de artrópodes adultos recolhidos.

Unidade Taxonômica	Montado	Interface	Vinha	Total
Arachnida	302	442	645	1389
Acari	110	281	165	556
Araneae	178	129	410	717
Opiliones	6	6	63	75
Pseudoscorpiones	8	26	7	41
Chilopoda	42	18	25	85
Diplopoda	10	1	2	13
Insecta	2545	3590	3208	9343
Blattodea	6		1	7
Coleoptera	141	146	547	834
Anthicidae	4	4	13	21
Apionidae	3	2	6	11
Bruchidae			1	1
Cantharidae	3		7	10
Carabidae	16	37	339	392
Catopidae		1		1
Chrysomelidae		2	4	6
Cleridae			1	1
Coccinelidae	1	1		2
Corylophidae	1			1
Cryptophagidae	1	2	2	5
Cucujidae	2			2
Curculionidae		8	8	16
Dasytidae		1	1	2
Dermestidae			7	7
Histeridae			10	10

Continuação da **Tabela 1**

Latridiidae	2			2
Leiodidae	1	5	2	8
Nitidulidae	1	3	3	7
Ptinidae	9	1	6	16
Scraptiidae			1	1
Silphidae		1	75	76
Silvanidae	27	32	22	81
Staphilinidae	8	24	31	63
Tenebrionidae	62	22	8	92
Dermaptera		1		1
Diptera	76	72	441	589
Embioptera	11			11
Hemiptera	108	127	318	553
Hymenoptera	2169	3234	1883	7286
Formicidae	2132	3207	1801	7140
Parasitica	36	26	82	144
Vespidae	1	1		2
Neuroptera	1			1
Orthoptera	16		8	24
Psocoptera	1			1
Siphonaptera	1			1
Thysanoptera	4	10	10	24
Zygentoma	11			11
Malacostraca	80	115	157	352
Isopoda	80	115	157	352
Armadillidiidae	80	115	157	352
Total	2980	4166	4037	11183

Tabela 2: Abundâncias absolutas (n) totais e por tipo de local de cada unidade taxonômica no total de carabídeos adultos recolhidos.

Unidade Taxonômica	Montado	Interface	Vinha	Total
<i>Amara (Amara) aenea</i>	1	1	2	4
<i>Bembidion (Neja) ambiguum</i>		4	16	20
<i>Bembidion (Phyla) tethys</i>	2		3	5
<i>Brachinus (Brachynaptinus) bellicosus</i>			157	157
<i>Brachinus (Brachynidius) sclopeta</i>			13	13
<i>Carabus (Macrothorax) rugosus celtibericus</i>			1	1
<i>Chlaenius (Trichochlaenius) chrysocephalus</i>			2	2
<i>Microlestes abeillei</i>	1			1
<i>Microlestes luctuosus</i>	1			1
<i>Microlestes</i> spp.	2		1	3
<i>Platyderus</i> spp.			1	1
<i>Steropus (Sterocorax) globosus ebenus</i>		31	143	182
<i>Syntomus</i> spp.	1	1		2
Total	16	37	339	392

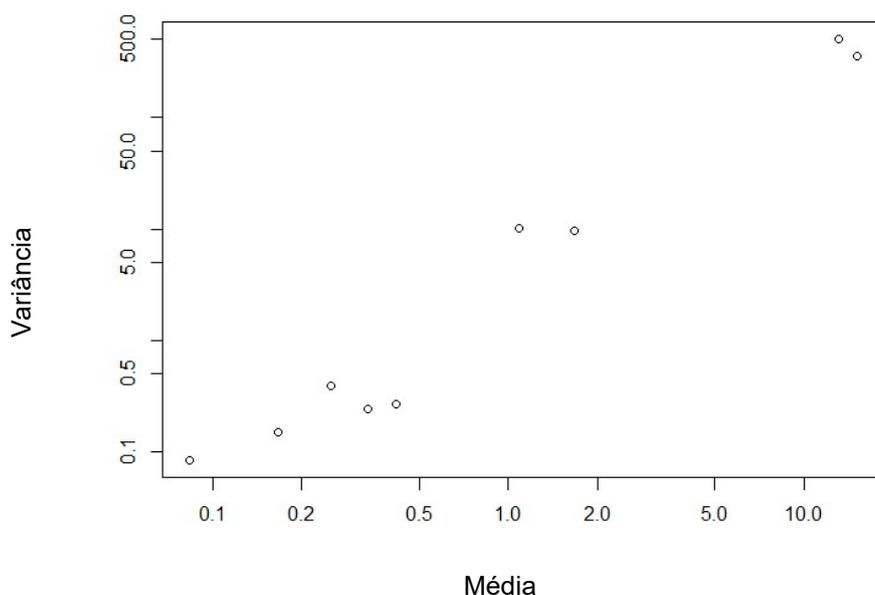


Figura 1: Relação média-variância das abundâncias das unidades taxonômicas de carabídeos.