

Abundância e diversidade de carabídeos ao longo de um gradiente crescente de práticas agrícolas no olival transmontano

Joana Maria da Silva Oliveira

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança
para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientada por

Doutora Sónia Alexandra Paiva dos Santos

Prof. Doutor José Alberto Cardoso Pereira

**Bragança
2013**

O trabalho que se apresenta foi realizado no âmbito do projeto: PTDC/AGR-PRO/111123/2009: A utilização de indicadores biológicos como ferramentas para avaliar o impacto de práticas agrícolas na sustentabilidade do olival, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

O homem converte-se aos poucos naquilo que acredita poder vir a ser.
Se me repetir incessantemente a mim mesmo que sou incapaz de fazer determinada
coisa, é possível que isso acabe finalmente por se tornar verdade.
Pelo contrário, se acreditar que a posso fazer, acabarei garantidamente por adquirir a
capacidade para a fazer, ainda que não a tenha num primeiro momento.

Mohandas Gandhi

Agradecimentos

À minha orientadora Doutora Sónia Santos pela disponibilidade e presença, pela ajuda e apoio imprescindíveis.

Ao meu co-orientador Professor Doutor José Alberto Pereira pelo magnífico acolhimento, apoio e disponibilidade.

Ao Valentim Coelho pelo magnífico apoio e dedicação prestados ao longo do meu trabalho.

Ao Professor Doutor Carlos Aguiar pela disponibilidade e apoio prestado.

Ao laboratório de Agrobiotecnologia e à equipa de trabalho presente, Rosalina, Lara, Ana, Miguel, Ricardo, Nuno, Maria e Jacinto por me acolherem e ajudarem a aperfeiçoar o meu trabalho.

Ao laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insectos da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, e a toda a sua equipa de trabalho, Professor Doutor Marcos Lhano, Raysa, Daniela, Daiane, Pamela, João, Eduardo, Adriane e Thiago.

Aos que estiveram sempre presentes e me apoiaram no decorrer do meu trabalho, a todos os meus amigos de Tronco, em particular Luís Santos.

Aos amigos académicos em particular, Lúcia Ribeiro e Pedro Forte.

À minha família, a minha mãe, a minha avó, Reinaldo, Catarina, Bruno e Beatriz porque acreditaram sempre em mim e ajudaram-me nesta etapa importantíssima da minha vida. E em especial ao meu Pai e meu amigo Joel, a vocês dedico estas palavras “ Sou senhor do meu destino e comandante da minha alma” Madiba.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Quadros	xv
Resumo	xvii
Abstract.....	xix
1. Introdução Geral	1
1.1. Introdução	1
1.2. A oliveira e a importância do olival na Região Mediterrânea	3
1.2.1. Origem da oliveira.....	3
1.2.2. Património olivícola	3
1.3. Agro-biodiversidade do olival e limitação natural de pragas	4
1.3.1. Principais pragas que afectam a oliveira	5
1.3.2. Importância dos carabídeos como potenciais agentes de limitação natural de pragas	6
1.4. Os indicadores biológicos como ferramentas de avaliação de sustentabilidade agrícola.....	8
1.4.1. Indicadores agro-ambientais	9
1.5. Relações entre as práticas agrícolas e a biodiversidade de carabídeos	10
2. Material e Métodos	13
2.1. Caracterização da área de estudo	13
2.2. Amostragem de carabídeos	14
2.3. Determinação dos grupos tróficos e tamanho corporal em carabídeos	15
2.4. Determinação das variáveis explicativas do solo	16
2.5. Análise de dados.....	16
3. Resultados.....	19
3.1. Comunidade de carabídeos que ocorreram na primavera de 2011	19
3.2. Comunidade de carabídeos que ocorreram no outono de 2011 e outono de 2012	28
4. Discussão	43
4.1. Comunidade de carabídeos que ocorreram na primavera de 2011	43
4.2. Comunidade de carabídeos que ocorreram no outono de 2011 e de 2012.....	45
5. Conclusões.....	49
6. Referências bibliográficas	51

Índice de Figuras

- Figura 1. Aspeto dos diferentes tipos de gestão da cobertura herbácea do solo nos olivais estudados. A - solo mobilizado; B - aplicação de herbicida na linha; C - leguminosas semeadas; D - vegetação herbácea espontânea.....13
- Figura.2. Plano de amostragem em cada olival. A – disposição das armadilhas de queda no olival. Circulos amarelos representam as armadilhas colocadas na linha; Cruzes azuis - armadilhas colocadas na entrelinha; Linha amarela - distancia entre as armadilhas. B- armadilha de queda colocada na linha a 50 cm da base do tronco15
- Figura 3. Abundância (média \pm erro padrão) encontrada na linha de plantação e na entrelinha nos oito olivais em estudo, primavera de 2011.19
- Figura 4. Diagrama de Venn para as espécies presentes nos quatro tipos de gestão do solo estudados..... 21
- Figura 5. Índice de Simpson (média \pm erro padrão) das comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais.....22
- Figura 6. Curva de acumulação de espécies para as comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais, primavera 2011.....23
- Figura 7. Abundância das cinco espécies mais abundantes (média \pm erro padrão) por tipo de gestão de solo, Primavera de 2011. Letras minúsculas, letras maiúsculas, sinais, números e símbolos diferentes para a mesma espécie representam diferenças estatisticamente significativas entre olivais. *Amara aenea* representado por número, *Brachinus bodemeyeri* representada por letra minúscula; *Brachinus variventris* representada por sinais, *Harpalus distinguendus* representado por letras maiúsculas e *Pterotischus globosus* representada por símbolos.....24
- Figura 8. Variação dos parâmetros do solo na linha de plantação e na entrelinha, nos oito olivais estudados. A - Matéria orgânica, B - pH do solo, C - Concentração de cálcio, D - Concentração de magnésio, E - Concentração de sódio, F - capacidade de campo, G - cobertura do solo por vegetação. H – Concentração de fósforo.25

Figura 9. Diagrama da análise de redundância (RDA) que relaciona a abundância das espécies de carabídeos (N > 20) com as variáveis de solo em cada olival, primavera de 2011.	26
Figura 10. Distribuição dos tamanhos corporais das espécies de carabídeos nos oito olivais estudados e modos de gestão, primavera 2011. Nota: Tamanhos pequenos < 5 mm; médios 5-10 mm; grandes > 10 mm.....	27
Figura 11. Hábitos alimentares das espécies de carabídeos (omnívoros, especialistas em colémbola, predadores generalistas e principalmente plantas onde se incluem os granívoros, fitófagos e polinívoros) distribuídos ao longo dos olivais, primavera 2011.	30
Figura 12. Abundância (média ± erro padrão) encontrada na linha de plantação e na entrelinha nos oito olivais em estudo, outono de 2011.....	29
Figura 13. Abundância (média ± erro padrão) encontrada na linha de plantação e na entrelinha nos oito olivais em estudo, outono de 2012.....	29
Figura 14. Diagrama de Venn para as espécies presentes nos quatro modos de gestão estudados, outono 2011.	31
Figura 15. Índice de Simpson calculado por amostra para os olivais em estudo, outono 2011.....	32
Figura 16 Diagrama de Venn para as espécies identificadas nos quatro modos de gestão estudados, outono 2012.....	34
Figura 17. Índice de Simpson calculado por amostra para os olivais em estudo, outono 2012.....	34
Figura 18. Curva de acumulação de espécies para as comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais, outono 2011.....	35
Figura 19. Curva de acumulação de espécies para as comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais, outono 2012.....	37
Figura 20. Abundância das quatro espécies mais abundantes (média ± erro padrão) por tipo de gestão de solo, outono de 2011. Letras minúsculas, números, letras maiúsculas e sinais diferentes para a mesma espécie representam diferenças estatisticamente	

significativas entre olivais. *C. granatensis* representada por letra minúscula, *C. mollis* representado por número, *N. salina* representada por letras maiúsculas e *P. globosus* representada por sinais.....38

Figura 21. Abundância das quatro espécies mais abundantes (média ± erro padrão) por tipo de gestão de solo, outono de 2012. Números, letras minúsculas, letras maiúsculas e sinais diferentes para a mesma espécie representam diferenças estatisticamente significativas entre olivais. *C. granatensis* representada por números, *C. mollis* representado por letra minúscula, *N. salina* representada por letras maiúsculas e *P. globosus* representada por sinais.39

Figura 22. Distribuição dos tamanhos corporais das espécies de carabídeos nos oito olivais estudados e modos de gestão, outono 2011 e 2012. Nota: Tamanhos pequenos < 5 mm; médios 5-10 mm; grandes > 10 mm.....40

Figura 23. Hábitos alimentares das espécies de carabídeos (omnívoros, especialistas em collembola, predadores generalistas e principalmente plantas onde se incluem os granívoros, fitófagos e polinívoros) distribuídos ao longo dos olivais, outono 2011 e 2012.41

Índice de Quadros

Quadro 1. Abundância total das espécies de carabídeos identificadas nos diferentes tipos de gestão de solo, primavera 2011.....	20
Quadro 2. Parâmetros estimados para o número de espécies em cada olival, primavera 2011. a - representa a taxa de aumento no início da colheita, b é um parâmetro relacionado com a forma da curva, R^2 é o índice de correcção, a/b é a assíntota, q é a proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem e n é o esforço de amostragem necessário para inventariar 80% das espécies.....	23
Quadro 3. Abundância das espécies de carabídeos identificadas em cada modo de gestão do olival, outono 2011.....	30
Quadro 4. Abundância de cada espécie de carabídeos identificadas em cada modo de gestão, outono 2012.....	33
Quadro 5. Parâmetros estimados para o número de espécies em cada olival, outono 2011. a - representa a taxa de aumento no início da colheita, b é um parâmetro relacionado com a forma da curva, R^2 é o índice de correcção, a/b é a assíntota, q é a proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem e n é o esforço de amostragem necessário para inventariar 80% das espécies.....	36
Quadro 6. Parâmetros estimados para o número de espécies em cada olival, outono 2012. a - representa a taxa de aumento no início da colheita, b é um parâmetro relacionado com a forma da curva, R^2 é o índice de correcção, a/b é a assíntota, q é a proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem e n é o esforço de amostragem necessário para inventariar 80% das espécies.....	37
Quadro 7. Valores para a fidelidade (A), especificidade (B), Índice do Valor Indicador (IndVal) e significância ($P < 0.05$) calculados para as espécies associadas a um olival e estação do ano.....	41

Resumo

O olival é um agro-ecossistema importante pela sua relevância ecológica, económica e paisagística em toda a Região Mediterrânica. Este trabalho é parte integrante de um projeto que visa desenvolver indicadores biológicos para avaliar a qualidade e sustentabilidade do olival. Os carabídeos foram um dos taxa estudados neste trabalho devido à sua diversidade e função em agro-ecossistemas, bem como à sua susceptibilidade a práticas agrícolas, tais como mobilizações do solo e aplicação de pesticidas. O objetivo deste trabalho foi estudar os padrões de diversidade da comunidade de carabídeos ao longo de um gradiente de práticas agrícolas em olivais transmontanos. Na primavera e outono de 2011 e no outono de 2012, realizou-se a colheita de carabídeos em oito olivais localizados na região de Mirandela. Estes olivais apresentavam diferentes tipos de gestão da vegetação herbácea: (i) solo mobilizado, (ii) vegetação espontânea controlada com herbicida, (iii) solo coberto por leguminosas semeadas e (iv) solo coberto por vegetação espontânea. Em cada olival foram instaladas 16 pitfalls, a uma distância de 50 m entre si e dispostas quer na linha de plantação quer na entrelinha. No total dos oito olivais, foram capturados, na primavera de 2011, um total de 685 espécimes, pertencentes a 43 espécies. As espécies mais abundantes foram *Pterostichus globosus* (118), *Harpalus distinguishedus* (107), *Amara aenea* (83), *Brachinus bodemeyeri* (82) e *Brachinus variventris* (73). No outono 2011 foram capturados 883 espécimes, pertencentes a 33 espécies, sendo as espécies dominantes *Nebria salina* (426), *Calathus mollis* (114), *Pterotischus globosus* (99) e *Calathus granatensis* (66). Os resultados indicam que o número de carabídeos foi, no geral, superior nos olivais com cobertura vegetal. Por último no outono 2011 foram capturadas 595 espécimes, pertencentes a 28 espécies. *N. salina* (311) *P. globosus* (70), *C. mollis* (64) e *C. granatensis* (36). Os diferentes modos de gestão do solo dos olivais influenciaram a abundância e número de espécies de carabídeos; Olivais com herbicida, apresentaram maior abundância e número de espécies na primavera, por outro lado o cálculo do índice de Simpson revelou que os olivais com vegetação herbácea, apresentaram maiores diversidades. No outono de 2011 e 2012 os olivais cobertos por vegetação herbácea espontânea e leguminosas apresentaram maior número de espécies de carabídeos. Olivais mobilizados em ambas as datas apresentaram menor abundância de espécimes de carabídeos. As espécies *Calathus mollis* e *C. granatensis* são apresentadas como potenciais bioindicadores para os olivais com solos cobertos com

vegetação. Para o olival de Suções, tratado com herbicida, há duas espécies que parecem estar associadas a este tipo de gestão, *Olisthopus* sp. e *Microlestes negrita*.

Palavras chave: Abundância; riqueza específica; carabídeos; cobertura vegetal; herbicidas; mobilização; *Nebria salina*; *Pterostichus globosus*; *Harpalus distinguendus*; *Brachinus bodemeyeri*; *Brachinus variventris*; *Amara aenea*; *Calathus mollis*, *Calathus granatensis*; pitfalls

Abstract

In the Mediterranean Region, the olive grove is an important agroecosystem due to its ecological, economic and landscape relevance. This work is part of a broader project aiming to develop biological indicators for assessing the quality and sustainability of the olive grove. Carabids were one of the taxa studied in this project due to their diversity and function in agroecosystems as well as their susceptibility to farming practices, such as tillage and pesticide application. The objective of this work was to study the diversity patterns of Carabidae community across a gradient of farming practices in olive groves from Trás-os-Montes. In spring and autumn 2011 and autumn 2012, carabid specimens were sampled in eight olive groves located near Mirandela. These fields have been following different types of soil management: (i) tilled soil; (ii) spontaneous vegetation controlled with herbicides sprayed on the plantation row; (iii) soil covered with leguminous plants; and (iv) soil covered with spontaneous vegetation (wildflowers). In each grove, 16 pitfall traps were installed 50 m apart and arranged alternately with four traps placed along two rows and the other traps placed between the rows of trees. In spring 2011, a total of 685 specimens, belonging to 43 species, were collected. The most abundant species were *Pterostichus globosus* (118), *Harpalus distinguendus* (107), *Amara aenea* (83), *Brachinus bodemeyeri* (82) and *Brachinus variventris* (73). In autumn 2011, 883 specimens, belonging to 33 species, were collected. In this sampling period, *Nebria salina* (426), *Calathus mollis* (114), *Pterostichus globosus* (99) and *Calathus granatensis* (66) were the most abundant species. The abundance of carabids was higher in olive groves covered with spontaneous vegetation. In autumn 2012, 595 specimens were collected, belonging to 28 species. *N. salina* (311 specimens), *P. globosus* (70), *C. mollis* (64) and *C. granatensis* (36) were again the most abundant species. The different management types influenced the abundance and the species richness of carabids. In spring 2011, the olive groves treated with herbicide reached higher abundance and species richness. However, the Simpson index was higher in the olive groves covered with spontaneous vegetation. In Autumn 2011 and 2012, the olive groves covered with spontaneous vegetation and leguminous plants were those that presented higher species richness. Tilled groves obtained less abundance of specimens. The species *C. mollis* and *C. granatensis* are potential bioindicators for the olive groves covered with spontaneous vegetation. For the olive grove of Suçães, treated with

herbicide, there are two species that seem to be associated with this management type, *Olisthopus* sp. and *Microlestes negrita*.

Keywords: Abundance; richness; carabids; vegetation coverage; herbicides; tillage; *Nebria salina*; *Pterostichus globosus*; *Harpalus distinguendus*; *Brachinus bodemeyeri*; *Brachinus variventris*; *Amara aenea*; *Calathus mollis*, *Calathus granatensis*; pitfalls.

1. Introdução Geral

1.1. Introdução

Em Portugal a oliveira tem um papel económico, social e paisagístico relevante e apresenta uma distribuição ampla por todo o território, com especial incidência na região de Trás-os-Montes (Peres et al., 2011). O azeite produzido nesta região é de excelente qualidade, devido particularmente às suas características pedológicas e condições climáticas em associação com cultivares tradicionais e práticas culturais (Peres et al., 2012).

Os olivais desta região são essencialmente tradicionais, onde prevalecem árvores mais velhas (idade superior a 50 anos), cultivadas em baixas densidades, implantadas em terrenos maioritariamente inclinados, com baixo grau de mecanização e ausência de irrigação (Duarte et al., 2008). Cada vez mais a não mobilização do solo em olivais favorece o crescimento de um coberto vegetal espontâneo, com a finalidade de proteger o solo contra erosão hídrica e contribuir para o fomento das populações de auxiliares (Torres, 2007).

Para o controle e limitação da vegetação herbacea espontânea os olivicultores recorrem a aplicação de herbicidas de baixa persistência na linha ou média persistência sob a copa das árvores, nomeadamente em sistemas de Produção Integrada (Torres, 2007).

Estes sistemas de produção são caracterizados como sistemas de baixa intensidade e menos produtivos em comparação com os novos sistemas intensivos e irrigados (Duarte et al., 2008). Do ponto de vista económico, esta baixa produtividade leva a que os olivicultores não obtenham a rentabilidade desejada e conseqüentemente optem por abandonar os olivais (Connor, 2005; Duarte et al., 2008). No entanto o abandono dos olivais tradicionais tem conseqüências negativas tais como o aumento de risco de incêndio, mudanças na paisagem tradicional e mudanças no uso da terra, por outro lado contribuiria para a desertificação local, sendo que este sistema pode ser uma fonte de rendimento e emprego para a região de Trás-os-Montes (Connor, 2005; Duarte et al., 2008).

Deste modo, a olivicultura transmontana atravessa uma fase crítica pois, por um lado, estão os sistemas de produção intensivos, mais competitivos e em expansão, mas que podem levar ao uso insustentável de recursos naturais, solo, água e a perda de

biodiversidade, e por outro lado os sistemas tradicionais que se defrontam com a intensificação e o abandono, ambas com consequências negativas para o ecossistema (Beaufoy, 2001; Torres, 2007).

Para garantir a sustentabilidade futura dos olivais de Trás-os-Montes, torna-se necessário encontrar soluções e alternativas viáveis que ajudem a aumentar a rentabilidade económica dos olivais, de forma a incentivar os agricultores e não permitir o abandono de olivais.

Dentro das alternativas sustentáveis encontram-se o Modo de Produção Biológico e a Produção Integrada (Regulamento EEC no. 2092/91 de 24 de Junho de 1991; Boller et al., 2004; Malavolta & Perdakis, 2012). Estes sistemas visam o desenvolvimento de práticas agrícolas acertadas, a promoção de sistemas de produção extensivos através da gestão sustentável dos recursos, bem como viabilizar a atividade agrícola do ponto de vista económico e social.

No entanto, as alterações decorrentes dentre os modos de produção mencionados só poderão ser avaliadas se existir um sistema de monitorização do estado do agro-ecossistema (Paoletti, 1999). Neste sentido, têm vindo a ser estudadas espécies indicadoras que são caracterizadas por serem espécies ou grupos de espécies cuja biologia é sensível às perturbações e portanto, respondem rapidamente aos efeitos negativos da gestão dos ecossistemas; uma espécie bioindicadora pode ainda ser caracterizada por estar particularmente bem adaptada às características da paisagem (Paoletti, 1999; Pearce & Venier, 2006). Dentre as espécies existentes no olival, encontram-se as espécies pertencentes à família Carabidea que têm sido consideradas como tendo forte potencial como indicadores ecológicos. Estas espécies têm uma taxonomia estável, pelo que são facilmente identificáveis, mostram uma relação estreita com as condições ambientais e têm vindo a ser frequentemente utilizadas como ferramentas de monitorização e indicação de práticas agrícolas (Allegro & Sciaky, 2003; Pearce & Venier, 2006).

O estabelecimento de bioindicadores nos olivais também permitirá certificar a qualidade e a excelência da produção de azeitonas e azeite biológicos, gerando uma mais-valia económica que favorecerá os olivicultores de Trás-os-Montes (Duarte et al., 2008; Cotes et al., 2009).

Neste contexto, este trabalho teve como **objetivo** estudar a abundância e diversidade de carabídeos ao longo de um gradiente crescente de práticas agrícolas no olival

transmontano de forma a desenvolver um conjunto de indicadores biológicos que possam ser utilizados como ferramentas de avaliação da sustentabilidade do olival.

1.2. A oliveira e a importância do olival na Região Mediterrânica

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma espécie com grande importância económica, ecológica e social na Bacia do Mediterrâneo (Gemmas et al., 2004). É considerada a cultura mais relevante nesta região, conjuntamente com a vinha, ambas referentes ao grupo de plantas que fundou a horticultura no Velho Mundo (Alves, 2007). Desde a idade do bronze que a riqueza de diversos povos do mediterrâneo se centralizou no cultivo das oliveiras, produzindo o azeite que era utilizado na cozinha como unguento e para iluminação, enquanto a azeitona era conservada para consumo (Alves, 2007). Devido à capacidade de conservação da azeitona e do azeite, estes eram facilmente comercializados (Alves, 2007). Actualmente a cultura da oliveira na região mediterrânica é uma fonte de renda adicional que auxilia e contribui para a manutenção da população em áreas rurais (Rouini, 2008).

1.2.1. Origem da oliveira

As oliveiras cultivadas tiveram origem nas oliveiras selvagens (zambuzejros) (Alves, 2007; Silva, 2008; Jesus, 2013). Originária de uma região que se estende desde o sul de Cáucaso até às planícies do Irão, Palestina e a zona costeira da Síria, foi-se propagando até ao Chipre, Anatólia, Creta e Egipto até povoar todos os países da zona mediterrânica (Barranco et al., 2008). A domesticação da oliveira na Bacia do Mediterrâneo ocidental iniciou-se no final da idade do Bronze, sendo que no século VI antes de cristo, dispersou-se por ação antrópica por todo o mediterrâneo, chegando à Tunísia e à Sicília e, mais tarde ao norte de Itália (Alves, 2007). Hoje em dia, a oliveira é retratada como um elemento característico da paisagem, de grande relevância económica, estando distribuída se estendeu à África do Sul, China, Japão, Austrália e Estados Unidos da América (Barranco et al., 2008).

1.2.2. Património olivícola

O património olivícola a nível mundial é constituído por aproximadamente 1.000 milhões de oliveiras, ocupando uma superfície de 10 milhões de hectares, 98% do total situa-se na costa do mediterrâneo (Barranco et al., 2008). É na União Europeia (EU) que se encontra a maior parte da produção de azeite, sendo que Espanha, Itália, Grécia e Portugal produzem 80% do azeite desta região (Beaufoy, 2001) e mais de 90% de azeitonas para consumo de mesa (Oliveira et al., 2003).

Em Portugal, a oliveira tem revelando uma elevada importância social e económica (Bacelar et al., 2004), sendo o Alentejo e Trás-os-Montes as duas regiões mais importantes do ponto de vista da ocupação do solo pelo olival e da produção de azeite e azeitona. Relativamente aos dados consultados da região de Trás-os-Montes, segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2013) o olival referente ao ano de 2012, ocupa uma superfície de 76 031 ha que produzem uma média de 59 114 toneladas de azeitonas que proporcionam a produção de cerca de 95 096 hl de azeite (INE, 2013). Enquanto a produção de azeitona de mesa, a superfície de olival destinado à produção deste produto é de cerca de 3 886 ha, com uma produção de cerca de 3 208 t de azeitonas (INE, 2013). Devido às características edafoclimáticas desta região, o azeite tem uma excelente qualidade, sendo reconhecido pela União Europeia e pela Denominação de Origem Protegida (DOP) “Azeite de Trás-os-Montes” (Peres et al., 2011).

1.3. Agro-biodiversidade do olival e limitação natural de pragas

Os olivais são considerados importantes reservatórios de biodiversidade (Rouini, 2008), abrigando um grande número de artrópodes (Coutinho, 2007). Estes organismos entomófagos têm revelado grande importância na limitação e desenvolvimento dos inimigos do olival (Torres, 2007).

A biodiversidade no contexto agrícola tem sido descrita em três níveis, segundo a Convenção de Diversidade Biológica (Cotes, 2008).

- Diversidade genética: trata da diversidade genética, dentre as espécies animais e vegetais domesticadas e homólogos silvestres.
- Diversidade de espécies: o número de população de espécies silvestres, afectadas pela agricultura, incluído o impacto que as espécies invasoras causam na agricultura e na diversidade.

- Diversidade de ecossistemas: consiste na estrutura do ecossistema, espécies relevantes na agricultura e/ ou comunidades de espécies dependentes destes habitats agrícolas.

A manutenção destes três níveis é, no entanto, considerada interdependente. Por exemplo a diversidade genética permite melhorar a agricultura e a pecuária através da selecção de recursos. No caso da diversidade de espécies, a sua relação com a agricultura é importante, sendo que, o conjunto das espécies que povoam um ecossistema agrícola atua como um sistema que mantém a produção agrícola. Nesta diversidade incluem-se organismos tão diferentes tais como os microorganismos do solo, anelídeos, inimigos naturais de pragas da cultura, bem como polinizadores. Por sua vez, muitas delas dependem do agro-ecossistema como habitat, tais como as espécies invasoras e as pragas da cultura que podem afetar significativamente a produção agrícola (Cotes, 2008).

Deste modo, vários estudos têm vindo a ser realizados sobre a biodiversidade de artrópodes no olival, devido sobretudo à sua importância ecológica e económica (Altieri, 1999; Ruano et al., 2004; Santos et al., 2007; Torres & Nogueira, 2007; Gonçalves & Pereira, 2012).

1.3.1. Principais pragas que afectam a oliveira

Entre os organismos que existem no olival estão os organismos fitófagos que, dependendo do ano e da região, podem atingir o estatuto de praga e afetar seriamente a produção. Para a região mediterrânica, as principais pragas são: (1) a mosca-da-azeitona *Bactrocera oleae* (Rossi), (2) a traça-da-oliveira *Prays oleae* Bernard, (3) a cochonilha-negra, *Saissetia oleae* (Olivier), (4) o algodão-da-oliveira *Euphyllura olivina* Costa, (5) a traça-verde *Palpita vitrealis* (Rossi) e (6) a euzofera *Euzophera pinguis* (Haworth) (Torres, 2007; Meneses, 2012).

Entre estas pragas, a mosca-da-azeitona é considerada a praga-chave na bacia do Mediterrâneo, sendo esta a que mais afecta a oliveira e o rendimento dos olivicultores. Também em Portugal, a mosca-da-azeitona é umas das principais pragas (Pereira & Bento, 2009; Coelho et al., 2011). Dependendo dos anos, na região de Trás-os-Montes, os ataques podem atingir valores superiores a 80 % dos frutos atacados, causando assim elevados prejuízos (Pereira et al., 2007).

A mosca-da-zeitona pertence à família Tephritidae, com mais de 4.000 espécies descritas (Barranco, 2004). Os adultos têm cerca de 4 a 5 mm de comprimento, cabeça amarela-avermelhada e as suas asas são castanhas com pequenas machas transparentes (Meneses, 2012). Quanto ao seu ciclo biológico, a mosca-da-zeitona passa o inverno sob forma de pupa, enterrada no solo a profundidades entre 3 e 10 cm (Barranco, 2004), emerge de março a maio, colonizando novos olivais e novos frutos em formação. As fêmeas após o acasalamento depositam os ovos nos frutos que dão origem a uma larva que se alimenta do mesocarpo (polpa) da azeitona, abrindo várias galerias até abandonar o fruto ou se transformar em pupa (Torres, 2007; Meneses, 2012). Por ano, podem ocorrer entre 4 a 5 gerações de mosca-da-zeitona que vão picando sucessivamente mais frutos (Torres, 2007; Meneses, 2013).

Os ataques provocados pela mosca-da-zeitona causam sérios problemas quantitativos e qualitativos na produção. Por exemplo, a atividade da larva no interior da azeitona, afeta o desenvolvimento do fruto, ocasionado pelo consumo da polpa da azeitona, e por vezes pode provocar a queda prematura do fruto (Pereira et al., 2007; Coelho et al., 2011; Meneses, 2013). Por outro lado, a azeitona de mesa é imediatamente desvalorizada, pela picada de postura sendo que, os prejuízos podem ser totais quando esta cai ao solo (Meneses, 2012). As azeitonas atacadas pela mosca-da-zeitona normalmente dão origem a azeites mais ácidos e com índices elevados de peróxidos (Rouini, 2008; Meneses, 2012).

1.3.2. Importância dos carabídeos como potenciais agentes de limitação natural de pragas

Os prejuízos causados pela mosca-da-zeitona obrigam quase sempre à aplicação de meios de luta. Entre os meios de luta disponíveis para reduzir os ataques destaca-se, pela sua importância, a luta biológica que é a forma mais sustentável de controlar os prejuízos resultantes da ação desta praga e a que menos prejudica o ambiente. A luta biológica baseia-se na ação de determinados inimigos naturais (predadores, parasitóides, entomopatogéneos) que podem reduzir e auto-regular as comunidades de pragas, mantendo-as nos níveis sustentáveis de ataque (Rouini, 2008; Mulumba et al., 2012).

Relativamente à mosca-da-zeitona, é na fase de desenvolvimento de pupa que esta se encontra mais vulnerável ao potencial ataque por parte dos predadores edáficos

(Meneses, 2013). Entre os organismos que constituem a fauna edáfica, os espécimes pertencentes à ordem Coleoptera são habitualmente abundantes e diversos. Esta ordem, com aproximadamente 350 000 a 370 000 espécies descritas (Karimi et al., 2012; Kosmos, 1984; Valenti, 1990) e na sua maioria terrestres, é composta por espécies com diferentes hábitos alimentares que vão desde fitófagos, polífagos, omnívoros, saprófagos, coprófagos, necrófagos e predadores (Lupi et al., 2007). Dentro da ordem Coleoptera, a família Carabidae integra espécies maioritariamente predadoras generalistas, abundantes nos ecossistemas agrícolas, inclusive no agro-ecossistema olivícola (Altieri, 1999; Cotes et al., 2010), sendo considerados insetos benéficos, cruciais na limitação natural de pragas (Kromp, 1999; Torres, 2007; Eyre et al., 2013). Nesta família, foram descritas mais de 40 mil espécies (Lovei, 1996), das quais, 1036 foram registadas na Península Ibérica e 498 em Portugal (Serrano et al., 2003). Neste grupo podemos encontrar espécies que se encontram ativas ao longo de todo o ano (Aguiar & Serrano, 2012).

Os carabídeos têm tamanho variável e são facilmente reconhecidos a nível familiar pelo seu corpo esguio, predominantemente de cor escura (negros), que estão correlacionados com atividade nocturna, embora outros apresentem cores metálicas coloridas e que estão correlacionados com atividade diurna (Kromp, 1999).

Em zonas de clima temperado, os carabídeos vivem à superfície do solo, sendo que algumas espécies vivem sobre a vegetação, reproduzindo-se geralmente uma vez por ano, embora existam algumas espécies que sobrevivem ao inverno e se reproduzem duas vezes por ano (Kromp, 1999). Dentre a fauna de carabídeos presente em Portugal, encontramos algumas espécies do género *Calosoma*, *Calathus* e *Dromius*, que são predadores arborícolas, outros géneros *Zabrus*, *Harpalus*, *Amara*, *Lebia*, *Lamprias* e *Demetrias*, são predominantemente consumidores de pólen ou sementes, com hábitos escavadores encontram-se os géneros *Scaratis*, *Clivina*, *Dyschirius*, *Dyschiriodes* e *Reicheiodes* que abrem túneis em terrenos arenosos e em sistemas dunares (Aguiar & Serrano, 2012).

No olival, o impacte dos carabídeos sobre pragas é pouco conhecida, embora os indivíduos pertencentes a esta família possam intervir na redução das populações de moscas-da-azeitona na fase pupa, quando se encontra no solo vulnerável a muitos predadores terrestres. Em estudos laboratoriais conduzidos em Itália verificou-se que as espécies *Pterostichus sp.* *Calathus fuscipes* (Goeze), *Pseudoophonus rufipes* (De Geer)

e *Laemostenus cimmerius* (Fischer von Waldheim) se alimentavam regularmente de pupas de mosca-da-azeitona, enquanto outras espécies como *Pseudoophonus griseus* (Panzer), *Nebria kratteri* (Jeanne), *Brachinus sclopeta* (Fabricius), *Brachinus italicus* (Dejean), *Brachinus crepitans* (L.), *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan) não consumiam pupas de mosca-da-azeitona (Odoguardi et al., 2008).

De acordo com Orsini et al. (2007), num estudo realizado em olivais californianos com a finalidade de avaliar três fatores de mortalidade de pupas de mosca-da-azeitona, i.e., predadores, clima e microorganismos, verificou-se que a predação e o clima podem ser fatores significativos de mortalidade. Dentre os predadores mais abundantes no solo, as formigas e os carabídeos foram os que mais contribuíram para a mortalidade de mosca-da-azeitona (Orsini et al., 2007).

Estes estudos indicam que os carabídeos podem ser potenciais predadores de pupas da mosca-da-azeitona ao nível do solo, causando declínio da sua população na primavera, início de verão e outono. Assim, torna-se necessário conservar e promover a presença destes predadores em olivais como forma de para fomentar a limitação natural das populações de pragas, nomeadamente de mosca-da-azeitona (Odoguardi et al., 2008).

1.4. Os indicadores biológicos como ferramentas de avaliação de sustentabilidade agrícola

A UE tem vindo a reforçar a necessidade de estabelecimento de critérios para definir potenciais indicadores com a finalidade de avaliar a sustentabilidade da gestão de recursos renováveis e importância do uso do solo (Pearce & Venier, 2006). Portanto, estudos que tenham como finalidade encontrar possíveis bioindicadores podem contribuir para otimizar a gestão de sistemas agrícolas e, ao mesmo tempo influenciarem políticas públicas, em particular aquelas que têm como finalidade reduzir a contaminação ambiental (Paoletti, 1999).

As primeiras medidas geradas para a integração do meio ambiente nas políticas agrícolas foram levadas a cabo pela reforma da Política Agrícola Comum no ano de 1992, que introduziu novos conceitos relacionados com as actividades agrícolas e a protecção ambiental (Cotes, 2009). Assim, em 1998 a UE adotou uma estratégia comunitária que visa a preservação da biodiversidade em vários setores de atividade com vista ao desenvolvimento sustentável e protecção do meio-ambiente (Cotes, 2009).

No ano de 2001, desenvolveu-se um plano de ação para melhorar e manter o estado da biodiversidade nos sistemas agrícolas (Cotes, 2009).

Os principais objectivos destas ações seriam:

- (1) Gerir as práticas agrícolas intensivas de modo a preservar a biodiversidade o que implica: desenvolver práticas agrícolas acertadas, promover sistemas de produção extensivos e promover a gestão sustentável dos recursos;
- (2) A atividade agrícola deve ser economicamente viável, socialmente aceitável e por sua vez, que respeite a biodiversidade;
- (3) Aplicar medidas agro-ambientais que permitam a exploração sustentável da biodiversidade;
- (4) Evitar a expansão de espécies não autóctones.

No entanto, as alterações decorrentes da aplicação das ações mencionadas só poderão ser avaliadas se existir um sistema de monitorização do estado do agro-ecossistema. Esta monitorização pode assentar no estudo de espécies sensível às perturbações e portanto que tenham uma resposta rápida aos efeitos negativos da gestão dos agro-ecossistemas (Pearce & Venier, 2006).

Por outro lado, o desenvolvimento de indicadores de qualidade do agro-ecossistema permitirá atribuir e reconhecer o valor ecológico, social e ambiental do olival em Trás-os-montes, o que poderá passar pela certificação da qualidade e da excelência da produção de azeitonas e azeite biológicos, gerando uma mais-valia económica que favoreceria os olivicultores de Trás-os-Montes (Duarte et al., 2008).

1.4.1. Indicadores agro-ambientais

A Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) estabeleceu critérios básicos, assim como novas metodologias para definir e estruturar o estudo do estado ambiental dos agro-ecossistemas (OCDE, 2001). Assim a OCDE, desenvolveu o conceito de indicadores agro-ambientais sendo que, os indicadores agro-ambientais têm vindo a ser definidos como um “termo” que designa um conjunto de indicadores cujo objectivo é fornecer informação sintetizada sobre as complexas interações entre agricultura e o meio ambiente (OCDE, 2001; Büchs, 2003). Assim, são considerados “indicadores” aqueles que fornecem uma avaliação dos impactos da agricultura na

qualidade da água, alterações climáticas, solo ou estruturas de paisagem (OCDE, 2001; Büchs, 2003). Deste modo a OCDE desenvolveu um quadro com os três tipos principais de indicadores agro-ambientais: (a) de força motriz, (b) de estado e (c) de resposta.

(a) indicadores de força motriz - pretendem avaliar os motivos que causam mudanças nas condições ambientais na agricultura, tais como, mudanças na disponibilidade de gestão e práticas agrícolas, uso de nutrientes, terra e água;

(b) indicadores de estado, pretendem avaliar os efeitos da agricultura sobre o meio ambiente, tais como cobertura do solo, água, ar, biodiversidade, paisagens e habitats;

(c) indicadores de resposta, pretendem avaliar as iniciativas tomadas para responder às mudanças do meio ambiente (OCDE, 2001).

A monitorização da biodiversidade em diferentes sistemas agrícolas é considerada um método capaz de comparar distintos tipos de gestão que, por sua vez, se encontra associada a mudanças dos usos agrícolas (Buchs, 2003). Deste modo, o conhecimento da bioindivrsidade que compõe os agro-ecossistemas permite uma gestão mais sustentável (Pearce & Venier, 2006; Cotes, 2009).

1.5. Relações entre as práticas agrícolas e a biodiversidade de carabídeos

Os carabídeos estão presentes em quase todos os ecossistemas terrestres. Este grupo está amplamente distribuído e é relativamente bem conhecido quanto à sua biologia, tornando-se um excelente indicador da qualidade dos sistemas agrícolas e acções antrópicas (Kromp, 1999; Eyre et al., 2013). Vários estudos têm sido realizados com o objectivo principal de avaliar os efeitos das práticas agrícolas sobre as comunidades de carabídeos (Kromp, 1989; Kromp, 1990; Döring & Kromp, 2003; Holland & Reynolds, 2003; Irmiler, 2003; Purtauf et al., 2005; Gobbi & Fontaneto, 2008; Eyre et al., 2013). Vários factores podem influenciar a atividade, diversidade e abundância de carabídeos, entre os quais, o tipo de cultura, a gestão e intensidade de práticas agrícola, paisagem envolvente e cobertura vegetal (Kromp, 1989; Eyre et al., 2013). Os factores abióticos do solo, tais como o tipo de solo ou a humidade também são factores importantes para determinar as espécies presentes (Holland & Luff, 2000).

Relativamente aos factores que geram baixa abundância de carabídeos, encontram-se a alta salinidade, os elevados níveis de fertilizantes, a aplicação de pesticidas e a

mobilização do solo, por outro lado, a ausência de pesticidas, a cobertura do solo e a abundância e diversidade de plantas são factores que fomentam a abundância de espécies (Kromp, 1999; Liu et al., 2006). Por exemplo, estudos comparativos realizados em olivais da Andalusia, Espanha, verificou-se que as famílias mais abundante de coleópteros eram as dos carabídeos e dos anticídeos, sendo que os carabídeos foram mais abundantes em olivais geridos em modo de produção integrada e produção biológica, enquanto os anticídeos foram mais abundantes em olivais geridos em modo convencional (Cotes et al., 2010).

Relativamente a estudos realizados em outras culturas, por exemplo, em campos de trigo concluíram que a ocorrência de carabídeos foi maior em trigo biológico quando comparado com trigo convencional (Irmiler, 2003; Döring & Kromp, 2003). Em vários estudos comparativos entre cereais biológicos e convencionais, Döring & Kromp (2003) concluíram que a riqueza de espécies foi significativamente maior em cereais biológicos. Nomeadamente, as espécies *Carabus auratus* L., *Amara aenea* (De Geer), *Pseudoophonus* spp. e *Jarpalus affinis* Schrank beneficiaram da prática da agricultura biológica, enquanto que para outras espécies não houve alteração significativa na abundância (e.g. *Trechus quadristriatus* Schrank e *Demetrius atricapillus* (L.)) e a espécie *Loricera pilicornis* (Fabricius) tende a beneficiar da agricultura convencional.

Em campos agrícolas de cultura de batata verificou-se que o número de indivíduos foi maior em campos geridos em modo biológico quando comparados com campos geridos em modo convencional, sendo que as espécies *Poecilus versicolor* (Slum), *Dyschirius globosus* (Herbst), *Calathus fuscipes* (Goeze) e *Harpalus aeneus* (Fabricius) foram considerados bioindicadores para os agroecossistemas biológicos (Kromp, 1990).

Porém Purtauf et al. (2005) concluiu que o modo de gestão agrícola (biológica versus convencional) não aumenta ou influencia a riqueza de espécies, podendo eventualmente ter uma influência significativa na densidade de espécies, sendo que este autor considera que a composição da paisagem agrícola influencia significativamente a riqueza de espécies, assim como a sua abundância.

Em culturas arvenses, as espécies *Amara apricaria* Paykull, *Harpalus rufipes* (De Geer) e *Bembidion* spp. mostraram estar associadas a sistemas biológicos onde era mantida a vegetação herbácea enquanto as espécies *Achomenus dorsalis* (Pontoppidan) e *Notiophilus biguttatus* (Fabricius) estavam mais associadas aos sistemas convencionais (Eyre et al., 2013).

A abundância e a diversidade de plantas proporcionam uma fonte de alimento mais heterogênea, sendo um atrativo para espécies insetívoras e polípagas contribuindo para o aumento do número de espécies, o que pode ser um dos fatores responsáveis pela maior ocorrência de indivíduos em campos biológicos versus convencionais (Kromp, 1999; Liu et al., 2006). Por exemplo, solos cobertos com vegetação espontânea são um atrativo para espécies predominantemente herbívoras e granívoras, como *Harpalus* spp., *Amara* spp. e *Zabrus* spp. (Kromp, 1999).

Considerando a mobilização do solo, esta prática pode ter afetado determinadas espécies de carabídeos, diminuindo o número de indivíduos em parcelas mobilizadas. Porém, a espécie *N. biguttatus* foi favorecida pela mobilização do solo (Holland & Reynolds, 2003).

Quanto às espécies de *Carabus* spp, verificou-se que o número de indivíduos foi maior em locais semi-naturais, e era afetado negativamente pela prática de agricultura intensiva (Cole et al., 2002).

P. rufipes foi mencionado como indicador de intensidade agrícola, tendo preferência por sistemas menos intensivos onde a cobertura por vegetação herbácea seja promovida, visto que esta espécie é predominantemente omnívora (Kromp, 1990; Döring & Kromp, 2003). Por outro lado, espécies tais como *Pterostichus melanarius* (Illiger) são beneficiadas por práticas agrícolas mais intensivas (Döring & Kromp, 2003).

Sendo portanto possível caracterizar as comunidades de carabídeos e associar determinadas espécies ao longo de um gradiente crescente de práticas agrícolas nomeadamente no agroecossistema olivícola.

2. Material e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na zona de Mirandela, na região da Terra Quente Transmontana, Trás-os-Montes. Para o estudo, foram seleccionados 8 olivais, que apresentavam diferentes tipos de gestão da vegetação herbácea (Figura 1): A - solo mobilizado, B - vegetação espontânea controlada com herbicida, C - solo coberto com leguminosas semeadas e D - solo coberto com vegetação espontânea.

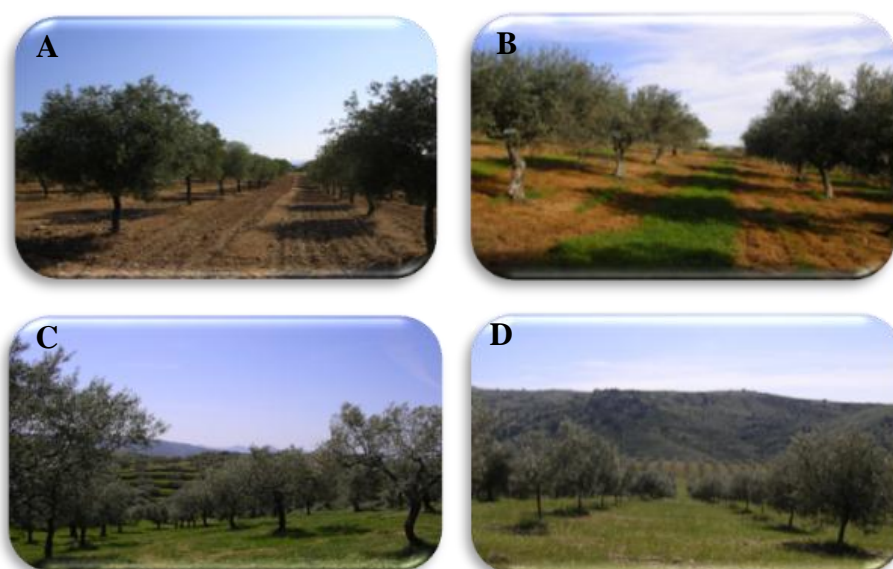


Figura 1. Aspeto dos diferentes tipos de gestão da cobertura herbácea do solo nos olivais estudados. A - solo mobilizado; B - aplicação de herbicida na linha; C - leguminosas semeadas; D - vegetação herbácea espontânea.

Os olivais mobilizados (Avantos PRODI – 41°32'17.31", -7°05'43.89" e Avantos BIO – 41°33'34.39"N, -7°05'37.17"W) foram lavrados duas a três vezes por ano, no início de abril, meados de junho e, caso necessário, em setembro. Não foram aplicados pesticidas nos anos de estudo.

Os olivais sujeitos a aplicação de herbicidas (Suções - 41°29'30.02", -7°15'28.72" e São Pedro PRODI – 41°26'38.09", -7°13'28.69") de acordo com os produtores, foi utilizado o glifosato (Roundup Super, Bayer, 21/ ha, com uma formula de 360 g/l de glifosato) tendo sido aplicada no fim de abril, junto à linha de plantação, deixando assim um corredor de vegetação espontânea herbáceas na entrelinha.

Em olivais com solo coberto com leguminosas (Valbom - 41°33'00.58 ", -7°08'39.92" e São Pedro BIO - 41°25'44.91 ", -7°12'20.71"), as espécies predominantes são *Trifolium repens*, *Trifolium fragiferum*, *Trifolium incarnatum* e tremoço, em Valbom foi semeada pela primeira vez em 2008 e em São Pedro BIO em 2010, sendo esta cobertura mantida entre novembro e junho. Após este período as plantas leguminosas completam o seu ciclo, sendo posteriormente cortadas e incorporadas no solo. Ambos os olivais foram pastoreados por ovinos, não sendo portanto utilizados pesticidas. Em olivais com solo coberto por vegetação herbácea espontânea (Guribanes - 41°34'12.25 ", -7°09'59.01" e Cedães - 41°29'16.86", -7°07'34.02") a fenologia da vegetação herbácea espontânea ocorreu naturalmente no solo, obtendo a maior percentagem de cobertura durante a primavera. Em julho, no olival de Cedães, a vegetação herbácea foi cortada e incorporadas no solo. Em Guribanes, a vegetação herbácea foi pastoreada por ovinos até meados de junho. Em meados de março foram aplicados fertilizantes à base de boro (30 kg/ha) não sendo aplicados pesticidas em nenhum dos olivais.

A média de idade das árvores era de 70 a 100 anos, exceto Cedães e São Pedro PRODI cuja média de idade é de 15 a 20 anos. Todos os olivais são cultivados em regime de sequeiro, sendo as cultivares predominantes as Cv. Cobrançosa, Verdeal-Transmontana e Madural.

2.2. Amostragem de carabídeos

A amostragem ocorreu em maio e outubro de 2011 e outubro de 2012. Em cada olival foram colocadas 16 armadilhas de queda (pitfalls), em forma de copo de plástico com 115 mm de diâmetro e 130 mm de profundidade. Sendo esta uma das técnicas de amostragem mais utilizadas para a captura de coleópteros (Kanpp & Růžička, 2012). As armadilhas continham cerca de 300 ml de etilenoglicol.

Foram instaladas, de forma alternada, na linha de plantação e na entrelinha, a uma distância de 50 m entre si; oito foram colocadas em duas linhas de plantação e as outras oito ficaram em duas entrelinhas (Figura 2).

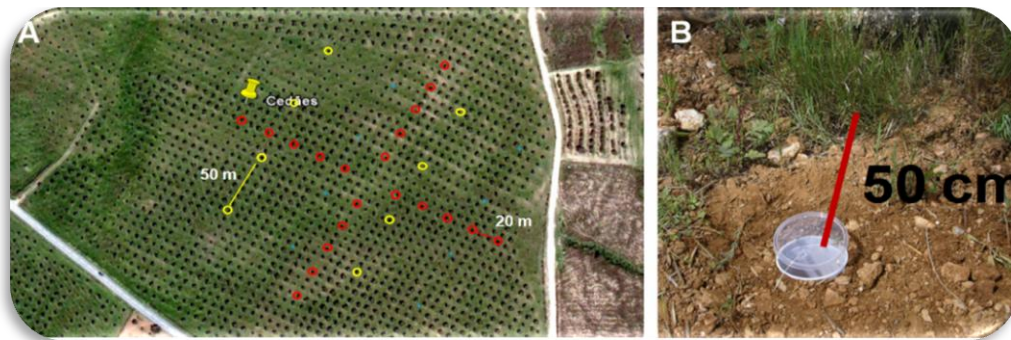


Figura 2. Plano de amostragem em cada olival. A – disposição das armadilhas de queda no olival. Circulos amarelos representam as armadilhas colocadas na linha; Cruzes azuis - armadilhas colocadas na entrelinha; Linha amarela - distancia entre as armadilhas. B- armadilha de queda colocada na linha a 50 cm da base do tronco.

As armadilhas de queda permaneceram em campo durante sete noites sendo posteriormente recolhidas e levadas para o laboratório. Os carabídeos foram separados, conservados em álcool (70%) e identificados à espécie, quando possível, com recurso à lupa binocular segundo os caracteres morfológicos descritos em Aguiar & Serrano (2012).

2.3. Determinação dos grupos tróficos e tamanho corporal em carabídeos

Foi feita a classificação do total dos espécimes capturados em grupos distintos com base nas suas características ecológicas, os indivíduos foram agrupados segundo a padronização das características morfo-ecológicas, como dieta e comprimento do corpo. Relativamente à dieta das espécies de carabídeos, foi feita uma pesquisa bibliográfica para recolha desta informação, que foi obtida a partir de Lindroth (1905), Baker (1985), Kromp (1989), Cole et al. (2002), Frank et al. (2007), Honek et al. (2007), Lupi et al. (2007), Harvey et al. (2008), Pavel (2012), Eyre et al. (2013). Quanto à informação sobre o comprimento corporal das espécies de carabídeos identificadas, esta foi obtida a partir de Aguiar & Serrano (2012). As espécies de carabídeos identificadas foram enquadradas numa de três categorias de tamanhos corporais (pequenos < 5 mm, médios 5-10 mm, grandes > 10 mm) (Eyre et al., 2013).

2.4. Determinação das variáveis explicativas do solo

Em cada ponto de colheita de carabídeos procedeu-se também à colheita de amostras de solo perturbadas e não perturbadas na profundidade de 0-5 cm. Para cada amostra de solo determinou-se o teor de humidade (%) pelo método gravimétrico, o valor de pH em água (10 g de solo e 50 mL de água destilada, quantificado por espectrofotometria), a concentração de P_2O_5 e K_2O pelo método de Egner-Riehm, as concentrações das bases de troca (Na^+ , Mg^{++} e Ca^{++} , quantificadas por espectrofotometria de absorção atómica), o teor em matéria orgânica (%) pelo método de Walkley-Black) e a cobertura (%) por plantas herbáceas espontâneas nos 4 m² que rodeavam cada ponto de amostragem de carabídeos; Para a determinação da cobertura, os pontos de colheita foram fotografados e a percentagem de cobertura foi determinada através da sobreposição de uma grelha dividida em 100 quadrados iguais. A capacidade máxima de retenção de água do solo (WHC) foi determinada numa amostra por olival, composta pela mistura de solos recolhidos nos 16 pontos de amostragem (ISO DIS 11268-2, 1998). A capacidade máxima de retenção de água foi calculada no Laboratório de Ecologia de Solos e Ecotoxicologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e as restantes variáveis no Laboratório de Solos da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.

2.5. Análise de dados

Os valores de abundância foram avaliados quanto à normalidade e homocedastia de variâncias através do teste de Kolmogorov-Smirnov e do teste de Bartlett, respetivamente e, sempre que necessário, foi utilizada a transformação $\log(x+1)$ para normalizar os dados. A ANOVA de uma via foi utilizada para comparar a abundância total de carabídeos e das espécies mais abundantes nos olivais estudados. O teste de Tukey foi utilizado para detetar diferenças entre olivais. O nível de significância foi estabelecido a $P < 0.05$.

Foi calculada a riqueza de espécies (S) e o índice de diversidade de Simpson (D) para cada amostra e calculada a média para cada olival. O índice de diversidade de Simpson foi calculado como $1/D$, através da equação

$$1/D = 1/\sum_{i=1}^S p_i^2 \quad \text{eq 1}$$

onde p_i^2 é a proporção de indivíduos do i^o taxa e S o número total de taxa. O valor mínimo de 1/D é 1e é atingido quando a comunidade tem apenas uma espécie e o máximo é S, que é atingido quando a comunidade tem todas as espécies com igual abundância (Magurran, 2004). Este índice tem em consideração o número de espécies presentes bem como a abundância de cada espécie e obtém-se uma boa estimativa da diversidade em amostras de tamanho relativamente pequenas e ordena as comunidades de forma consistente, i.e., um aumento do valor do índice resultará num aumento da diversidade.

A similaridade entre a comunidade de carabídeos determinadas em cada olival foi avaliada por uma análise de similaridade (ANOSIM) de duas vias baseada no índice de similaridade de Bray-Curtis. Nos casos em que se detetaram diferenças significativas (a $P < 0.05$), foi feita uma análise de similaridade de percentagem (SIMPER) com vista a identificar a contribuição de cada espécie para as dissimilaridades entre comunidades. Em ambas as análises foi utilizado o software Past, versão 2.15 (Hammer et al., 2011). Com a finalidade de estudar as correlações entre as espécies de carabídeos mais abundantes ($N > 20$) e as variáveis ambientais recolhidas a partir das amostras do solo (pH, P_2O_5 , K_2O , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , matéria orgânica e WHC) e da cobertura por plantas herbáceas espontâneas realizou-se uma análise de redundância (RDA) utilizando o programa Canoco 4.5 para Windows (ter Braak e Šmilauer, 2002).

A riqueza específica no solo de cada olival (S_n), a proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem (q) e o esforço mínimo de amostragem (n_q) para uma determinada proporção de espécies calcularam-se através da modelação das curvas de acumulação de espécies (Gotelli & Colwell, 2001). As curvas de acumulação de espécies representam o aumento cumulativo do número de espécies recolhidas à medida que aumenta o número de amostras, considerando cada olival em estudo. Estas curvas foram calculadas recorrendo à utilização do software Estimates versão 9.0 (Colwell, 2013) e a modelação foi realizada recorrendo ao programa Statistica version 7.0 (StatSoft, 2008). O modelo de ajuste dos dados foi feito através do modelo de Clench (Soberón & Llorente 1993; Jiménez-Valverde & Hortal 2003) de acordo com a seguinte equação

$$S_n = a \times n (1 + bn) \quad \text{Eq. 2}$$

onde S_n é a riqueza específica, a representa a taxa de aumento no início da colheita, b é um parâmetro relacionado com a forma da curva e n é o esforço de amostragem.

A proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem (q) foi calculada com a seguinte equação (Jiménez-Valverde e Hortal, 2003)

$$q = S_n / (a/b) \quad \text{Eq. 3}$$

O esforço de amostragem necessário para registrar uma determinada proporção de espécies (n_q) foi calculado com a seguinte equação (Jiménez-Valverde e Hortal, 2003)

$$n_q = q / [b(1-q)] \quad \text{Eq. 4}$$

A análise do Índice do Valor Indicador (IndVal) foi efetuada com o objetivo de avaliar a fidelidade (A) e a especificidade (B) das espécies de carabídeos aos diferentes olivais (Dufrene e Legendre, 1997) através do pacote `indicspecies` do programa R (R Development Core Team, 2010). A fidelidade representa a frequência de uma espécie dentro de um olival e a especificidade é a exclusividade para um determinado olival. O valor do indicador (i.e. a associação entre espécies e olivais) é determinado com base nas comparações entre abundância e ocorrência de espécies. O IndVal foi calculado com base na fórmula

$$\text{IndVal} = \sqrt{(A*B)} \quad \text{Eq. 5}$$

3. Resultados

3.1. Comunidade de carabídeos que ocorreram na primavera de 2011

Na primavera de 2011, foram capturados 685 indivíduos pertencentes a 43 espécies no total dos oito olivais em estudo. Na Figura 3 observa-se a variação da abundância (média \pm erro padrão – EP) encontrada na linha de plantação e na entrelinha nos oito olivais em estudo. Nos olivais mobilizados, a abundância foi maior na linha do que na entrelinha, ao contrário do que ocorreu nos olivais com cobertura vegetal com leguminosas, onde a linha registou menor abundância do que a entrelinha. Nos restantes não foi possível encontrar um padrão definido. De destacar, o olival de Suções (herbicida_2), onde a abundância registada na entrelinha foi significativamente superior à abundância na linha de plantação.

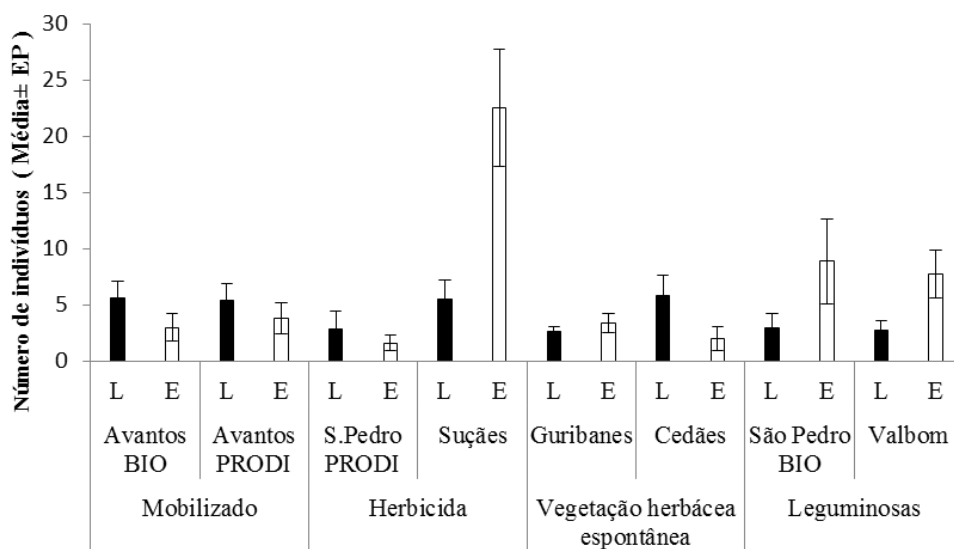


Figura 3. Abundância (média \pm erro padrão) encontrada na linha de plantação e na entrelinha nos oito olivais em estudo, primavera de 2011.

Verifica-se que olivais sujeitos a aplicação de herbicidas foram os que registaram maior abundância de carabídeos, com um total, para os dois olivais em estudo, de 260 espécimes capturados, correspondendo a 37,9% da abundância total, seguidos dos olivais com solo coberto por leguminosas (179 espécimes capturados e 26,1% de abundância relativa, olivais mobilizados (125 espécimes capturados e 19,7% de

abundância relativa) e por fim, os olivais com solo coberto por vegetação herbácea espontânea (111 espécimes capturados e 16,2% de abundância relativa) (Quadro 1).

Quadro 1. Abundância total das espécies de carabídeos identificadas nos diferentes tipos de gestão de solo, primavera 2011.

Nº	Espécies	Mobilizado	Herbicida	Vegetação esp	Leguminosas
1	<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	-	1	-	-
2	<i>Acupalpus ibericus</i> Jaeger, 1988	1	11	-	-
3	<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	-	56	2	25
4	<i>Amara arcuata castiliana</i> Hieke, 1983	-	-	1	-
5	<i>Amara fulvipes</i> Serville, 1821	-	-	-	1
6	<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	-	1	-	1
7	<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1794)	-	-	-	2
8	<i>Brachinus bodemeyeri</i> Apfelbeck, 1904	38	21	1	22
9	<i>Brachinus variventris</i> Schauffuss, 1862	36	23	6	8
10	<i>Calathus hispanicus dejeani</i> Ganglbauer, 1891	-	2	-	-
11	<i>Calathus granatensis</i> Vuillefroy, 1866	2	1	22	1
12	<i>Calathus mollis</i> (Marsham, 1802)	-	1	7	1
13	<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	-	1	1	-
14	<i>Carabus lusitanicus lusitanicus</i> (Fabricius, 1801)	-	1	-	-
15	<i>Egadroma marginatum</i> (Dejean, 1829)	-	-	-	1
16	<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	-	-	1	-
17	<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	16	38	15	38
18	<i>Harpalus neglectus</i> Audinet-Serville, 1821	10	12	-	-
19	<i>Harpalus anxius</i> Duftschmid, 1912	-	-	1	1
20	<i>Harpalus pygmaeus</i> Dejean, 1829	-	-	1	2
21	<i>Harpalus rubripes</i> Duftschmid, 1812	1	2	1	1
22	<i>Harpalus attenuatus</i> Stephens, 1828	1	-	-	-
23	<i>Harpalus honestus</i> Duftschmid, 1812	-	-	-	1
24	<i>Licinus punctatulus</i> (Fabricius, 1792)	-	-	-	1
25	<i>Microlestes abellei</i> Brisout, 1885	1	-	1	1
26	<i>Microlestes corticalis</i> (Dufour, 1820)	1	-	2	-
27	<i>Microlestes negrita</i> Wollaston, 1854	-	3	-	-
28	<i>Nebria salina</i> Fairmaire & Laboulbène, 1854	-	9	-	4
29	<i>Ocys harpaloides</i> (Serville, 1821)	-	5	-	-
30	<i>Olisthopus sp.</i>	1	29	-	-
31	<i>Olisthopus fuscatus</i> Dejean, 1828	-	5	1	1
32	<i>Poecilus crenulatus</i> Dejean, 1828	-	7	-	8
33	<i>Poecilus kugelanni</i> (Panzer, 1797)	-	-	-	6
34	<i>Pterostichus globosus</i> (Quensel, 1806)	19	21	33	45
35	<i>Stenolophus teutonius</i> (Schrank, 1781)	1	2	-	-
36	<i>Penetretus rufipennis</i> (Dejean, 1828)	-	1	-	-
37	<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	1	1	-	-
38	<i>Semiophonus signaticornis</i> (Duftschmid, 1812)	-	-	5	-
39	<i>Syntomus foveatus</i> (Fourcroy, 1785)	2	-	1	-
40	<i>Syntomus obscuroguttatus</i> (Duftschmid, 1812)	1	-	-	-
41	<i>Syntomus foveolatus</i> (Dejean, 1831)	1	1	2	1
42	<i>Trechus obtusus</i> Erichson, 1837	-	5	7	7
43	<i>Zabrus sp.</i>	2	-	-	-
	Total	135	260	111	179

Na Figura 4 apresenta-se a distribuição das espécies da comunidade de carabídeos ao longo dos quatro modos de gestão do solo. Os olivais sujeitos a aplicação de herbicidas foram os que apresentaram um maior número de espécies (26 espécies), seguidos dos olivais com cobertura com leguminosas (23 espécies), dos olivais coberto com vegetação herbácea espontânea (20 espécies) e, por último, os olivais mobilizados (18 espécies). Sendo que das 43 espécies capturadas, 7 espécies ocorrem em todos os tipos de gestão de solo. Relativamente às espécies exclusivas, olivais com herbicida apresentaram sete espécies exclusivas, seguidos dos olivais com leguminosas (com seis

espécies) e dos olivais com vegetação herbácea espontânea e dos olivais mobilizados (com três espécies).

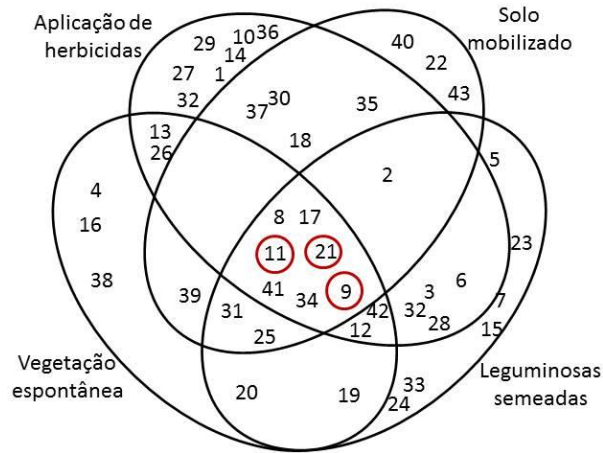


Figura 4. Diagrama de Venn para as espécies presentes nos quatro tipos de gestão do solo estudados. Cada número corresponde às espécies apresentadas no Quadro 1.

Quanto ao índice de Simpson, verificou-se que os olivais com vegetação herbácea espontânea apresentam uma média de diversidade de 3,6 espécies dominante por amostra, seguidos dos olivais mobilizados e dos olivais com aplicação de herbicidas, com 3,3 e dos olivais com leguminosas, com uma média de 2,9 espécies dominantes por amostra (Figura 5). Relativamente à média da diversidade de espécies encontradas na linha e na entrelinha, não se observou um padrão coerente nos oito olivais estudados, pois umas vezes registou-se um maior número de espécies na linha de plantação e noutras vezes ocorreu o contrário.

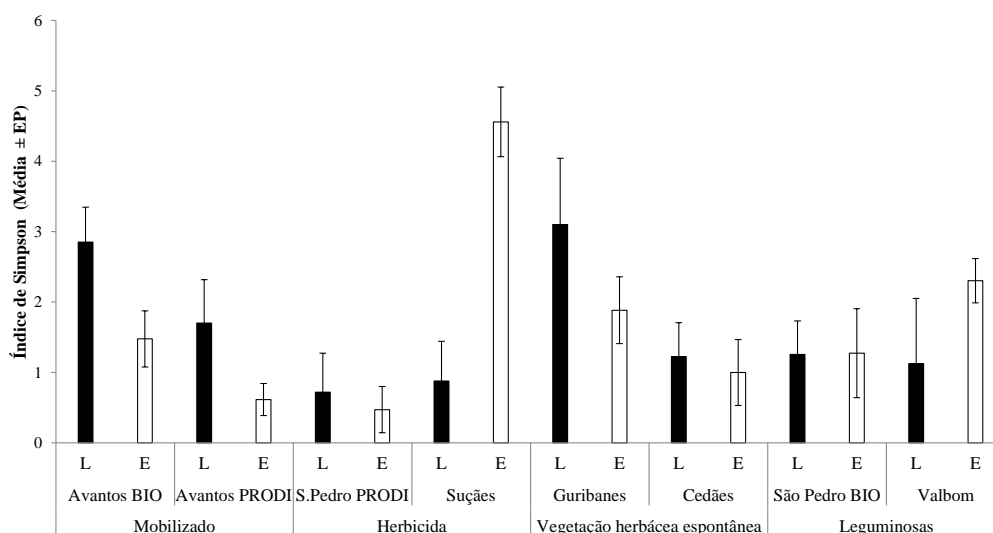


Figura 5. Índice de Simpson (média \pm erro padrão) das comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais.

O cálculo das curvas de acumulação de espécies (Figura 6) permite afirmar que, para o número de pitfalls utilizadas, o olival de Suções (Herbicida_2) é aquele onde se regista um maior número de espécies, no entanto, é para o olival de Guribanes (Veg_Esp_1) que está estimado um maior número de espécies (32,2) (Quadro 2). Quer isto dizer, que o inventário de espécies para este último ficou muito aquém do amostrado. O olival onde se registou um menor número de espécies foi o olival de Cedães (Veg_Esp_2), o que, neste caso está de acordo com o cálculo da equação de Clench que prevê 12,4 espécies para este olival. Na figura 6 observa-se também que os olivais sujeitos a mobilização e os olivais com cobertura com leguminosas apresentaram riquezas específicas muito semelhantes entre si. A estimativa do esforço de amostragem necessário para capturar 80% das espécies indica que é necessário aumentar o número de amostras em todos os olivais, sendo que esse número pode chegar às 66 amostras no olival de Guribanes (Veg_Esp_1) (Quadro 2).

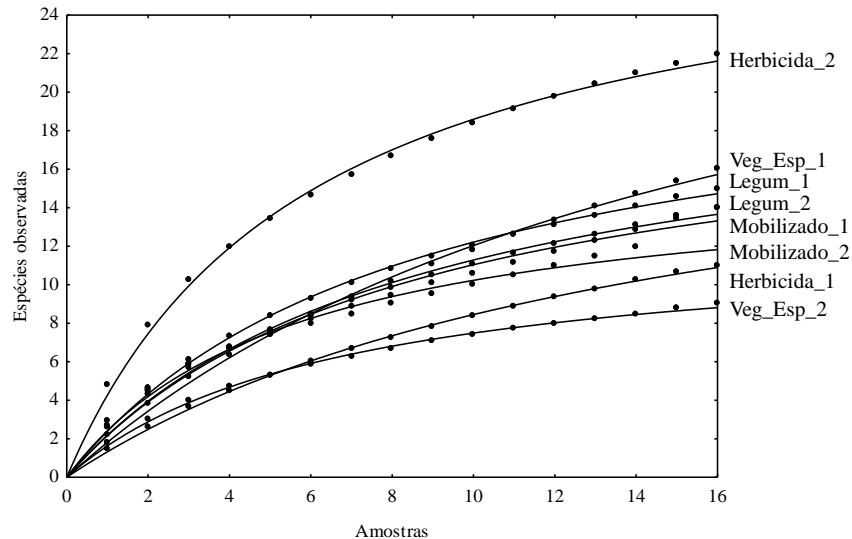


Figura 6. Curva de acumulação de espécies para as comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais, primavera 2011.

Quadro 2. Parâmetros estimados para o número de espécies em cada olival, primavera 2011. a - representa a taxa de aumento no início da colheita, b é um parâmetro relacionado com a forma da curva, R^2 é o índice de correção, a/b é a assíntota, q é a proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem e n é o esforço de amostragem necessário para inventariar 80% das espécies.

Modo de gestão	Olival	a	b	R^2	a/b	q (%)	n
Mobilizado 1	Avantos Bio	2,42	0,12	0,98	20,30	68,98	33,56
Mobilizado 2	Avantos Prodi	2,84	0,18	0,98	15,98	75,09	22,49
Herbicida 1	S.Pedro Prodi	1,41	0,07	1,00	21,04	52,28	59,62
Herbicida 2	Suçães	4,98	0,17	1,00	29,66	74,19	23,81
Vegetação esp 1	Guribanes	1,92	0,06	1,00	32,18	49,73	66,96
Vegetação esp 2	Cedães	1,87	0,15	1,00	12,48	72,14	26,64
Leguminosas 1	S.Pedro Bio	2,68	0,12	1,00	22,43	66,87	33,49
Leguminosas 2	Valbom	2,43	0,12	1,00	21,03	66,57	34,57

Quanto às espécies identificadas, as espécies mais abundantes registadas na primavera de 2011 foram *Pterotischus globosus* (Fabricius), com 118 indivíduos e 17,5% de abundância relativa, *Harpalus distinguendus* (Duftschmid), com 107 indivíduos e 15,9% de abundância relativa, *Amara aenea* (De Geer), com 83 indivíduos e 12,3% de abundância relativa, *Brachinus bodemeyeri* Apfelbeck, com 82 indivíduos e 12,1%, *Brachinus variventris* Schaufuss, com 73 indivíduos e 10,8% de abundância relativa e *Calathus granatensis* Vuillefroy, com 26 indivíduos e 3,9% de abundância relativa. Na Figura 7 observa-se a abundância (média \pm erro padrão) das cinco espécies mais capturadas nos olivais em estudo. *A. aenea* e *H. distinguendus* foram

significativamente mais abundante em olivais sujeitos a aplicação de herbicidas, enquanto *B. bodemeyeri* e *B. variventris* foram mais abundantes em olivais mobilizados (embora também sejam abundantes num dos olivais sujeitos a aplicação de herbicidas).

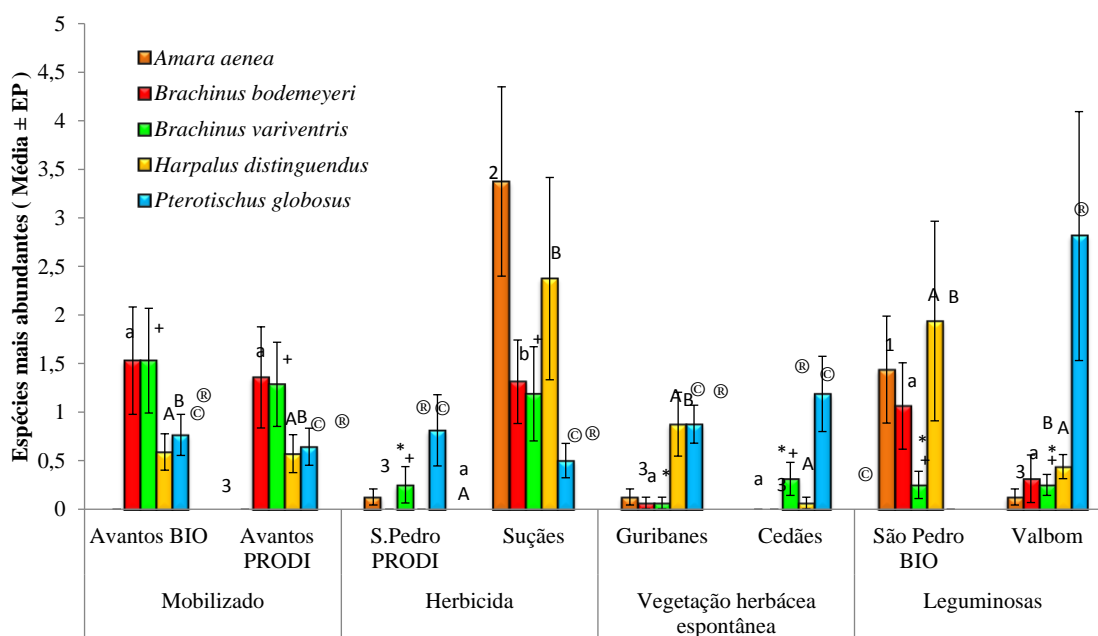


Figura 7. Abundância das cinco espécies mais abundantes (média \pm erro padrão) por tipo de gestão de solo, Primavera de 2011. Letras minúsculas, letras maiúsculas, sinais, números e símbolos diferentes para a mesma espécie representam diferenças estatisticamente significativas entre olivais. *Amara aenea* representado por número, *Brachinus bodemeyeri* representada por letra minúscula; *Brachinus variventris* representada por sinais, *Harpalus distinguendus* representado por letras maiúsculas e *Pterotischus globosus* representada por símbolos.

A análise de similaridade (ANOSIM) de duas vias revelou a existência de diferenças estatisticamente significativas entre a composição das comunidades de carabídeos encontradas nos diferentes olivais ($R = 0,18$, $P < 0,0001$) e também entre as comunidades encontradas na linha de plantação e na entrelinha ($R = 0,060$, $P < 0,033$). A análise SIMPER revelou que as espécies que mais contribuíram para estas diferenças foram *P. globosus* (com um contributo de 18,3%), *H. distinguendus* (com um contributo de 11,8%) e *B. variventris* (com um contributo de 11,5%) (total da dissimilaridade média = 84,5%).

A Figura 8 mostra a variação dos parâmetros do solo, na linha de plantação e na entrelinha, nos oito olivais estudados. Há a salientar, com algumas exceções, que a

percentagem de matéria orgânica e concentração de nutrientes minerais (cálcio, magnésio, sódio e fósforo) é superior na linha de plantação do que na entrelinha.

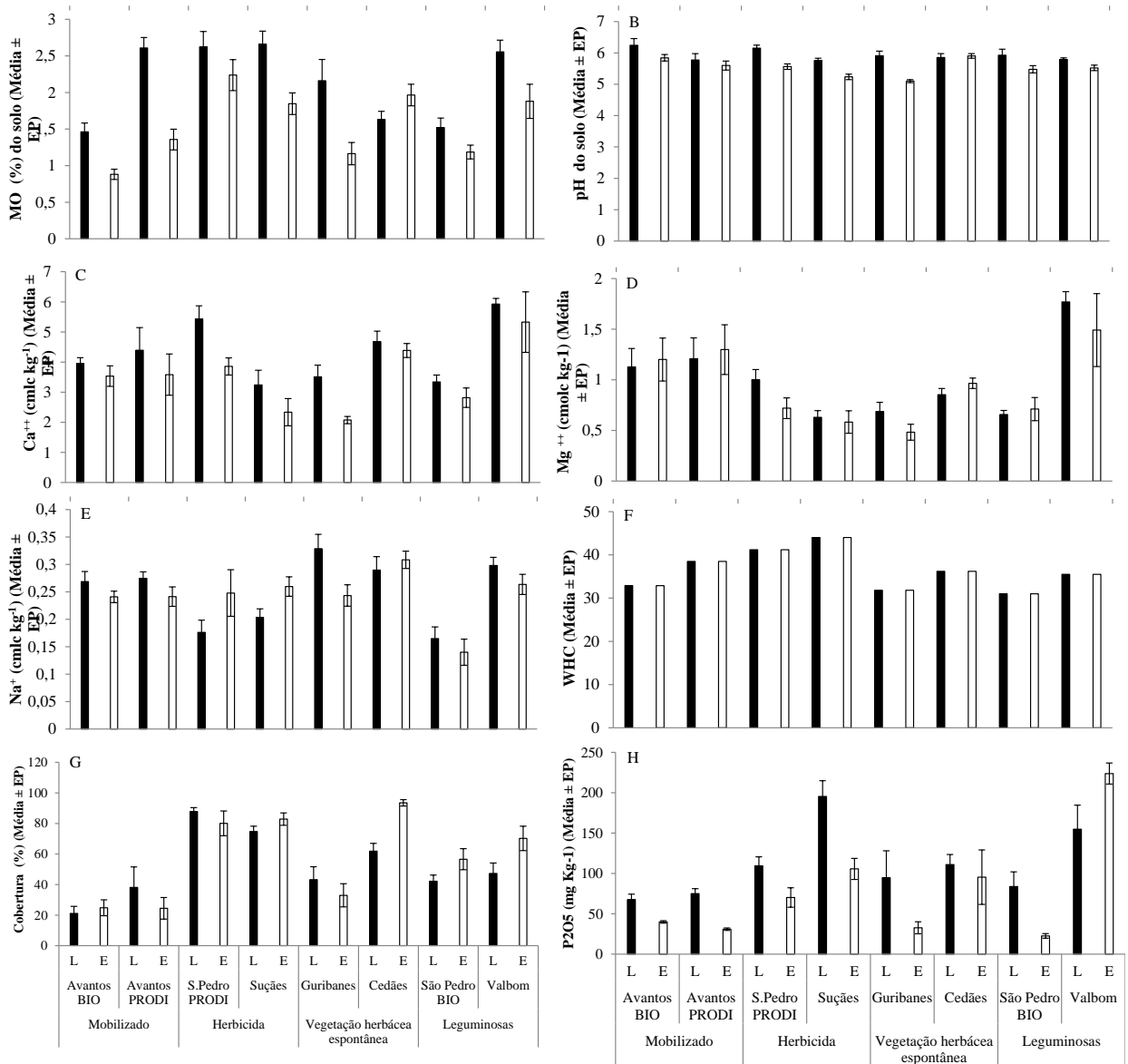


Figura 8. Variação dos parâmetros do solo na linha de plantação e na entrelinha, nos oito olivais estudados. A - Matéria orgânica, B - pH do solo, C - Concentração de cálcio, D - Concentração de magnésio, E - Concentração de sódio, F - capacidade de campo, G - cobertura do solo por vegetação. H - Concentração de fósforo.

A correlação entre os parâmetros do solo apresentados na Figura 8 e a abundância das espécies de carabídeos (com abundância superior a 20 indivíduos) foi analisada através da RDA (Figura 9). As variáveis do solo estudadas explicam 19% da variância dos dados. Verifica-se que as espécies *C. granatensis* e *Trechus obtusus* Erichson estão mais associadas a concentrações superiores de Na⁺⁺. Por outro lado, as espécies *Nebria*

salina Fairmaire et Laboulbene, *A. aenea*, *Olisthopus* sp. e *Aculpalpus ibericus* Jaeger estão mais associadas a concentrações superiores de K_2O , WHC e percentagem de cobertura. As espécies *P. globosus* e *Poecilus crenulatus* Dejean estão associadas a concentrações superiores de Ca^{++} enquanto as espécies *B. variventris*, *B. bodemeyeri*, *Harpalus neglectus* Audinet-Serville e *H. distinguendus* que se encontram associadas a teores mais elevados de pH e M.O. do solo.

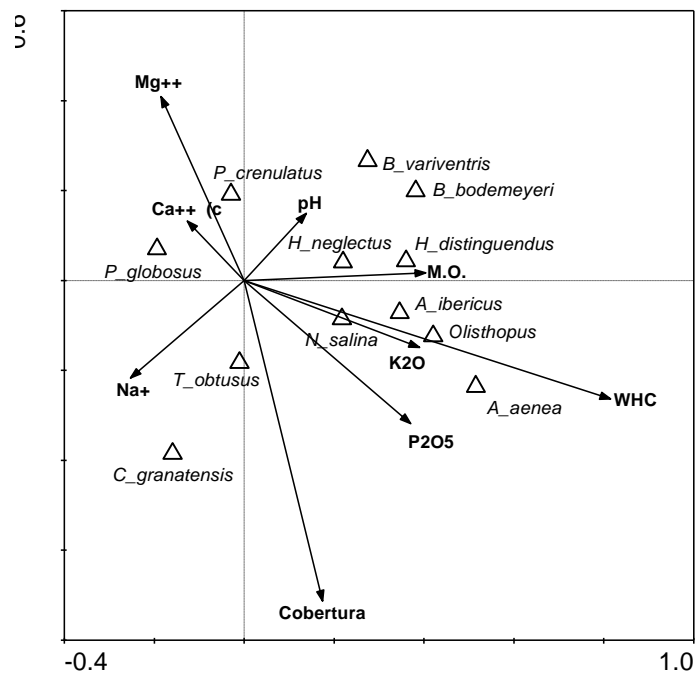


Figura 9. Diagrama da análise de redundância (RDA) que relaciona a abundância das espécies de carabídeos ($N > 20$) com as variáveis de solo em cada olival, primavera de 2011.

Quanto à distribuição dos tamanhos dos 685 indivíduos capturados na primavera de 2011, pelos diferentes olivais verifica-se que os olivais mobilizados apresentaram um menor número de indivíduos de pequena dimensão e de grande dimensão (Figura 10). Os olivais sujeitos a aplicação de herbicidas apresentaram um maior número de espécies pequenas e médias. Os olivais com vegetação herbácea espontânea e leguminosas foram os que apresentaram um maior número de espécies de grande dimensão e também um menor número de espécies pequenas quando comparado com os olivais tratados com herbicida.

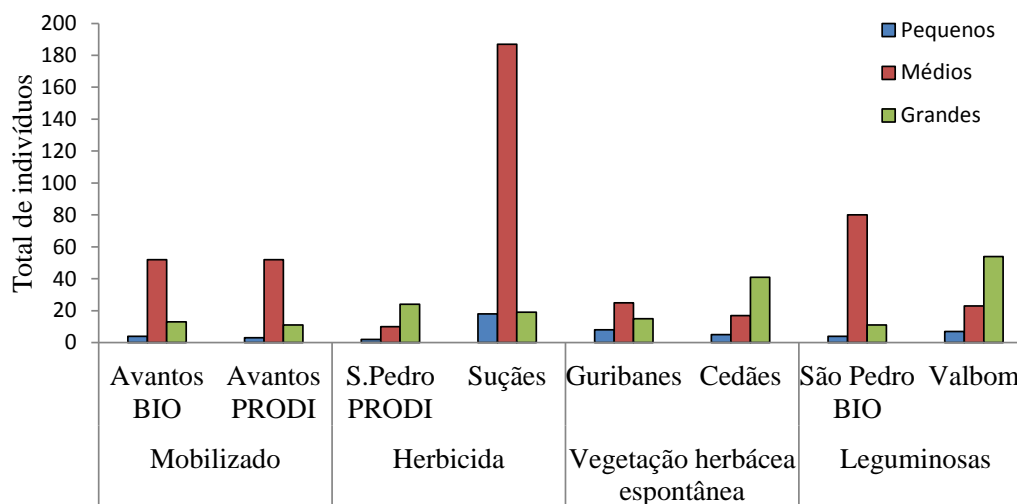


Figura.10. Distribuição dos tamanhos corporais das espécies de carabídeos nos oito olivais estudados e modos de gestão, primavera 2011. Nota: Tamanhos pequenos < 5 mm; médios 5-10 mm; grandes > 10 mm.

Relativamente à distribuição dos hábitos alimentares dos 685 indivíduos capturados na primavera de 2011 (Figura 11), verifica-se que 41% dos indivíduos capturados são maioritariamente predadores generalistas, seguidos dos indivíduos que se alimentam à base de plantas (onde se incluem os granívoros, fitófagos e polinívoros) com um total de 36,5%, dos omnívoros com 19,1% e por último os indivíduos que se alimentam à base de colêmbolos, que representam 3,1% do total. Quanto à distribuição dos carabídeos segundo aos seus hábitos alimentares pelos modos de gestão verificou-se que os olivais mobilizados apresentaram um maior número de predadores generalistas e menor número indivíduos que se alimentam à base de colêmbolos. Os olivais tratados com herbicida apresentaram um maior número de predadores generalistas e que se alimentam principalmente de plantas. Os olivais com vegetação herbácea espontânea registaram mais predadores generalistas e um menor número de indivíduos que se alimentam à base de colêmbolos, enquanto os olivais com leguminosas apresentaram um maior número de indivíduos que de alimentam principalmente de plantas.

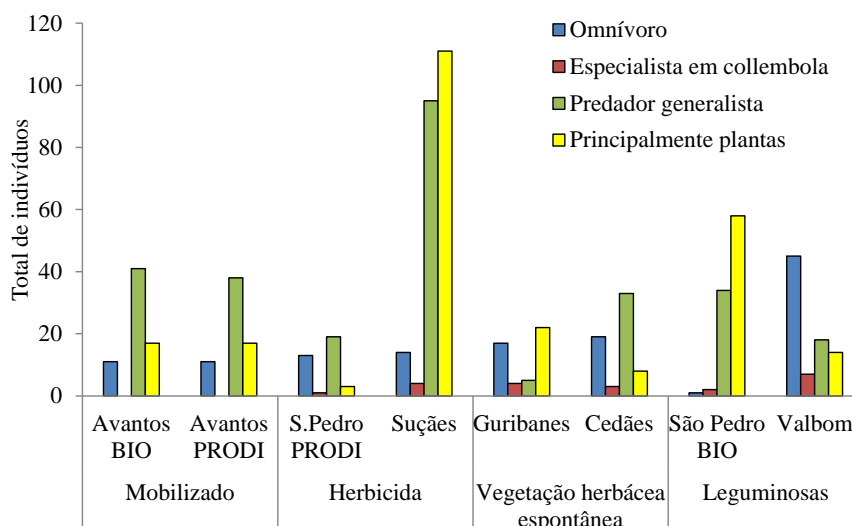


Figura 11. Hábitos alimentares das espécies de carabídeos (omnívoro, especialista em collembola, predadores generalistas e principalmente plantas onde se incluem os granívoros, fitófagos e polinívoros) distribuídos ao longo dos olivais, primavera 2011.

3.2. Comunidade de carabídeos que ocorreram no outono de 2011 e outono de 2012

No outono de 2011, foram capturados 883 indivíduos pertencentes a 33 espécies. A Figura 12 apresenta a distribuição dos indivíduos recolhidos ao longo dos oito olivais estudados. Relativamente à abundância total observada nos diferentes tipos de gestão do solo, verificou-se que os olivais com vegetação herbácea espontânea registaram uma abundância total de 315 indivíduos, representando 35,7% do total, seguindo-se os olivais com solo coberto por leguminosas (com 235 indivíduos, correspondendo a 26,6% do total), olivais sujeitos a aplicação de herbicidas com 190 indivíduos e representando 21,5% do total e por último, os olivais mobilizados com 143 indivíduos capturados e 16,2% do total.

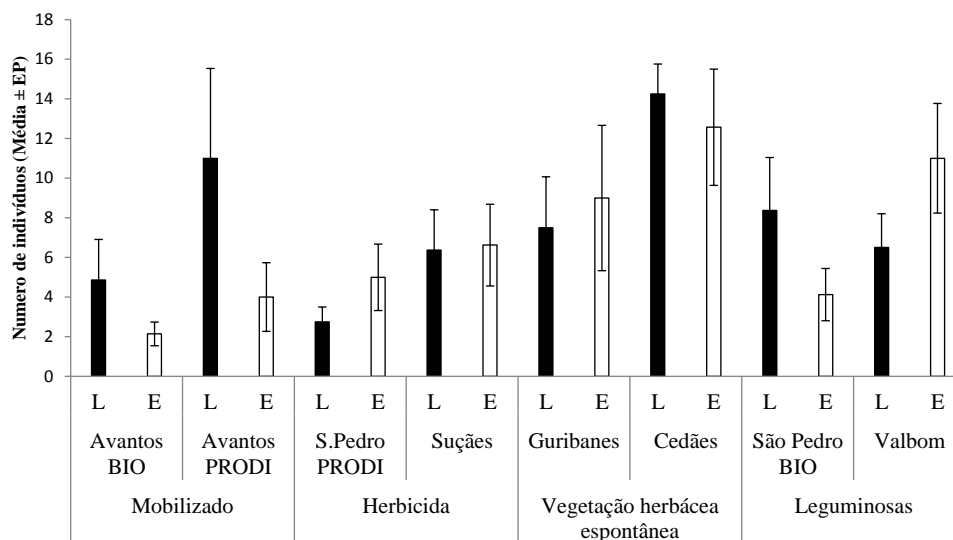


Figura 12. Abundância (média \pm erro padrão) encontrada na linha de plantação e na entrelinha nos oito olivais em estudo, outono de 2011.

No outono de 2012, foram capturados 596 indivíduos, pertencentes a 28 espécies. A Figura 13 representa a abundância dos indivíduos da família carabidae ao longo dos oito olivais estudados. De acordo com o tipo de gestão de solo verificou-se que os olivais sujeitos a aplicação de herbicidas foram os que registaram maior abundância de carabídeos, com 228 indivíduos seguidos dos olivais com leguminosas, com 184 indivíduos, olivais com vegetação herbácea espontânea, com 94 indivíduos e olivais mobilizados com 90 indivíduos.

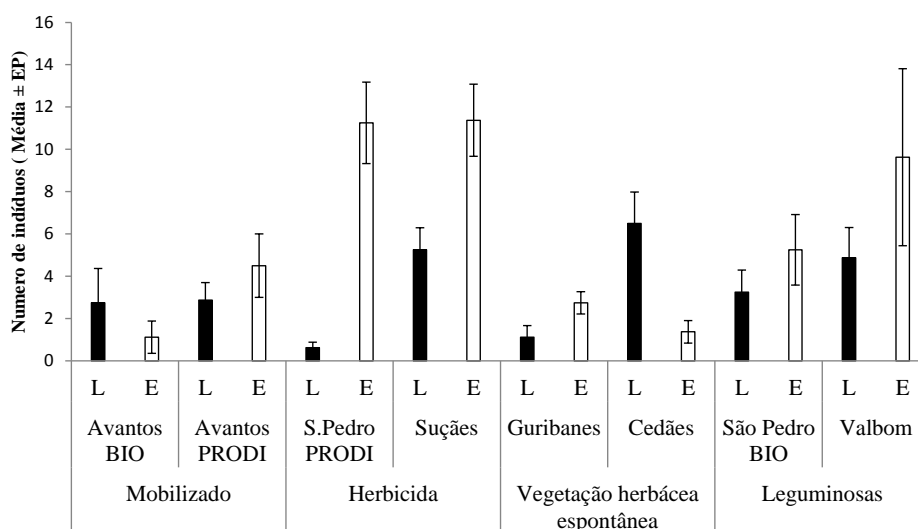


Figura 13. Abundância (média \pm erro padrão) encontrada na linha de plantação e na entrelinha nos oito olivais em estudo, outono de 2012.

As espécies identificadas no outono de 2011 e respectiva abundância nos diferentes modos de gestão encontram-se representadas no Quadro 3. Verifica-se que os olivais com leguminosas e com vegetação herbácea apresentam ambos 17 espécies do total das 33 capturadas, enquanto os olivais sujeitos a aplicação de herbicida apresentam 15 espécies e os olivais mobilizados, 11 espécies.

Quadro 3. Abundância das espécies de carabídeos identificadas em cada modo de gestão do olival, outono 2011.

Nº	Espécies	Mobilizado	Herbicida	Vegetação esp.	Leguminosas
1	<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	-	3	-	1
2	<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	1	2	-	2
3	<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1794)	-	-	-	1
4	<i>Bembidion ambiguum</i> (Dejean, 1831)	-	1	-	-
5	<i>Brachinus explodens</i> Duftschmid, 1812	-	8	-	-
6	<i>Brachinus variventris</i> Schauffuss, 1862	4	-	3	-
7	<i>Brachinus sclopeta</i> (Fabricius, 1792)	-	-	2	-
8	<i>Calathus hispanicus</i> Ganglbauer, 1891	-	-	2	-
9	<i>Calathus rotundatus</i> Duval, 1857	-	-	1	-
10	<i>Calathus granatensis</i> Vuillefroy, 1866	2	8	24	27
11	<i>Calathus mollis</i> (Marsham, 1802)	8	1	96	9
12	<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	-	5	7	1
13	<i>Cicindela campestris campestris</i> Linnaeus, 1758	-	-	3	-
14	<i>Harpalus sp.</i>	1	-	-	4
15	<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	-	2	-	-
16	<i>Harpalus neglectus</i> Audinet-Serville, 1821	-	-	-	1
17	<i>Harpalus anxius</i> Duftschmid, 1912	-	-	-	2
18	<i>Harpalus atternuatus</i> Stephens, 1829	-	-	-	1
19	<i>Laemostenus terricola</i> (Herbst, 1783)	-	-	3	-
20	<i>Laemostenus complanatus</i> Dejean, 1828	1	-	-	-
21	<i>Licinus punctatulus</i> (Fabricius, 1792)	-	-	1	-
22	<i>Nebria sp.</i>	-	-	1	-
23	<i>Nebria salina</i> Fairmaire & Laboulbène, 1854	91	126	120	125
24	<i>Notiophilus biguthatus</i> (Fabricius 1779)	1	2	-	-
25	<i>Ocys harpaloides</i> (Serville, 1821)	-	1	-	-
26	<i>Olisthopus fuscatus</i> Dejean, 1828	1	2	19	16
27	<i>Poecilus kugelanni</i> (Panzer, 1797)	-	-	-	1
28	<i>Pterostichus globosus</i> (Quensel, 1806)	32	24	16	27
29	<i>Syntomus foveatus</i> (Fourcroy, 1785)	-	1	8	3
30	<i>Syntomus foveolatus</i> (Dejean, 1831)	-	-	1	1
31	<i>Trechus obtusus</i> Erichson, 1837	1	-	8	11
32	<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	-	4	-	-
33	<i>Zabrus ignavus</i> Csiki, 1907	-	-	-	2
	Total	143	190	315	235

Neste período de amostragem verificou-se que cinco espécies das 33 capturadas, ocorreram em todos os tipos de gestão de solo, como é o caso das espécies *N. salina*, *P. globosus*, *Calathus mollis* (Marsham), *C. granatensis* e *Olisthopus fuscatus* Dejean. Por outro lado, 20 das 33 espécies capturadas eram espécies exclusivas identificadas num dos diferentes modos de gestão de solo. Nomeadamente, os olivais com vegetação herbácea espontânea registam sete espécies exclusivas, seguindo-se os olivais com solo coberto por leguminosas, com seis espécies exclusivas, os olivais sujeitos a aplicação de herbicidas com cinco e os olivais mobilizados com uma espécie exclusiva (Figura 14).

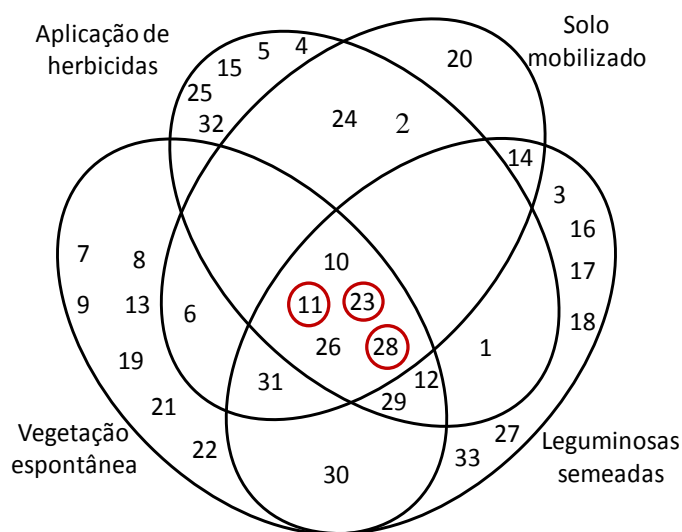


Figura 14. Diagrama de Venn para as espécies presentes nos quatro modos de gestão estudados, outono 2011. Cada número corresponde às espécies apresentadas no Quadro 3.

A variação do Índice de Simpson calculado para o período de amostragem do outono de 2011 está representado na Figura 15. Os olivais com vegetação herbácea espontânea apresentam um Índice de Simpson superior, com uma média de 3,67 espécies dominantes, seguindo-se os olivais com leguminosas, com 3,60, olivais tratados com herbicida, com 3,36 e, por fim, os olivais mobilizados que registaram um menor Índice de Simpson com uma média de 2,9 espécies dominantes por amostra.

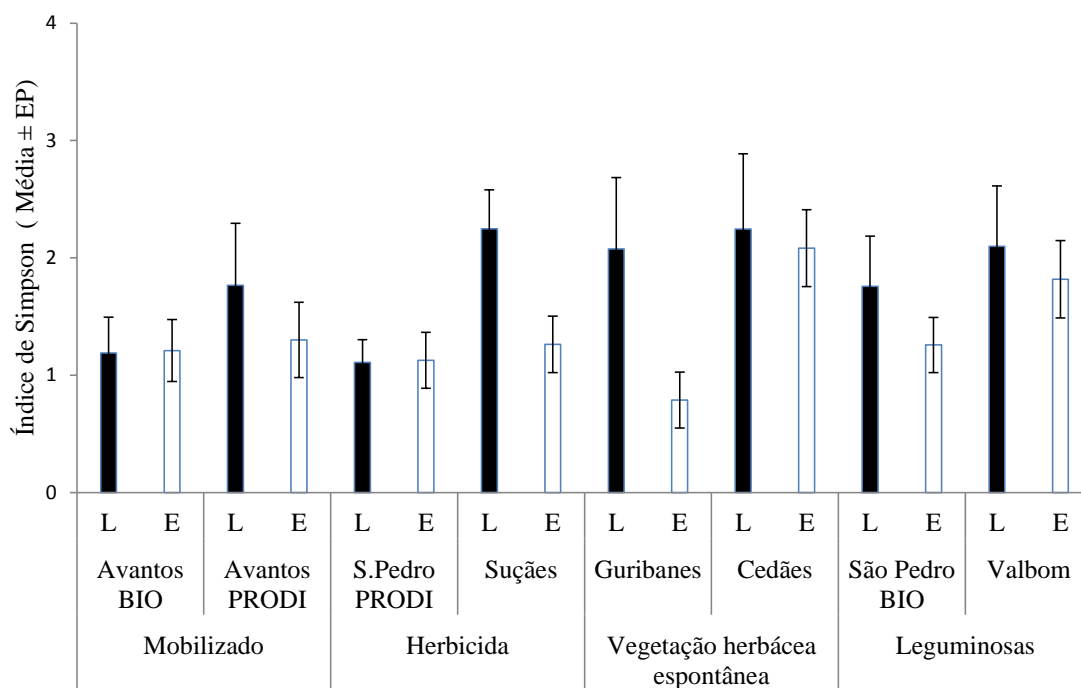


Figura 15. Índice de Simpson calculado por amostra para os olivais em estudo, outono 2011.

As espécies identificadas no outono de 2012 e respectiva abundância nos diferentes modos de gestão encontram-se representadas no Quadro 4. Verificou-se que os olivais com leguminosas apresentaram 16 das 28 espécies capturadas, os olivais com vegetação herbácea espontânea apresentaram 15 espécies, os olivais sujeitos a aplicação de herbicidas registaram 15 espécies e os olivais mobilizados, 14 espécies.

Quadro 4. Abundância de cada espécie de carabídeos identificadas em cada modo de gestão, outono 2012.

Espécies	Mobilizado	Herbicida	Leguminosas	Vegetação esp.
1 <i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	-	-	1	-
2 <i>Amara arcuata castiliana</i> Hieke, 1983	-	-	-	1
3 <i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1794)	1	4	2	1
4 <i>Calathus hispanicus dejeani</i> Ganglbauer, 1891	1	2	22	-
5 <i>Calathus granatensis</i> Vuillefroy, 1866	5	9	11	11
6 <i>Calathus mollis</i> (Marsham, 1802)	13	1	15	35
7 <i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	-	1	-	1
8 <i>Cicindela campestris campestris</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	2
9 <i>Harpalus wagneri</i> Schauburger, 1926	1	-	1	-
10 <i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	1	5	1	-
11 <i>Harpalus rubripes</i> Duftschmid, 1812	-	-	4	2
12 <i>Harpalus pygmaeus</i> Dejean, 1829	-	-	1	-
13 <i>Laemostenus terricola</i> (Herbst, 1783)	1	1	-	-
14 <i>Lebiinae Sp</i>	-	1	-	-
15 <i>Licinus punctatulus</i> (Fabricius, 1792)	-	1	-	5
16 <i>Microlestes abellei</i> Brisout, 1885	1	-	-	-
17 <i>Nebria salina</i> Fairmaire & Laboulbène, 1854	39	163	99	10
18 <i>Notiophilus biguthatus</i> (Fabricius 1779)	1	-	-	-
19 <i>Ophonus incisus</i> Dejean, 1829	-	-	-	2
20 <i>Olisthopus fuscatus</i> Dejean, 1828	6	3	7	9
21 <i>Paradromius linearis</i> (Olivier, 1795)	-	-	1	-
22 <i>Poecilus kugelanni</i> (Panzer, 1797)	-	-	2	-
23 <i>Penetretus rufipennis</i> (Dejean, 1828)	1	-	-	-
24 <i>Pterostichus globosus</i> (Quensel, 1806)	18	29	13	1-
25 <i>Syntomus foveatus</i> (Fourcroy, 1785)	-	1	-	-
26 <i>Syntomus obscuroguttatus</i> (Duftschmid, 1812)	-	-	-	1
27 <i>Syntomus foveolatus</i> (Dejean, 1831)	-	4	1	2
28 <i>Trechus obtusus</i> Erichson, 1837	1	3	3	2
Total	90	228	184	84

Das 28 espécies capturadas, sete espécies ocorrem em todos os modos de gestão de solo, entre as quais *N. salina*, *P. globosus*, *C. mollis*, *C. granatensis*, *O. fuscatus* e *Bembidion lampros* (Herbst). Por outro lado, 12 espécies são exclusivas de um dos diferentes modos de gestão de solo, sendo que olivais com vegetação espontânea e com leguminosas apresentaram ambos quatro espécies exclusivas, olivais mobilizados com três espécies e aplicação de herbicidas com duas espécies (Figura 16).

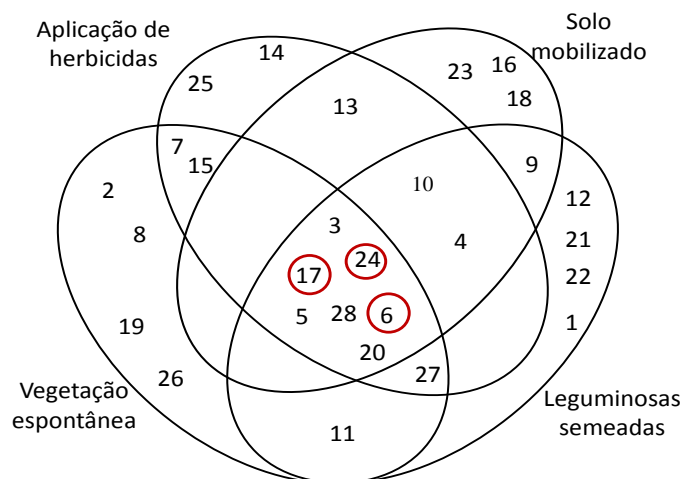


Figura 16. Diagrama de Venn para as espécies identificadas nos quatro modos de gestão estudados, outono 2012. Cada número corresponde a espécies apresentadas no Quadro 4.

A variação do Índice de Simpson calculado para o período de amostragem do outono de 2012 está representado na Figura 17. Neste caso, os olivais com cobertura por leguminosas foi o que apresentou maior diversidade com uma média de 2,9 espécies dominantes por amostra, seguidos dos olivais tratados com herbicida, com 2,81, os olivais com vegetação herbácea espontânea, com 2,01 e, por fim, os olivais mobilizados com uma média de 1,86 espécies dominantes por amostra.

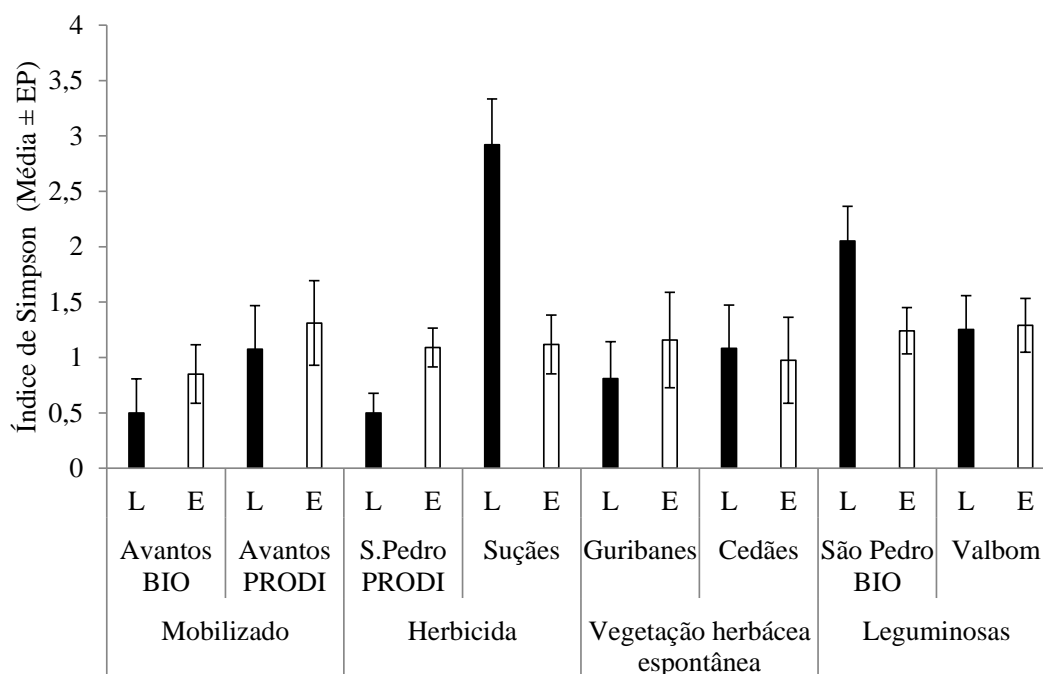


Figura 17. Índice de Simpson calculado por amostra para os olivais em estudo, outono 2012.

No período de amostragem do outono de 2011, os olivais que obtiveram maior riqueza específica foram os olivais de Suções (herbicida_2) e de Cedães (veg_herb_2), ambos com 13 (Figura 18). Pelo contrário, os olivais Avantos BIO (mobilizado_1) e São Pedro PRODI (herbicida_1), com cinco e quatro espécies, respectivamente, foram os que registam menor riqueza de espécies. As curvas de acumulação de espécie prevêm um número superior de espécies para o conjunto de olivais com vegetação herbácea e com leguminosas (Quadro 5). Embora de forma individual, o olival de Suções é onde se prevê encontrar um maior número de espécies, cerca de 18,5 espécies estimadas. Quanto ao esforço de amostragem necessário para inventariar 80% das espécies ao longo dos olivais, os olivais para os quais seria necessário aumentar significativamente o número de amostras foram os olivais Avantos PRODI, de 16 amostras para cerca de 29 e Suções para cerca de 25. No lado oposto, estão os olivais Avantos Bio e S. Pedro PRODI, onde o esforço de amostragem para obter 80% das espécies poderia ser diminuído para 13 e 10 armadilhas, respectivamente.

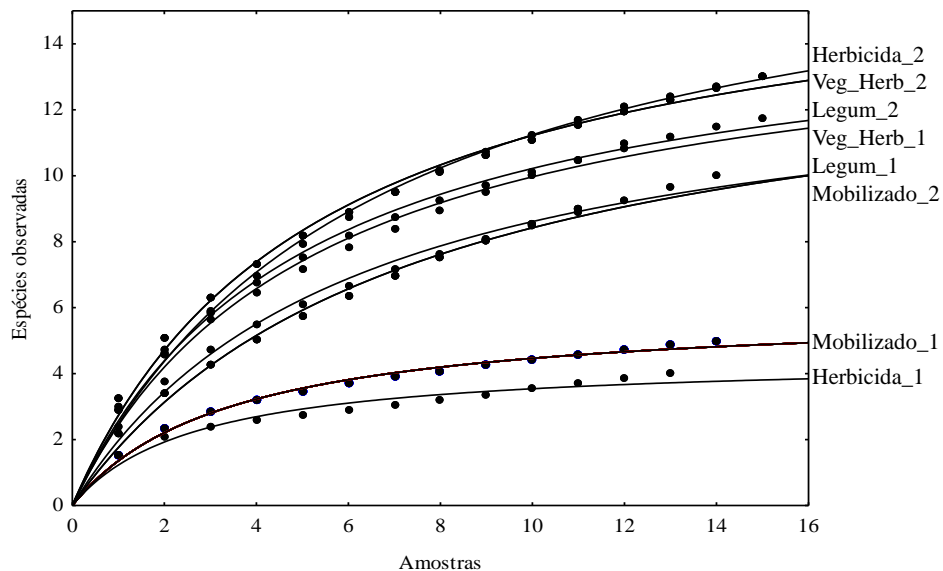


Figura 18. Curva de acumulação de espécies para as comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais, outono 2011.

Quadro 5. Parâmetros estimados para o número de espécies em cada olival, outono 2011. *a* - representa a taxa de aumento no início da colheita, *b* é um parâmetro relacionado com a forma da curva, R^2 é o índice de correcção, *a/b* é a assíntota, *q* é a proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem e *n* é o esforço de amostragem necessário para inventariar 80% das espécies.

Modo de gestão	Olival	a	b	R^2	a/b	q (%)	n
Mobilizado 1	Avantos Bio	1,75	0,29	0,99	5,99	83,41	13,72
Mobilizado 2	Avantos Prodi	1,99	0,14	0,99	14,58	61,71	29,26
Herbicida 1	S.Pedro Prodi	1,69	0,38	0,94	4,48	89,25	10,62
Herbicida 2	Suçães	2,86	0,15	1,00	18,51	70,22	25,87
Vegetação esp 1	Guribanes	2,90	0,19	0,99	15,19	72,41	20,96
Vegetação esp 2	Cedães	3,25	0,19	0,99	17,15	75,80	21,14
Leguminosas 1	S.Pedro Bio	2,29	0,17	0,99	13,80	72,47	24,10
Leguminosas 2	Valbom	3,08	0,20	0,99	15,31	78,37	19,92

No período de amostragem do outono de 2012, o olival de Suçães (herbicida_2) foi novamente o olival com maior número de espécies, seguido do olival Avanto PRODI (mobilizado_2), que neste ano registou um maior número de espécies quando comparado com o mesmo período de amostragem de 2011 (Figura 19). Mais uma vez, os olivais Avantos_BIO (mobilizado_1) e S. Pedro_PRODI (herbicida_1) foram os que registaram menor número de espécies. As curvas de acumulação de espécie estimam uma maior riqueza específica para o grupo olivais com vegetação herbácea embora, neste período de amostragem, é no olival Avantos PRODI que se estima encontrar o maior número de amostras (cerca de 21,9). Quanto ao esforço de amostragem necessário para registar 80% das espécies estimadas, verifica-se que o olival de Guribanes (veg. herbácea_1) é o olival onde seria necessário colocar o maior número de pitfalls (Quadro 6). Já no caso do olival de Valbom (leguminosas_2), o esforço de amostragem poderia ser mantido ou diminuído para 15 amostras.

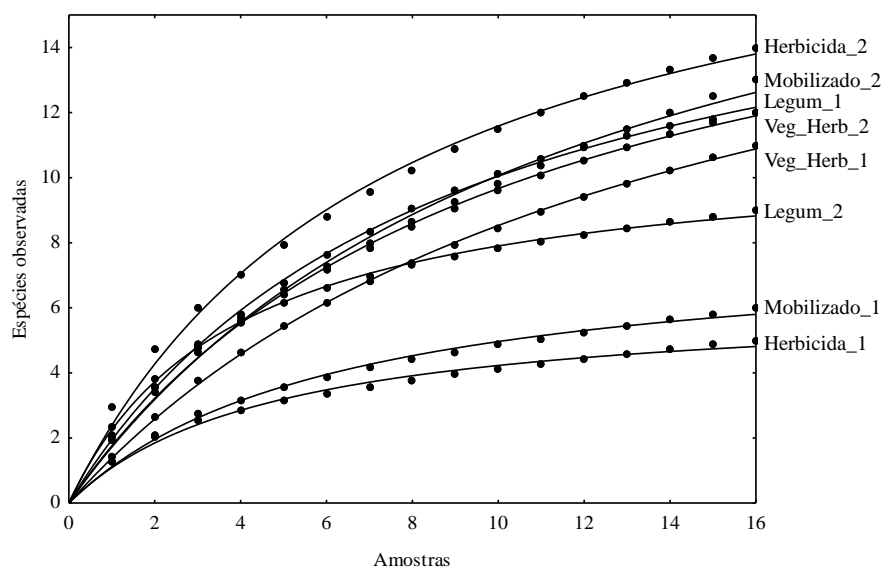


Figura 19. Curva de acumulação de espécies para as comunidades de carabídeos recolhidas nos diferentes tipos de gestão de solo dos olivais, outono 2012.

Quadro 6. Parâmetros estimados para o número de espécies em cada olival, outono 2012. *a* - representa a taxa de aumento no início da colheita, *b* é um parâmetro relacionado com a forma da curva, R^2 é o índice de correção, *a/b* é a assíntota, *q* é a proporção de espécies de carabídeos representadas na amostragem e *n* é o esforço de amostragem necessário para inventariar 80% das espécies.

Modo de gestão	Olival	a	b	R^2	a/b	q (%)	n
Mobilizado 1	Avantos Bio	1,29	0,16	0,99	8,07	74,36	25,03
Mobilizado 2	Avantos Prodi	1,86	0,09	0,99	21,90	59,37	47,03
Herbicida 1	S.PedroProdi	1,31	0,21	0,99	6,25	80,06	19,08
Herbicida 2	Suçães	2,70	0,13	0,99	20,27	69,08	29,97
Vegetação esp 1	Guribanes	1,48	0,07	1,00	20,16	54,56	54,54
Vegetação esp 2	Cedães	1,93	0,10	1,00	19,36	61,98	40,12
Leguminosas 1	S.Pedro Bio	2,16	0,12	1,00	18,76	63,98	34,67
Leguminosas 2	Valbom	2,83	0,26	1,00	10,96	82,09	15,50

A variação das quatro espécies mais abundantes nos olivais estudados no outono de 2011 está representada na Figura 20. Neste período de amostragem as espécies mais abundantes foram *N. salina* com um total de 462 indivíduos capturados, seguindo-se as espécies, *C. mollis* com 114 indivíduos, *P. globosus* com 99 indivíduos e *C. granatensis* com 61 indivíduos capturados. A espécie *N. salina* surge como a espécie mais abundante em todos os olivais à exceção do olival de Cedães (vegetação herbácea 2) onde a espécie *C. mollis* foi a mais abundante. No entanto, não se verificaram diferenças significativas entre a abundância de *N. salina* registada nos olivais estudados ($P > 0.05$). Pelo contrário, verificou-se a existencia de diferenças estatisticamente significativas

entre as médias de abundância das restantes três espécies nos olivais em estudo. Por outro lado, o teste ANOVA revelou que não existem diferenças significativas entre as médias de abundância total das quatro espécies de carabídeos recolhidos na linha e na entrelinha.

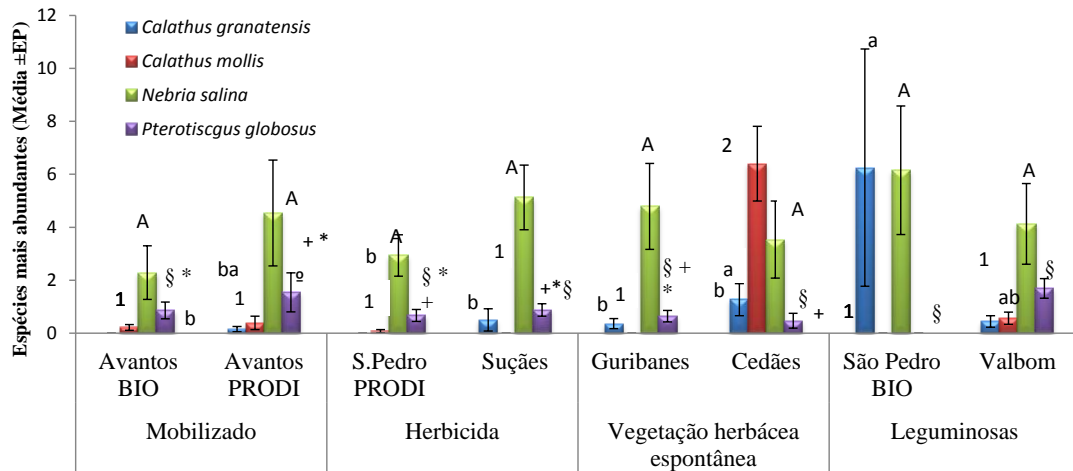


Figura 20. Abundância das quatro espécies mais abundantes (média \pm erro padrão) por tipo de gestão de solo, outono de 2011. Letras minúsculas, números, letras maiúsculas e sinais diferentes para a mesma espécie representam diferenças estatisticamente significativas entre olivais. *C. granatensis* representada por letra minúscula, *C. mollis* representado por número, *N. salina* representada por letras maiúsculas e *P. globosus* representada por sinais.

A variação das quatro espécies mais abundantes nos olivais estudados no outono de 2012 está representada na Figura 21. No total dos olivais, as quatro espécies mais abundantes foram *N. salina* com um total de 311 indivíduos capturados seguindo-se as espécies *C. mollis* com 64 indivíduos, *P. globosus* com 70 indivíduos e *C. granatensis* com 36 indivíduos. À semelhança do que ocorreu no outono de 2011, novamente *N. salina* foi a espécie mais abundante em todos os olivais à exceção do olival de Cedães. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as abundâncias destas quatro espécies registadas nos olivais.

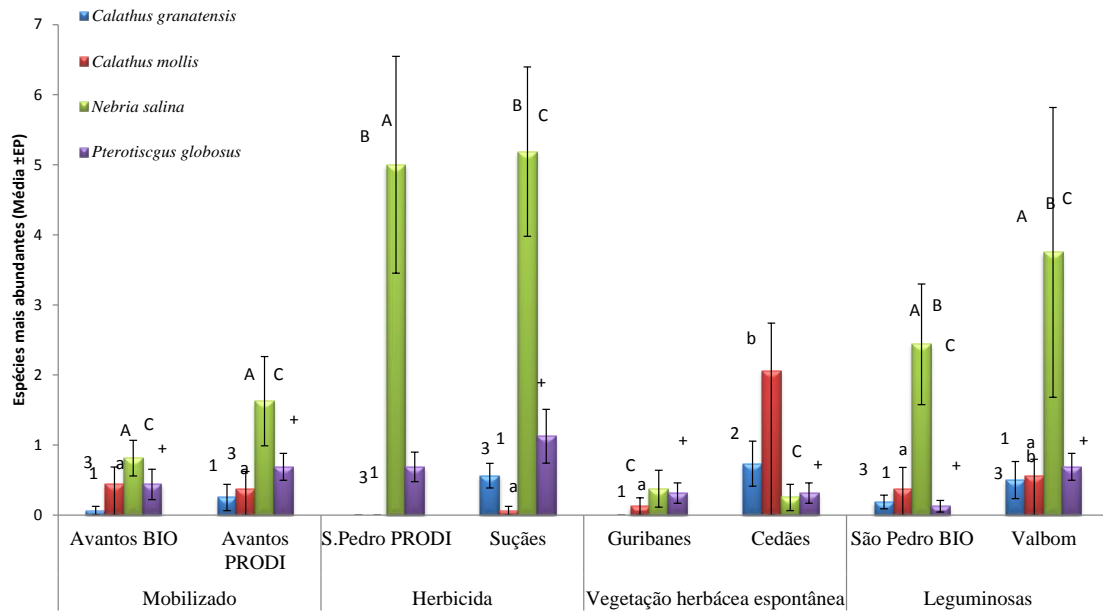


Figura 21. Abundância das quatro espécies mais abundantes (média \pm erro padrão) por tipo de gestão de solo, outono de 2012. Números, letras minúsculas, letras maiúsculas e sinais diferentes para a mesma espécie representam diferenças estatisticamente significativas entre olivais. *C. granatensis* representada por números, *C. mollis* representado por letra minúscula, *N. salina* representada por letras maiúsculas e *P. globosus* representada por sinais.

A análise de similaridade (ANOSIM) de duas vias revelou a existência de diferenças estatisticamente significativas entre a composição das comunidades de carabídeos encontradas nos diferentes olivais nos dois períodos de amostragem do outono ($R = 0,17$, $P < 0,001$ em 2011 e $R = 0,20$, $P < 0,0001$ em 2012) e também entre as comunidades encontradas na linha de plantação e na entrelinha ($R = 0,060$, $P < 0,033$ em 2011 e $R = 0,27$, $P < 0,0001$ em 2012). A análise SIMPER revelou que as espécies que mais contribuíram para estas diferenças foram as mesmas nos dois períodos de amostragem (total da dissimilaridade média = 73,8% em 2011 e 82,6% em 2012), ou seja *N. salina* (com um contributo de 33,1% em 2011 e 30,3% em 2012), *P. globosus* (com um contributo de 17,2% em 2011 e 15,6% em 2012), *C. mollis* (com um contributo de 13,3 % em 2011 e 10,9% em 2012) e *C. granatensis* (com um contributo de 8,3% em 2011 e 9,4% em 2012).

A distribuição dos tamanhos dos indivíduos capturados nos dois períodos de amostragem do outono de 2011 e de 2012 pelos diferentes olivais está esquematizada na Figura 22. Os indivíduos de maior dimensão predominam em todos os olivais, com exceção do olival de Cedães (veg herb_2). O conjunto de olivais com herbicida e

leguminosas são os que apresentam maior número de espécies grandes. Enquanto olivais com vegetação herbácea espontânea apresentam maior número de indivíduos de médio porte.

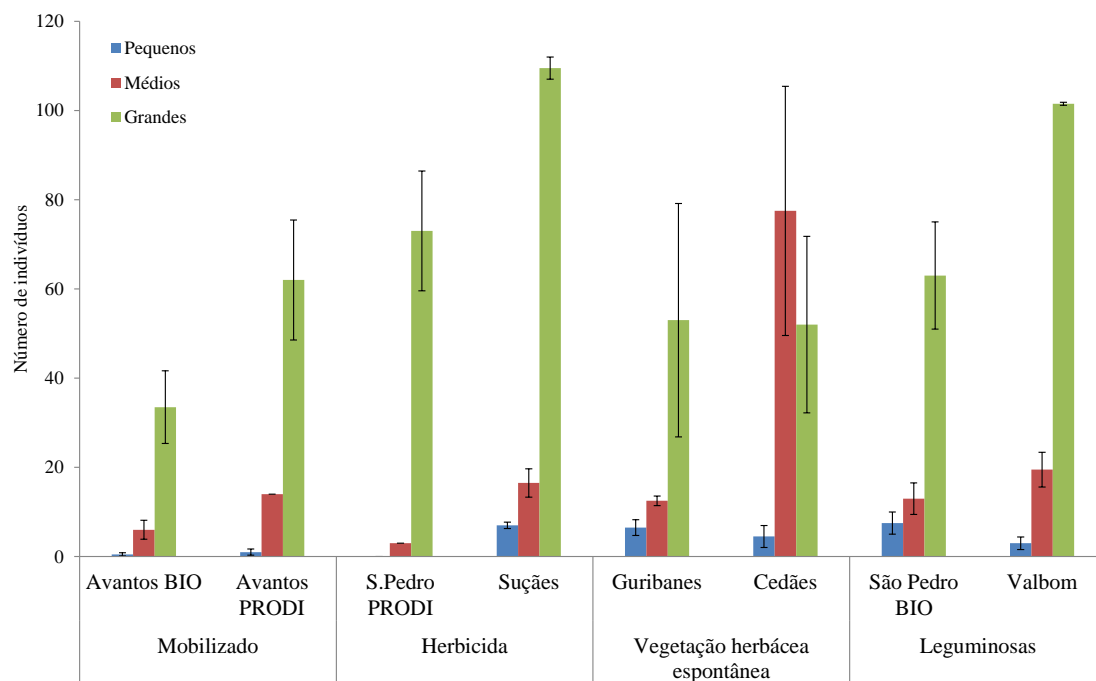


Figura 22. Distribuição dos tamanhos corporais das espécies de carabídeos nos oito olivais estudados e modos de gestão, outono 2011 e 2012. Nota: Tamanhos pequenos < 5 mm; médios 5-10 mm; grandes > 10 mm.

Quanto aos hábitos alimentares das espécies de carabídeos verifica-se que, para os dois períodos de amostragem do outono, a grande maioria dos indivíduos são predominantemente predadores, seguindo-se espécies omnívoras (Figura 23).

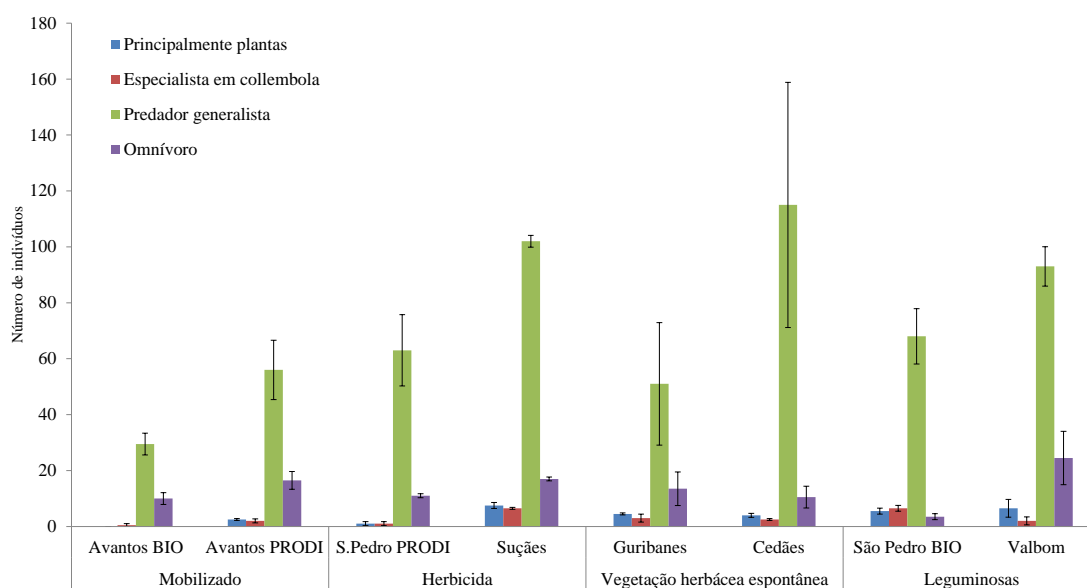


Figura 23. Hábitos alimentares das espécies de carábidos (omnívoro, especialista em collembola, predadores generalistas e principalmente plantas onde se incluem os granívoros, fitófagos e polinívoros) distribuídos ao longo dos olivais, outono 2011 e 2012.

Relativamente ao cálculo do índice do valor indicador verifica-se que a espécie *C. mollis* foi a que obteve o valor mais elevado, no outono, seguido de *C. granadensis*, na primavera, ambos em Cedães. Assim, estas espécies parecem mostrar uma preferência por olivais com cobertura vegetal herbácea espontânea. Para o olival de Suçães, tratado com herbicida, há duas espécies que parecem estar associadas a este tipo de gestão, *Olisthopus* sp. e *M. negrita*.

Quadro 7. Valores para a fidelidade (A), especificidade (B), Índice do Valor Indicador (IndVal) e significância ($P < 0.05$) calculados para as espécies associadas a um olival e estação do ano.

Espécies	A	B	IndVal	P	Indicador para um olival	Estação do ano
<i>Calathus mollis</i>	0.844	0.933	0.888	0.005	Cedães	Outono
<i>Poecilus kugelanni</i>	1.000	0.250	0.500	0.005	S.Pedro BIO	Primavera
<i>Calathus granatensis</i>	0.842	0.438	0.607	0.005	Cedães	Primavera
<i>Olisthopus</i> sp.	0.967	0.313	0.550	0.005	Suçães	Primavera
<i>Microlestes negrita</i>	1.000	0.188	0.433	0.005	Suçães	Primavera

4. Discussão

4.1. Comunidade de carabídeos que ocorreram na primavera de 2011

No período de amostragem da primavera de 2011, os olivais sujeitos a aplicação de herbicidas registaram uma maior abundância e diversidade de indivíduos e também um maior número de espécies exclusivas, podendo a aplicação de herbicidas não ter tido um efeito significativo sobre a comunidade de carabídeos (Tranger et al., 2013). Por outro lado, a aplicação de herbicidas na linha de plantação pode eventualmente proporcionar uma vegetação mais dispersa ou localizada em faixas (tal como aconteceu no olival de Suções), o que possivelmente favoreceu a deslocação dos espécimes de carabídeos para essa área e pode levar à coexistência de um maior número de indivíduos e espécies (Tranger et al., 2013). De acordo com Brust (1990), a aplicação de herbicida glifosato originou um decréscimo de espécies de carabídeos com comprimentos superiores a 10 mm uma vez que a destruição do material vegetal proporciona um habitat menos favorável em campo originando a migração gradual destes indivíduos. De acordo com a distribuição de tamanhos observada nos oito olivais em estudo, verificou-se que o olival de Suções, tratado com herbicida, era composto essencialmente por espécies de comprimentos inferiores a 10 mm, sendo portanto o número de espécies maiores que 10 mm reduzido. Vários estudos indicaram que habitats mais perturbados, tendem a apresentar uma maior proporção de espécies de pequeno porte, pois as suas larvas não serão tão afectadas como as espécies de grande porte, cujos estados larvares são mais longos e se encontram mais susceptíveis a perturbações (Gobbi & Fontaneto, 2008; Eyre, 2013).

Os olivais com leguminosas registaram a segunda maior abundância e diversidade e número de espécies exclusivas da comunidade de carabídeos, sendo que a variedade de plantas e a estrutura do coberto vegetal pode influenciar a abundância de espécimes, por exemplo, a diversidade vegetal pode proporcionar maior disponibilidade de alimento, protecção contra condições climáticas extremas, menor exposição a predadores e diminuição da competição (Taboada et al., 2011). Os olivais com cobertura vegetal (leguminosas ou vegetação herbácea espontânea) apresentam um maior número de espécies de maior comprimento e um menor número de espécies pequenas, o que pode ser indicador da existência de habitats mais estáveis.

Neste período de amostragem, os olivais mobilizados e com vegetação herbácea foram os que apresentaram abundâncias mais baixas de carabídeos. Nos olivais mobilizados verificou-se que a abundância de carabídeos foi superior na linha de plantação comparativamente à entrelinha. Isto pode dever-se ao facto do solo junto à linha de plantação não ser tão perturbado, permanecendo alguma vegetação herbácea espontânea que pode proporcionar abrigo a determinadas espécies de carabídeos; também, a área de influência da copa da árvore pode fornecer proteção contra amplitudes térmicas elevadas (Brust, 1990). Olivais com cobertura vegetal tendem a apresentar maior uniformidade entre a abundância e a riqueza de espécies registadas na linha e na entrelinha, talvez porque o solo apresenta um coberto vegetal mais homogéneo.

Neste período de amostragem, as espécies mais abundantes foram *A. aenea*, *P. globosus*, *B. bodemeyeri*, *B. variventris* e *H. distinguendus*. A espécie *A. aenea* é predominantemente granívora e marcadamente xerófila, encontrando-se geralmente em vegetação aberta e curta, composta essencialmente por gramíneas e crucíferas. Quanto ao tipo de solo, prefere solo arenoso e é frequente encontrada em solos cultivados (Lindroth, 1905; Kromp, 1989; Lupi, 2007). Esta espécie foi mais abundante nos olivais tratado com herbicida (nomeadamente, na entrelinha com vegetação) e com leguminosas. Como esta espécie é favorecida pela presença de vegetação curta, um coberto vegetal menos denso pode proporcionar-lhe um habitat mais favorável (Kromp, 1999). Quanto à espécie *H. distinguendus*, é predominantemente granívora a polífaga, prefere habitats lapidícolas e halófilos, ocorre em solos de cascalho e argila ou areia misturada com baixa vegetação esparsa de grama ou ervas daninhas. Esta espécie, também xerófila, é provavelmente favorecida em habitats cultivados (Lindroth, 1905; Kromp, 1989; Lupi, 2007). As espécies *B. variventris* e *B. bodemeyeri* são predominantemente predadores e parasitóides, preferem habitats lapidícolas e hidrófilos e solos húmidos (Lupi, 2007; Pavel, 2012). Nos olivais estudados, estas duas espécies ocorreram sobretudo nos olivais mobilizados e tratados com herbicidas. Por último, *P. globosus* é uma espécie omnívora, que prefere habitats lapidícolas (Eyre, 2013; Lupi, 2007).

Quanto à alimentação das espécies de carabídeos, registou-se a ocorrência de um grande número de indivíduos predominantemente predadoras, que podem contribuir para a limitação natural de pragas, nomeadamente de pupas de mosca-da-azeitona. De acordo com Gobbi & Fontaneto (2008), habitats mais perturbados tendem a ter um menor

número de espécies predadoras, o que pode significar um menor contributo para a luta biológica contra pragas.

4.2. Comunidade de carabídeos que ocorreram no outono de 2011 e de 2012.

Nestes períodos de amostragem, a diversidade de carabídeos foi superior nos olivais com vegetação herbácea espontânea e leguminosas quando comparados com olivais mobilizados e sujeitos a aplicação de herbicidas. Estes resultados estão de acordo com os estudos realizados por Liu et al. (2006) e Kromp (1999) que verificaram que a abundância e a diversidade de plantas pode proporcionar uma fonte de alimento para espécies insetívoras e polífagas, contribuindo para o aumento do número de indivíduos neste modo de gestão do solo. Também Frank et al. (2012) verificou a existência de uma correlação positiva entre a riqueza de espécies de plantas e a diversidade de carabídeos, o que pode ser explicado pela variedade de recursos alimentares. Para estes autores, a diversidade da vegetação pode influenciar significativamente a diversidade nas comunidades de carabídeos, enquanto a biomassa vegetal pode aumentar significativamente a abundância de herbívoros. Num estudo realizado na Inglaterra por Eyre et al. (2004) com a finalidade de encontrar correlações entre a cobertura do solo e a resposta das espécies de carabídeos, foram encontradas relações significativas entre as 137 espécies de carabídeos identificadas e a cobertura do solo; no entanto, para um número considerável de espécies, a variação na distribuição explicada pela cobertura do solo foi pequena.

De acordo com Taboado et al. (2011), também a paisagem envolvente pode influenciar a biodiversidade de carabídeos numa cultura. Assim, a heterogeneidade de paisagens, nomeadamente a existência de ecossistemas florestais diversificados (tais como pinhais, carvalhais, bosques naturais e pastagens seminaturais pastoreadas) contribuem para o fomento de espécies de carabídeos. Também a existência de cobertura vegetal e sebes em olivais pode contribuir para um maior número de ordens de insectos, entre eles a ordem coleóptera, família carabidae (Cotes et al., 2010).

Relativamente à distribuição dos indivíduos entre a linha de plantação e a entrelinha verifica-se que os olivais mobilizados registaram um maior número de espécimes na linha da plantação, o que já se tinha verificado também na primavera de 2011. Por outro lado, os olivais tratados com herbicidas registaram, mais uma vez, maior abundância de espécimes na entrelinha, onde existe uma faixa de vegetação. Por fim, nos olivais com

coberto vegetal, o padrão de distribuição não é significativamente diferente, como aconteceu na primavera 2011.

Apesar do aumento do uso de herbicidas em agro-ecossistemas, pouco se sabe qual o efeito de aplicação de herbicidas tem sobre as comunidades de carabídeos. Nos olivais em estudo, os resultados para os olivais tratados com herbicida são muito diferentes, podendo apresentar uma elevada riqueza específica ou, pelo contrário, ocorrer um decréscimo acentuado no número de espécies. De acordo com Tranger et al 2013, num estudo realizado na floresta Nacional de Allegheny, Pensilvânia de 1992 a 2000, o tratamento de herbicidas não teve efeitos significativos sobre a abundância de espécies de carabídeos quando comparado com parcelas sem aplicação de herbicidas. No entanto, no ano de 1995 verificou-se que uma das parcelas tratada com herbicida aumentou significativamente a abundância de espécimes, sendo que aplicação de herbicida pode simplificar a estrutura da vegetação e promover o movimento e a colonização por espécies mais típicas de habitats abertos (Trager et al., 2013). A exposição directa dos carabídeos à aplicação do herbicida glifosato pode causar efeitos directos, tais como originar maior lentidão na deslocação dos indivíduos. Este facto foi comprovado por Michalková & Pekár (2009) que observou que o glifosato, apesar de não causar efeito significativo na espécie *P. cupreus*, pode afetar a sua movimentação. Assim, a aplicação de glifosato pode ter efeitos negativos se aplicado em grandes quantidade e com muita frequência, podendo funcionar com um replete para populações de carabídeos.

Quanto à composição da comunidade de carabídeos observadas nos dois períodos de amostragem do outono, verificou-se que esta difere entre os olivais e, genericamente, as espécies que mais contribuíram para as dissimilaridade encontradas entre comunidades foram *N. salina*, *P. globosus*, *C. mollis* e *C. granatensis*.

A espécie *N. salina* é predominantemente predadora e apresenta ampla distribuição pela Europa, predomina em terrenos abertos, pastagens, campos cultivados e por vezes nas bordadura florestais, exige solo moderadamente húmido e argiloso. Esta espécie reproduz-se no outono e hiberna principalmente na fase larval (Lindroth, 1905; Eyre et al., 2004). As espécies *C. mollis* e *C. granatensis* foram mais abundante em olivais com leguminosas e vegetação herbácea espontânea, revelando uma preferência significativa por este tipo de gestão de solo. *C. mollis* é uma espécie predominantemente predadora, está mais ou menos restrita a solos arenosos e zonas compostas por prados, vegetação seca e gramíneas e, por sua vez, também se encontra em áreas de pousio. (Lindroth,

1905). Segundo Eyre et al. (2004), a cobertura do solo explica relativamente bem as variações de abundância de *C. mollis*, que é confirmado pelos resultados do presente trabalho. Por último a espécie *C. granatensis* é predominantemente predadora e prefere habitats lapidícolas e silvícolas (Lupi, 2007). Ambas as espécies demonstraram estar particularmente associadas a sistemas menos perturbados e de preferência com coberto vegetal, sendo portanto mais sensíveis ao aumento de perturbação na cultura.

5. Conclusões

Com este estudo, foi possível caracterizar as comunidades de carabídeos ao longo de um gradiente crescente de práticas agrícolas realizadas no olival e observou-se uma grande biodiversidade de espécimes desta família, que efetivamente podem ser uma mais-valia para a limitação natural de pragas neste agro-ecossistema. De acordo com Orsini et al. (2007) e Altieri, (1999), os carabídeos são maioritariamente predadores generalistas, que se alimentam de pragas agrícolas, podendo atuar como inimigos naturais de pragas. Nomeadamente, no olival poderão ser predadores potenciais de mosca-da-azeitona, quando esta se encontra no solo, em fase de pupa.

Neste estudo, as principais espécies predadoras e simultaneamente, espécies dominantes foram *P. globosus* spp., *Calathus* spp., *Olisthopus* spp. Estas espécies podem ser relevantes no declínio da população de mosca-de-azeitona (Orsini et al 2007). Seria portanto, necessário promover a presença destes predadores nos olivais de forma a fomentar a limitação natural de pragas.

Entre os vários fatores que podem influenciar a distribuição das espécies de carabídeos, os factores locais e abióticos, associados às características do solo (tais como pH, P₂O₅, K₂O, Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺, matéria orgânica e WHC) também revelaram influenciar estes organismos.

A disponibilidade de alimento também pode ser um fator determinante para a presença de espécies. Neste caso, verificou-se que, em ambas as estações, a maioria das espécies são predadoras generalistas. No entanto, na primavera, há maior abundância de espécies fitófagas e granívoras, comparativamente ao outono. Isto pode dever-se ao facto de nesta estação do ano existir maior diversidade de plantas espontâneas, e portanto, mais alimento. As espécies especialistas em colembolos ocorreram sobretudo num dos olivais tratado com herbicida (Suções), o que se pode justificar também pela presença abundante de colêmbolos encontrados neste olival (Chichorro, 2012).

Relativamente ao modo de gestão dos olivais, verificou-se que os olivais mobilizados foram os que registaram uma menor abundância e diversidade de espécies. Pelo contrário, olivais tratados com herbicida revelaram uma grande abundância e diversidade de espécies, sobretudo na amostragem da primavera, podendo esta gestão

não influenciar a abundância e diversidade e/ ou contribuir para uma cobertura do solo mais heterogênea que favoreça determinadas espécies. Para este tipo de gestão, com herbicida as espécies que aparecem associadas são *Olisthopus* sp. e *Microlestes negrita*. Os olivais com coberto vegetal foram normalmente os mais próximos do ponto de vista da abundância e diversidade, sendo que a cobertura vegetal pode favorecer espécies mais sensíveis a perturbações ou competidores mais fracos, fornecendo abrigos e protecção contra predadores. Neste caso, as espécies *C. mollis* e *C. granadensis* foram significativamente mais abundantes nos olivais com cobertura vegetal herbácea espontânea, podendo ser apontados como potenciais bioindicadores de olivais com este modo de gestão. Assim, a combinação das melhores práticas agrícolas e o favorecimento da elevada biodiversidade presente, pode permitir a certificação da qualidade e excelência dos produtos do olival, nomeadamente de azeitonas e azeite biológicos, gerando uma mais-valia económica para os olivicultores desta região.

6. Referências bibliográficas

- Alves M.L.V. (2007) Caracterização e estrutura genéticas da Cultivar de oliveira “Cobrançosa” e sua relação com o zambujeiro”. Dissertação de Mestrado em Biologia Celular e Biotecnologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Aguiar, C.A. & Serrano, A. R. M. (2012). Coleópteros Carabídeos (Coleoptera, Carabidae) de Portugal Continental: Chaves para sua identificação. Sociedade Portuguesa de Entomologia.
- Allegro, G. & Sciaky, R. (2003). Assessing the potential role of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in poplar stands, with a newly proposed ecological index (FAI). *Forest Ecology and Management*, 175(1–3), 275-284. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00135-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00135-4).
- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74 (1–3), 19-31. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6).
- Bacelar, E.A., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B.C., Lopes, J.I., & Torres-Pereira, J.M. (2004). Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. *Tree Physiology*, 24(2), 233-239.
- Baker, G.H. (1985). Predators of *Ommatoiulus moreletii* (Lucas) (Diplopoda: Iulidae) in Portugal and Australia. *Australian Journal of Entomology*, 24(4), 247-252. doi: 10.1111/j.1440-6055.1985.tb00237.x.
- Beaufoy, G. (2001). EU policies for olive farming. Unsustainable on all counts - a WWF and BirdLife International joint report.
- Boller, E.F., Avilla, J., Joerg, E., Malavolta, C., Wijnands F.G., Esbjerg P., 2004. Integrated Production. Principles and Technical Guidelines. 3rd Edition. *OILB/WPRS Bulletin*, Vol. 27. 54 pp.

- Brust, G.E. (1990). Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (coleoptera: Carabidae). *Pesticide Science*, 30(3), 309-320. doi: 10.1002/ps.2780300308.
- Büchs, W. (2003). Biotic indicators for biodiversity and sustainable agriculture—introduction and background. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98 (1–3), 1-16. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00068-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00068-9).
- Barranco, D., Fernandez-Escobar, R. & Rallo, L. 2004. In *El cultivo del olivo*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Chichorro, F.C. (2012) Effects of land-use management on soil microarthropods from olive groves using a trait approach. *Dissertação de Mestrado*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Coelho, V., Pereira, J.A., Santos, S.A.P., Mexia, A., & Bento, A. (2011). Estudo da influência do diâmetro dos orifícios de armadilhas Olipe na luta contra a mosca-da-azeitona, *Bactrocera oleae* (Rossi). In *Actas do Workshop em Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Bragança. p. 191-201. ISBN 978-972-745-116-6.
- 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. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00333-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00333-4).
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Connor, D.J. (2005). Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Crop and Pasture Science*, 56 (11), 1181-1189.
- Cotes, B., Ruano, F., García, P.A., Pascual, F., & Campos, M. (2009). Coccinellid morphospecies as an alternative method for differentiating management regimes in olive orchards. *Ecological Indicators*, 9 (3), 548-555. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.08.003>.

- Cotes, B., Campos, M., Pascual, F., García, P.A., & Ruano, F. (2010). Comparing taxonomic levels of epigeal insects under different farming systems in Andalusian olive agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 44 (3), 228-236. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.12.011>.
- Cotes, B. (2008). La entomofauna como indicadora del tipo de manejo en olivar. Tese de Doutoramento em Ciências Biológicas. Universidade de Granada. Granada. Espanha.
- Coutinho, C. (2007). Artropodes Auxiliares na Agricultura. Coleção: uma agricultura com norte. Ministério da Agricultura e do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Mirandela.
- Döring, T.F., & Kromp, B. (2003). Which carabid species benefit from organic agriculture?—a review of comparative studies in winter cereals from Germany and Switzerland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1–3), 153-161. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00077-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00077-X).
- Duarte, F., Jones, N., & Fleskens, L. (2008). Traditional olive orchards on sloping land: Sustainability or abandonment? *Journal of Environmental Management*, 89(2), 86-98. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.05.024>.
- Dufrene, M., Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach, *Ecol. Monogr.* 67: 345-366.
- Eyre, M. D., Rushton, S. P., Luff, M. L., & Telfer, M. G. (2004). Predicting the distribution of ground beetle species (Coleoptera, Carabidae) in Britain using land cover variables. *Journal of Environmental Management*, 72(3), 163-174. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.04.007>.
- Eyre, M. D., Luff, M. L., & Leifert, C. (2013). Crop, field boundary, productivity and disturbance influences on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 165(0), 60-67. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2012.12.009>.

- Frank, T., Kehrl, P., & Germann, C. (2007). Density and nutritional condition of carabid beetles in wildflower areas of different age. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120(2–4), 377-383. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.10.012>.
- Frank, T., Aeschbacher, S., & Zaller, J. G. (2012). Habitat age affects beetle diversity in wildflower areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 152(0), 21-26. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.027>.
- Gábor L. Lovei, K. D. S. (1996). Ecology and Behavior of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, Vol.41:231-256.
- Gemas, V.J.V., Almadanim, M.C., Tenreiro, R., Martins, A., & Fevereiro, P. (2004). Genetic diversity in the Olive tree (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*) cultivated in Portugal revealed by RAPD and ISSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51 (5), 501-511. doi: 10.1023/b:gres.0000024152.16021.40.
- Gobbi, M., & Fontaneto, D. (2008). Biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(3–4), 273-276. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.04.011>.
- Gonçalves, M.F., & Pereira, J.A. (2012). Abundance and Diversity of Soil Arthropods in the Olive Grove Ecosystem. *Journal of Insect Science*, 12(20), 1-14. doi: 10.1673/031.012.2001.
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K., (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.
- Hammer, Ø., Harper, D.T.A., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4: 9 pp.
- Harvey, J.A., van der Putten, W.H., Turin, H., Wagenaar, R., & Bezemer, T.M. (2008). Effects of changes in plant species richness and community traits on carabid assemblages and feeding guilds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(1–2), 100-106. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.03.006>.

- 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. doi: 10.1023/a:1009619309424.
- Holland, J.M., & Reynolds, C.J.M. (2003). The impact of soil cultivation on arthropod (Coleoptera and Araneae) emergence on arable land. *Pedobiologia*, 47(2), 181-191. doi: <http://dx.doi.org/10.1078/0031-4056-00181>.
- Honek, A., Martinkova, Z., Saska, P., & Pekar, S. (2007). Size and taxonomic constraints determine the seed preferences of Carabidae (Coleoptera). *Basic and Applied Ecology*, 8(4), 343-353. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2006.07.002>.
- Irmeler, U. (2003). The spatial and temporal pattern of carabid beetles on arable fields in northern Germany (Schleswig-H8olstein) and their value as ecological indicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1-3), 141-151. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00076-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00076-8).
- I.N.E. (2013). *Estatísticas Agrícolas 2012*. Instituto Nacional de Estatística, I.P. Portugal.
- Jesus, A.M.G.T. (2013). *Avaliação da variabilidade espacial da produtividade e qualidade da azeitona e azeite num olival semi-intensivo*. Instituto Superior de Agronomia Universidade Tecnica de Lisboa.
- Jiménez-Valverde A. & Hortal, J. (2003). The species accumulation curves and the need to evaluate the quality of biological inventories. *Revista Ibérica de Aracnología* 8, 151-161.
- Karimi, J., Allahyari, M. & Bandani A. R. (2012). Lectins and Their Roles in Pests Control. *Agricultural and Biological Sciences "New Perspectives in Plant Protection"*, Bandani, A.R. (Ed). ISBN 978-953-51-0490-2.
- Kosmos, K.W.H.F. (1984). *Guía de Campo de los Coleópteros de Europa S. A. P.* Ediciones Omega, 26/ Barcelona-6 (Ed.).

- Kromp, B. (1989). Carabid beetle communities (Carabidae, coleoptera) in biologically and conventionally farmed agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27 (1–4), 241-251. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809\(89\)90089-3](http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809(89)90089-3).
- Kromp, B. (1990). Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in biological and conventional farming in Austrian potato fields. *Biology and Fertility of Soils*, 9 (2), 182-187. doi: 10.1007/bf00335805.
- 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. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00037-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00037-7).
- Linthroth, C.H. (1905). *Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia*. Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., Nova-Deli.
- Lövei, G.L. (1996). Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*. 41: 231-256.
- Lupi, D., Colombo, M., & Facchini, S. (2007). The ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of three horticultural farms in Lombardy, Northern Italy. *Bollettino di zoologia agraria e bachicoltura*, 39(3), 193-209.
- Liu, Y., Yu, Z., Gu, W., & Axmacher, J.C. (2006). Diversity of carabids (Coleoptera, Carabidae) in the desalinized agricultural landscape of Quzhou county, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113(1–4), 45-50. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.035>.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. 256 pp.
- Meneses, C.M.G. (2012). *Avaliação de Resíduos em “Azeitonas de Mesa” Resultantes dos Tratamentos Fitossanitários Aplicados no Combate à Mosca-da-Azeitona (Bactrocera Oleae Gmelin), Ilha Terceira, Açores*. Universidade dos Açores Departamento de Ciências Agrárias.

- Michalková, V., & Pekár, S. (2009). How glyphosate altered the behaviour of agrobiont spiders (Araneae: Lycosidae) and beetles (Coleoptera: Carabidae). *Biological Control*, 51(3), 444-449. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.08.003>.
- Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., De Santis, P., & Jarvis, D.I. (2012). A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems of Uganda. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 157(0), 70-86. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2012.02.012>.
- OCDE (2001). *Environmental indicators for agriculture. Methods and results.* Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Odoguardi, R., Bonnacci, T., Bruno, L., BrandMayr, P. Zetto, T. (2008). Carabid beetles as potential natural predators of olive fly pupae. *Young Ideas in Insect Science*. 1st meeting of PhD students and Post-Doctoral Fellows. Florença.
- Oliveira, A., Pasqual, M., Chalfun, N.N.J., Regina, M.A., & Rincón, C. (2003). Influência do número de nós em estacas semilenhosas de oliveira (*Olea europaea* L.) no enraizamento sob câmara de nebulização. *Ciência e Agrotecnologia*, 27 (2), 332-338.
- Orsini, M.M., Daane, K.M., Sime, K.R., & Nelson, E.H. (2007). Mortality of olive fruit fly pupae in California. *Biocontrol Science and Technology*, 17 (8), 797-807. doi: 10.1080/09583150701527359.
- Paolletti, M. (1999). Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 1–18.
- Pearce, J.L., & Venier, L.A. (2006). The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators*, 6 (4), 780-793. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.03.005>.
- Pereira, J.A., Santos, S., & Bento, A. (2007). Protecção contra a mosca da azeitona, *Bactrocera oleae* (Gmelin), em modo de produção biológico. In V Congresso

Nacional de Entomologia Aplicada, XI Jornadas Científicas de la S.E.E.A. Cartagena.

Pereira, J.A., & Bento, A. (2009). 15 anos de estudo da mosca-da-azeitona, *Bactrocera oleae* Gmel no Nordeste de Portugal. In V Simpósio Nacional de Olivicultura. Santarém.

Peres, A.M., Baptista, P., Malheiro, R., Dias, L.G., Bento, A., & Pereira, J.A. (2011). Chemometric classification of several olive cultivars from Trás-os-Montes region (northeast of Portugal) using artificial neural networks. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 105(1), 65-73. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemolab.2010.11.001>.

Peres, C.M., Peres, C., Hernández-Mendoza, A., & Malcata, F.X. (2012). Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria – With an emphasis on table olives. *Trends in Food Science & Technology*, 26(1), 31-42. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2012.01.006>.

Purtauf, T., Roschewitz, I., Dauber, J., Thies, C., Tschardt, T., & Wolters, V. (2005). Landscape context of organic and conventional farms: Influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108(2), 165-174. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.01.005>.

R Development Core Team 2010. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing.

Regulamento EEC no. 2092/91 de 24 de Junho de 1991 relativo ao modo de produção biológico de produtos agrícolas e à sua indicação nos produtos agrícolas e nos géneros alimentícios.

Rei, F. (2006). A artropodofauna associada ao olival no âmbito da protecção da cultura contra pragas. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora.

Rouini (2008). Olive fly management with allowed formulation in organic agriculture. IAMB, Valenzano. Master thesis in Mediterranean Organic Agriculture, pp. 525.

- Ruano, F., Lozano, C., Garcia, P., Peña, A., Tinaut, A., Pascual, F., & Campos, M. (2004). Use of arthropods for the evaluation of the olive-orchard management regimes. *Agricultural and Forest Entomology*, 6(2), 111-120.
- Santos, S. A. P., Pereira, J. A., Torres, L. M., & Nogueira, A. J. A. (2007). Evaluation of the effects, on canopy arthropods, of two agricultural management systems to control pests in olive groves from north-east of Portugal. *Chemosphere*, 67(1), 131-139. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.09.014>.
- Saska, P. & Honek, A. (2012). Efficiency of host utilisation by coleopteran parasitoid, *Journal of Insect Physiology*, 58 (1), 35-40. doi: 10.1016/j.jinsphys.2011.09.011.
- Serrano, J., Lencina, J., & Andújar, A. (2003). Distribution patterns of Iberian Carabidae (Insecta, Coleoptera). *Graellsia*, 59(2-3), 129-153.
- Silva, A.A.F. (2008). Necessidades Hídricas e resposta da Oliveira (*Olea europaea* L.) ao deficit hídrico na região da terra quente. Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro Vila Real.
- Silva, P. M., Aguiar, C. A. S., Niemelä, J., Sousa, J. P., & Serrano, A. R. M. (2008). Diversity patterns of ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) along a gradient of land-use disturbance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124(3-4), 270-274. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2007.10.007>.
- Soberón, J., Llorente, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7, 480-488.
- StatSoft, 2008. Statistica (data analysis software system), version 7. StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA.
- Taboada, A., Kotze, D.J., Salgado, J., & Tárrega, R. (2011). The value of semi-natural grasslands for the conservation of carabid beetles in long-term managed forested landscapes. *Journal of Insect Conservation*, 15(4), 573-590. doi: 10.1007/s10841-010-9359-2

- Ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P., 2002. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- Torres, L. (2007). Manual de Protecção Integrada do Olival J. Azevedo (Ed.)
- Trager, M.D., Ristau, T.E., Stoleson, S.H., Davidson, R.L., & Acciavatti, R.E. (2013). Carabid beetle responses to herbicide application, shelterwood seed cut and insect defoliator outbreaks. *Forest Ecology and Management*, 289(0), 269-277. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.025>.
- Valenti, M.A.S. (1990). The guides to insects of importance to man. British Library Cataloguing in Publication Data Title II. Cox, M. I. III. Magde, R. B. IV. Series.